

論文2002-39SP-4-7

## 양방향 움직임 기반의 시공간 적응형 디인터레이싱 기법

(Adaptive spatio-temporal deinterlacing algorithm based on bi-directional motion compensation)

李性圭\*, 李東滌\*\*

(Sung-Gyu Lee and Dong-Ho Lee)

## 요약

본 논문에서는 움직임 보상을 이용한 움직임 기반의 적응형 디인터레이싱 알고리즘을 제안한다. 정확한 움직임 추정을 위해 전처리로서 EBMF(Edge Based Median Filter)를 사용하며 2 개의 같은 위상을 갖는 필드와 1 개의 다른 위상을 갖는 필드를 이용한 새로운 BMA(Block Matching Algorithm) 움직임 보상 방법을 제안한다. 시간축 필터로서 움직임 정보 손실 오류를 제거하기 위해 입력 영상의 움직임 영역에 따라 각각 다른 임계 값을 적용하는 AMPDF(Adaptive Minimum Pixel Difference Filter)를 적용하였으며 MMD(Maximum Motion Detection)와 SAD(Sum of Difference)를 이용하여 빠른 움직임 영역에서의 화질을 향상시켰다. 최종적으로 잘못된 움직임 보상에 기인하는 화질의 열화를 방지하기 위한 후처리로서 움직임 보정 필터를 제안한다. 모의 실험을 통해 제안하는 방법이 기존의 방법에 비해 우수한 성능을 갖는 것을 확인하였다.

## Abstract

In this paper, we propose a motion-adaptive de-interlacing method using motion compensated interpolation. In a conventional motion compensated method, a simple pre-filter such as line averaging is applied to interpolate missing lines before the motion estimation. However, this method causes interpolation error because of inaccurate motion estimation and compensation. In the proposed method, EBMF(Edge Based Median Filter) as a pre-filter is applied, and new matching method, which uses two same-parity fields and opposite-parity field as references, is proposed. For further improvement, motion correction filter is proposed to reduce the interpolation error caused by incorrect motion. Simulation results show that the proposed method provides better performance than existing methods.

**Key Words** : 움직임 보상, 디인터레이싱, 동영상, 에지, 비월주사

\* 正會員, LG電子 次世代通信研究所

(LG Electronics New Telecommunication Research Center)

\*\* 正會員, 漢陽大學校 電子컴퓨터工學部

(School of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University)

※ 이 연구는 한국과학재단 특정기초연구과제(과제번호 2000-2-303-005-3)로 지원되었음.

接受日字:2002年3月13日, 수정완료일:2002年6月14日

## I. 서론

현재의 TV 시스템은 비월주사식 스캔에 기인하는 에지 플리커(edge flicker), 라인간 플리커, 라인 크롤링(line crawling) 등이 발생하는 단점이 있으며, 이러한 단점을 보완하기 위해 수신 단에서 비월주사식 스캔을 순차주사식 스캔으로 변환하는 디인터레이싱이 널리 적용된다. 또한 디지털 TV에서 지원하는 많은 포맷이

비월주사식 영상이기 때문에 디지털 TV 수상기 개발에서 포맷변환을 위한 디인터레이싱은 매우 중요한 요소가 되었다.

지금까지 다양한 디인터레이싱 방법들이 제시되었는데 이는 크게 MC(Motion Compensation) 방법과 No-MC(No Motion Compensation) 방법으로 나눌 수 있으며 움직임 보상을 사용하지 않는 방법에는 다양한 공간 필터를 사용한 접근 방법과 움직임에 따라 적응적으로 적용하는 방법 등이 있다.<sup>[1-3]</sup> 널리 사용하는 움직임 보상을 사용하지 않는 방법에는 에지를 추출하여 이를 이용하여 라인간 평균값을 구하는 ELA(Edge-based Line Average) 방법이 간단한 계산과 구현의 용이성 때문에 많이 사용되고 있지만 작은 화소 값의 변화에 민감하고 잘못된 에지 정보를 이용하는 등의 단점이 있으며, 많이 사용되었던 시공간 필터의 경우에는 움직임이 있는 대각선 라인에 대해서는 그 성능이 떨어지는 단점이 있다.

최근에는 비교적 많은 연산량이 요구되지만 정확한 보간을 위해 움직임 보상을 통한 움직임 적응형 디인터레이싱 방법이 많이 사용된다. 이는 움직임이 있는 영역에서는 높은 해상도와 플리커가 없는 영상을 얻기 위하여 움직임 보상을 이용하고 움직임이 없는 영역에 대해서는 구현의 용이성을 위해서 시간축 필터를 사용한다. 그러나 이러한 접근 방법은 정확한 움직임 추정을 전제로 한다. 일반적으로 움직임 추정을 위한 전단계로 라인간 평균을 전처리 필터로 사용하는데 이는 구현은 용이하지만 정확한 움직임 추정을 보장할 수 없고 특히 에지 부분에서 화질의 열화를 가져온다.<sup>[4-14]</sup> 그러므로 디인터레이싱에 적당한 움직임 추정 방법이 알고리즘의 성능을 결정하는 중요한 요소라 할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 전처리 필터로서 에지에 중점을 두어 보간하는 EBMF(Edge Based Median Filter)를 적용하여 에지에 대한 성능을 향상시켰으며 2 개의 같은 위상을 갖는 필드와 1 개의 다른 위상을 갖는 갖는 필드를 이용하여 디인터레이싱에 적당한 새로운 양방향 움직임 추정 기법을 제안한다. 또한 빠른 움직임 영역에서 잘못된 움직임 추정으로 인한 화질의 열화를 방지하기 위한 MMD(Maximum Motion Detection)와 SAD(Sum of Absolute Difference)를 이용한 움직임 보정 필터를 소개하고 시간축 필터로서 입력 영상의 움직임에 따라 각각 다른 임계 값을 적용하는 AMPDF(Adaptive

Minimum Pixel Difference Filter)를 적용한다. 알고리즘의 효율성을 높이기 위해 본 논문에서는 입력 영상의 움직임을 판별하여 각각의 영역에 대해 다른 필터를 적용하는 움직임 적응형 디인터레이싱 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2 장에서 기존의 디인터레이싱 알고리즘에 대해 기술하고 3장에서 제안하는 디인터레이싱 알고리즘을 소개한다. 4 장에서는 모의 실험을 통해 제안 알고리즘과 기존의 디인터레이싱 알고리즘과의 성능을 분석하며 5 장에서 결론을 맺는다.

## II. 기존의 디인터레이싱 방법들

### 1. 움직임 보상을 사용하지 않는 방법

움직임 보상을 사용하지 않는 방법 중에 가장 많이 알려진 방법은 라인간 평균이고 이보다 개선된 방법이 ELA(Edge based Line Average)이며 이는 적은 연산량과 구현의 용이성 때문에 많이 사용되었지만 고정된 후보 화소 값을 사용하기 때문에 움직임이 있는 부분이나 완만하게 움직이는 에지의 처리에 대해서는 화질의 열화가 발생한다.<sup>[1,2]</sup> 최근에는 ELA보다 성능이 우수한 공간 필터인 EBMF와 시간축으로 움직임 정보 손실 오류를 방지하는 AMPDF를 적응적으로 사용하는 방법이 소개되었다.<sup>[16]</sup> 본 논문에서 제안하는 디인터레이싱 방법은 전처리 필터로서 EBMF를, 시간축 필터로서 AMPDF를 사용하였다.

공간 필터로 기존의 ELA(Edge-based Line Average)를 사용할 경우 45, 0, -45 도 방향의 에지의 처리는 가능하지만 더 완만하게 변화하는 에지의 경우 화질의 열화를 가져온다. 이러한 문제점을 보완하는 EBMF는 그림 1과 같이 2 단계로 나누어지는데 1차적으로 3x3 Sobel 연산자를 사용하여 에지 맵을 추출하고 7x3 마스크를 사용하여 완만한 에지에 대한 성능을 향상시켰다. 구해진 에지 맵을 바탕으로 방향성 기준을 적용하여 정확한 방향 정보를 추출한다. 이는 7x3 윈도우를 적용함으로써 45, 30, 15, 0, -15, -30, -45 도 방향의 완만한 에지에 대해서도 성능을 발휘 한다. 구해진 에지 맵을 바탕으로 방향에 따라 5개의 보간할 후보를 결정하여 5 탭 미디언 필터를 적용한다. 에지가 존재할 때 후보 화소의 선택은 위와 아래 라인 상에 존재하는

에지 성분 화소의 위치와 에지의 개수에 따라 각각 다르게 정해지므로 정확한 후보 화소가 선택되어 움직임이 있는 대각선 에지 부분에서 효과적인 보간이 이루어지며 미디언 필터의 일반적인 단점인 가는 에지 상에서의 잘못된 보간을 완전히 제거하고 정확한 보간이 이루어진다.

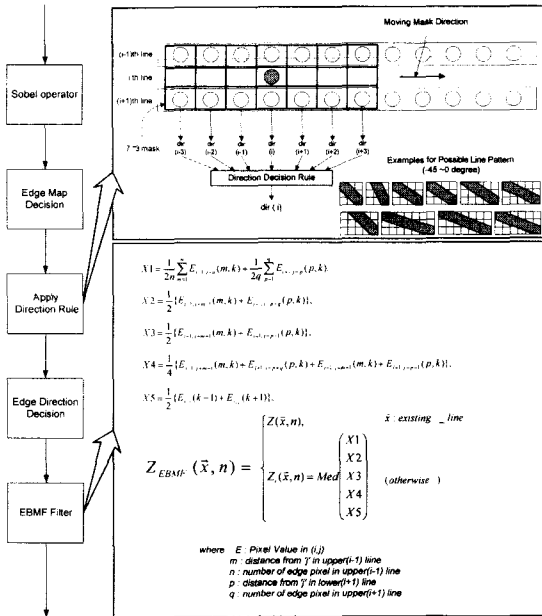


그림 1. EBMF의 동작 과정  
Fig. 1. Operation flow of EBMF.

일반적인 움직임 적응형 방법에서 배경 영역의 경우 필드간 보간을 취하는 시간축 필터를 이용하게 된다. 하지만 경계 영역에서는 정확한 움직임 감지가 이루어지지 않아 움직임 영역을 배경 영역으로 간주할 경우 움직임 정보 손실 오류가 발생하고 이러한 영역에서는 화질의 급격한 열화를 가져온다. 그러므로 국지적으로 움직임이 있는 영역에서의 효율적인 보간을 위해서 기존의 시간축 평균 필터를 사용하지 않고 그림 2와 같은 AMPDF가 제안되었다. 먼저 입력 영상을 움직임이 있는 영역, 배경 영역, 경계 영역으로 구분하여 각각에 사용하는 임계 값을 달리하여 성능을 향상시킨다. 움직임이 있는 영역의 경우 움직임 보상된 값을 이용하므로 높은 임계 값을 주어 간단한 연산을 행하며 정지 영역의 경우 모션 미싱이 발생할 확률이 없으므로 비교적 높은 임계 값을 주어 보간할 화소 값을 결정하지만 경계 영역의 경우 모션 미싱이 발생할 수 있으므로

임계 값을 낮게 주어 그림 2와 같이 3 단계 탐색을 수행하여 정확한 보간이 이루어지게 한다. 1 단계 탐색에서는 시간적으로 전, 후 필드에 위치한 5 개의 후보 화소에 대한 AD(Absolute Difference) 값을 구하여 후보 화소를 선택하고 이 값이 임계 값보다 클 경우 다음 탐색 단계로 넘어 간다. 이때 구한 화소 값이 임계 값보다 작을 경우 이 값을 보간 값으로 사용하며 클 경우에는 3 단계 탐색 단계에서 최종 보간될 화소 값을 선택함으로써 모션 미싱에 의한 에러를 제거할 수 있다.

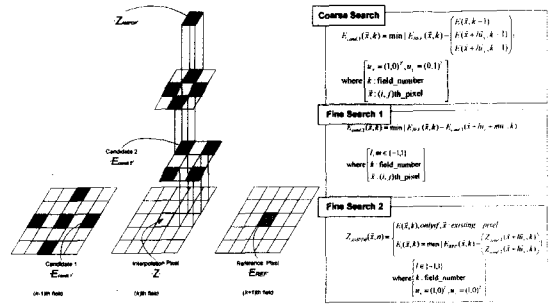


그림 2. AMPDF의 동작 과정 및 예  
Fig. 2. Operation flow and an example of AMPDF.

2. 움직임 보상을 사용하는 방법

보간을 위하여 움직임 보상을 이용할 경우 복잡도는 지수적으로 증가하는 반면에 현재 영상과 인접한 참조 영상이 다른 위상을 갖고 같은 위상을 갖는 참조 영상을 사용할 경우 시간 차로 인하여 빠른 움직임 영역의 경우 탐색 영역을 벗어나는 경우 화질의 열화를 가져오는 단점이 있다. 그림 3은 일반적인 움직임 보상을 이용한 time-recursive 한 방법이다. 이러한 방법에서 움직임 추정에 앞서 이전의 디인터레이싱된 필드를 현재의 필드에 삽입한 후에 순방향으로 움직임 벡터를 추정한다. 그림 1에서 보듯이 이러한 방법은 이전 필드의 보간된 영상에 의존하므로 보간에서 발생하는 에러가 다음 필드의 보간에 전달되는 단점이 있다.<sup>[1,10]</sup>

최근에는 이러한 단점을 보완하기 위하여 움직임 정도에 따라 각각 다른 필터를 사용하여 보간하고 정확한 움직임 추정을 위해서 전처리 필터로서 라인간 평균 등을 이용하여 같은 위상을 갖는 라인을 보간한 뒤 이를 움직임 추정에 이용한다.<sup>[4~8]</sup> 대표적인 방법으로는 전처리 필터로서 위상 보정 필터 (phase correction filter)를 사용하여 움직임 보상을 행하는 방법과 움직

임 추정과 보상 시 다른 블럭 크기를 사용하여 정확한 움직임 추정을 행하는 방법 등이 있다.<sup>[4,5]</sup>

공간상에서 위상 보정 필터는 2개의 존재하는 라인 사이에 half-band filter를 이용하여 보간된 라인을 삽입하고 프레임 구조로 변화시켜 움직임 추정을 한다.<sup>[4]</sup> 이러한 필터의 특성은 식 (1)과 같다. 이 필터를 이용하여 현재 영상과 참조 영상의 라인을 보간하여 프레임 구조로 전환한 뒤 움직임 추정을 수행하여 움직임 벡터 값을 구하고 이를 이용하여 영상을 움직임이 있는 영역과 정지 영역으로 구분하여 움직임이 있는 영역의 경우 필터 값이나 움직임 보상에 의해 보간된 값을 사용하며 정지 영역에 대해서는 이전 필드에서 그대로 가져온다. 이러한 방법은 비교적 간단한 방법으로 구현이 가능하지만 잘못된 움직임 추정에 의한 에러가 필연적으로 발생하고 필터의 성능에 따른 화질의 열화가 발생한다.

$$h(n) = \frac{w_c}{\pi} (0.46 \cos(\frac{2\pi n}{N}) + 0.54) \frac{\sin(w_c(n - n_0))}{w_c(n - n_0)}$$

where ,  $N = \text{filter order}, n_0 = \text{phase factor}$   
 $n_0 = -0.5, \text{for } -N/2 \leq n_0 \leq N/2$   
 $w_c = \pi$  (1)

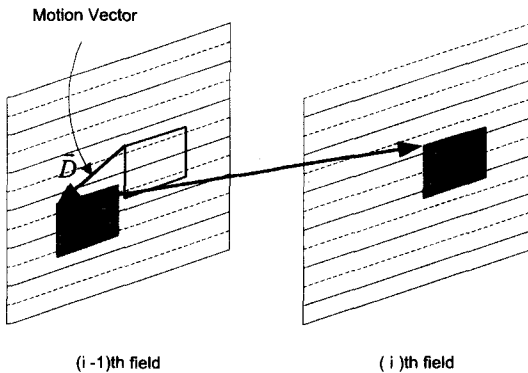


그림 3. 기존의 움직임 보상 방법  
 Fig. 3. Conventional motion-compensated method.

움직임 보상을 사용하는 방법의 성능을 좌우하는 가장 중요한 요소는 정확한 움직임 벡터의 추출이다. 정확한 움직임 추정을 위해서는 블럭 크기와 탐색 영역의 결정이 중요한데 블럭 크기를 크게 할 경우 블럭 현상이 발생하여 화질의 열화를 가져오고 블럭 크기를 작게 할 경우 더 정확한 움직임 보상 값을 얻을 수 있

지만 연산량이 지수적으로 증가하고 잡음 환경에서는 미스매칭(mismatching)이 발생하는 단점이 있다. 최근에는 이를 해결하기 위하여 움직임 추정과 움직임 보상 시 각각 다른 블럭 크기를 적용한 연구 사례가 있다.<sup>[5]</sup> 하지만 이 경우에는 지수적으로 증가하는 엄청난 연산량을 감수해야 한다. 다른 위상을 갖는 필터로부터 AD(Absolute Difference)값을 구함으로써 한 라인만큼의 에러가 발생하고, 이러한 에러는 화질에 직접적으로 영향을 미치는 단점이 있다.

### III. 제안하는 디인터레이싱 알고리즘

그림 4는 본 논문에서 제안하는 디인터레이서의 전체 블럭도이다. 제안한 시스템을 블럭별로 설명하면 다음과 같다. 전처리 블럭에서는 먼저 입력되는 비일주사식 영상에 대해 움직임 영역을 판별한다. 일반적인 움직임 보상을 사용하는 방법에서는 움직임 영역을 추출하기 위해 단순히 움직임 벡터 만을 이용하는데 이 때에는 정확한 움직임 영역을 추출하기 위하여 정확한 움직임 추정이 전제되어야 한다. 제안한 디인터레이서는 별도의 움직임 감지 블럭을 두어 움직임 벡터 값과 함께 보다 정확한 움직임 영역을 감지한다. 그리고 참조 영상에서 존재하는 라인 사이의 값을 보간하기 위해 EBMF를 통과하여 프레임 구조로 변환하고 AMPDF를 사용하여 최종 선택기 블럭에서 정지 영역에서 사용될 보간 값을 구한다.

정확한 움직임 추정을 위하여 참고 필드로 시간 축으로 전,후의 다른 위상을 갖는 두 필드와 같은 위상을 갖는 한 필드를 사용한다. 이전 필드에서의 보간은 장면 전환 등에서 화질의 열화를 가져오므로 양방향에서 움직임 벡터 값을 구한다. 3 개의 참조 영상으로부터 움직임 보상을 행한 후 참 움직임 선택부(Real MC Selection)에서는 이 중 EBMF로부터 보간된 값은 버리고 원 영상에 해당되는 화소 값만을 보간에 사용 한다. 입력 영상에서 빠르게 움직이는 영역의 경우 탐색 영역을 벗어나므로 미스매칭 블럭이 발생하게 되는데 이러한 경우 전반적으로 탐색 영역을 늘릴 경우 연산량이 증가하므로 빠른 움직임이 감지되는 영역에 대해서는 공간 필터 값을 사용한다. 빠른 움직임 영역을 감지하기 위해서 제안 방법에서는 MMD값과 SAD값을 사용하여 빠른 움직임 영역을 정한다. 이렇게 구해진 값

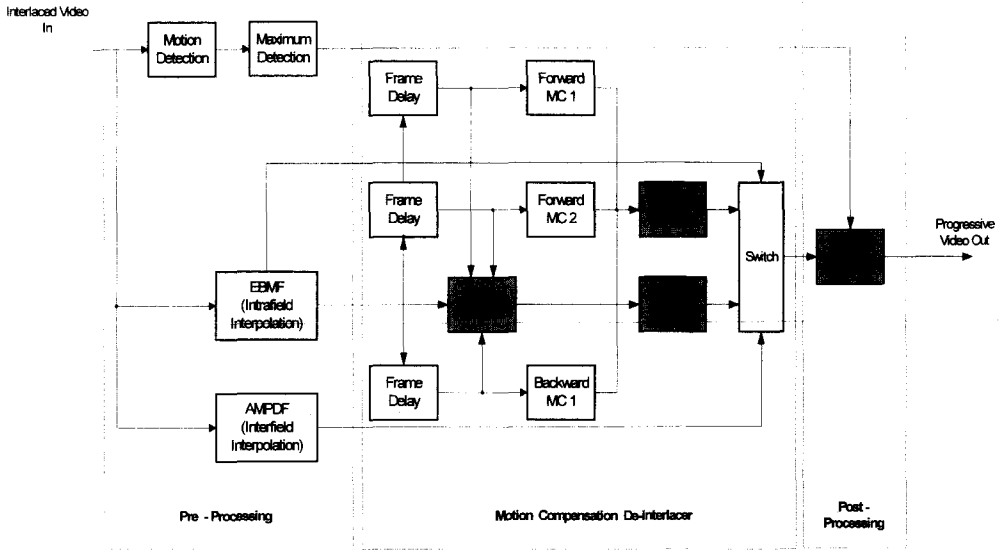


그림 4. 움직임 보상을 이용한 디인터레이싱의 전체 블럭도

Fig. 4. Overall block diagram of the deinterlacer using motion compensation.

들을 사용하여 스위치 블록에서는 최적의 화소값을 보 간하여 출력하게 된다. 이때 움직임 보상은 구현의 용 이성을 위해서 블록 정합 방법을 사용하게 되는데 블 록별로 SAD를 구하여 빠른 움직임 영역을 판별할 경 우 다른 블록에 걸쳐있는 영역에 대해서는 감지가 불 가능하다. 그러므로 후처리부에서는 이러한 블록에서 빠른 움직임이 존재하는 영역의 화질의 열화를 막기 위해서 수직 축으로 미디언 필터를 통과시킨다. 기존에 많이 사용한 입력 영상 전체에 대해서 미디언 필터를 씌우는 방법의 경우에는 화질이 전반적으로 무더지는 결과로 나타나기 때문에 이러한 부분에 대해서만 부분 적으로 미디언 필터를 사용하여 화질을 향상시킨다. 각 각을 블록 별로 설명하면 다음과 같다.

### 1. 움직임 보상을 통한 보간 방법

그림 5는 제안하는 움직임 보상을 통해 보간하는 블 록도이다. 먼저 양방향 움직임 추정을 통해서 2 개의 다른 위상을 갖는 필드와 1 개의 같은 위상을 갖는 필 드로부터 각각의 움직임 벡터 값을 구한다. 이렇게 구 한 움직임 벡터 값들에 대해 움직임 벡터 정제 (Motion Vector Refinement) 블록을 두어 원 영상에 대한 움직임 벡터 값만을 움직임 보상에 이용한다. 마 지막으로 원 영상에 대해 양방향으로 구한 실제 움직 임 벡터 값에 대해 움직임 보상된 각 블록의 평균값을 이용하여 최종적으로 보간한다.

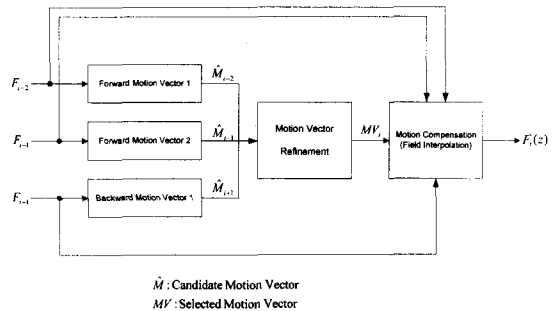


그림 5. 움직임 보상을 통한 보간 방법

Fig. 5. Interpolation method using motion compensation.

### A. 움직임 추정

본 논문에서는 연산의 효율성과 구현의 용이성을 위 해서 블록 정합 방법을 사용하며 블록 정합 기준으로 는 SAD를 이용한다. 정확한 움직임 추정을 위해서 먼 저 EBMF를 통해 미싱 라인을 보간하고 움직임 추정을 행하게 된다.

### B. 움직임 벡터 정제

구해진 움직임 벡터를 사용하여 실제 움직임 보상에 사용될 움직임 벡터를 구한다. 움직임 벡터의 경우 보 간된 위치의 라인이 원 영상일수도 있고 EBMF를 통해 보간된 영상일 수도 있다. EBMF를 이용할 경우 움직

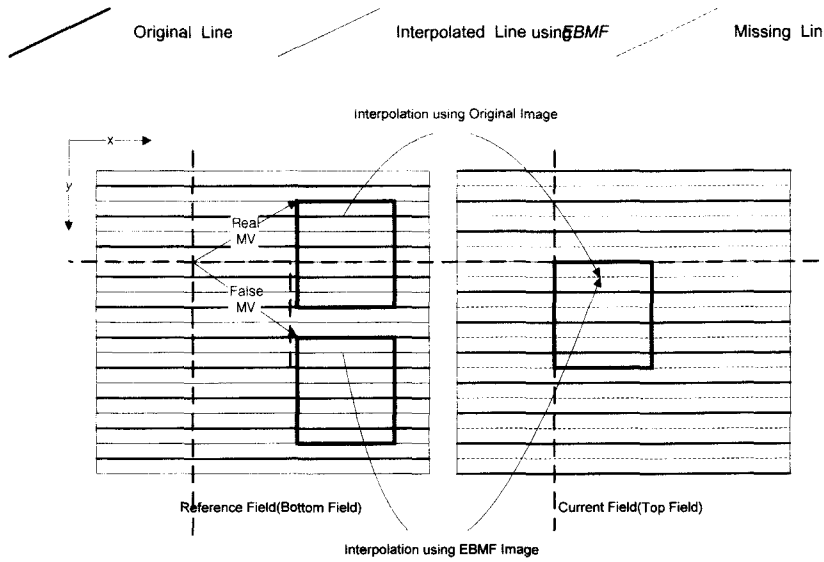


그림 6. Real motion vector의 선택  
Fig. 6. Selection of real motion vector.

임 보상의 의미가 없으므로 원 영상에 대한 움직임 벡터만을 이용하기 위해서 그림 6과 식 (2)에서와 같이 원 영상을 이용할 수 있는 참 움직임 벡터를 구한다.

$$RMV_r(k,l) = \begin{cases} MV_{r-n}(k,l) & \text{if } ([MV_{r-n}(k+i,l+j)]\%4) = (n+1) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

where  $\left( \begin{array}{l} n \in \{-1,1,2\} \\ RMV : \text{Real motion vector} \\ MV : \text{Candidate motion vector} \end{array} \right)$  (2)

C. 움직임 보상

그림 7은 3 개의 참조 영상에서 얻어진 움직임 벡터를 바탕으로 실제로 움직임 보상에 이용되는 움직임 보상 값을 구하는 흐름도이다. 참 움직임 벡터를 가지는 움직임 보상 값만을 최종 움직임 보상에 이용한다. 참 움직임 벡터가 없을 경우에는 움직임 보상 값을 그대로 사용하면 화질의 급격한 열화를 가져오므로 이러한 부분에 대해서는 EBMF 값을 사용하여 보간 한다.

D. 고속 움직임 검출 및 보간

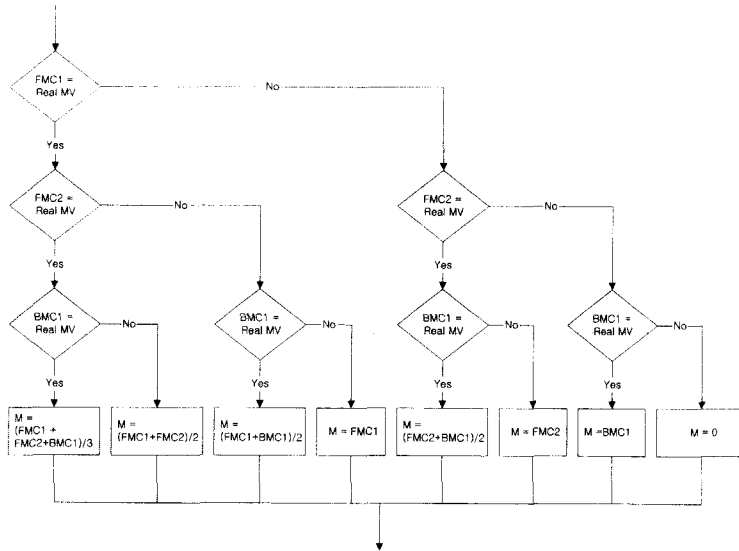
물체가 변형하며 움직이거나 움직임이 빠른 영역의 경우 탐색 영역을 벗어나 정확한 움직임 추정을 할 수 없다. 그러므로 이러한 영역을 감지하여 EBMF를 사용하여 보간함으로써 화질의 열화를 방지할 수 있다. 제안한 디인터레이서에서는 블록 단위로 MMV(Maxi-

mum Motion Value)와 SAD를 이용하여 빠른 움직임을 감지 한다. SAD 값이 크게 나타나는 블록의 경우 미스매칭이 일어나는 블록으로 가정하여 MMV와 비교하고 최종적으로 빠른 움직임 영역으로 감지한다.

이러한 빠른 움직임 영역의 감지는 구현의 용이성을 위해 블록 단위로 이루어지므로 일반적인 블록의 크기 (8x8)보다 작은 범위에서 일어나는 움직임의 경우 감지가 되지 않는다. 이러한 예러는 후처리 과정에서 제거 된다.

E. 선택기

식 (3)은 선택기에서 최종적으로 보간되는 값을 결정하는 기준을 나타내었다. 입력 영상에서 배경 영역의 경우 움직임이 거의 없으므로 이 영역에 대해서는 AMPDF를 사용하여 보간 한다. 일반적인 영역에서는 상,하한 임계값을 두어 상한 임계값 이상일 경우 움직임 보상된 값을 사용하며 하한 임계값과 사이일 경우 가능한 보간 에러를 줄이기 위해 움직임 보상된 값과 AMPDF값을 혼용하여 사용한다. 하한 임계값 이하일 경우 순수한 AMPDF 값만을 사용하며 빠른 움직임 영역의 경우 EBMF값을 그대로 사용하여 화질의 열화를 방지한다. 식에서  $\beta$ 는 빠른 움직임인 경우에는 0 값을 갖고 그 외에는 1 값을 갖게 된다.



FMC1= Motion compensated image from forward motion vector1(i-2th\_field)  
 FMC2= Motion compensated image from forward motion vector2(i-1th\_field)  
 BMC1= Motion compensated image from backward motion vector1(i+1th\_field)  
 M = Motion compensated interpolation

그림 7. 최종 움직임 보상 값의 결정

Fig. 7. Flowchart for deciding final motion-compensated value

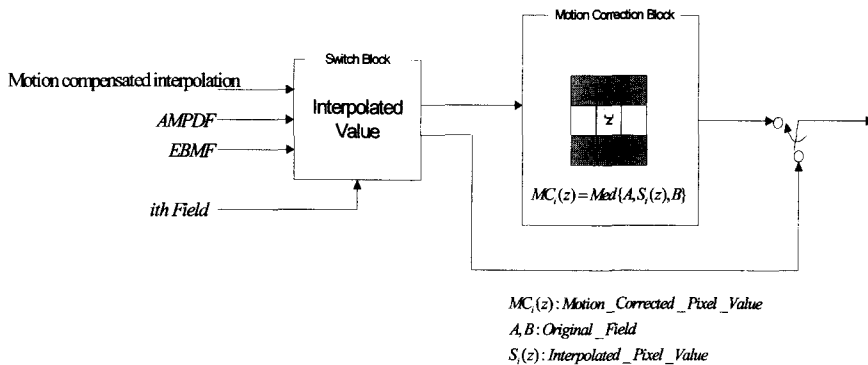


그림 8. 움직임 보정부 블록의 구조

Fig. 8. Structure of the motion correction block.

$$z = \beta * (\alpha * MC(z) + (1 - \alpha) * AMPDF(z)) + (1 - \beta) * EBMF(z)$$

$$\text{where, } \alpha = \begin{cases} 0 & , MC_i(z) \leq Th_L (\text{Lower\_threshold\_value}) \\ \frac{MC_i(z) - Th_L}{Th_H - Th_L} & , Th_L \leq MC_i(z) \leq Th_H \\ 1 & , MC_i(z) \geq Th_H (\text{Upper\_threshold\_value}) \end{cases} \quad (3)$$

2. 움직임 보정

정확하게 움직임 추정이 되었다고 가정한다면 움직

임 보상을 통한 필드 보간은 뛰어난 성능을 나타내지만 움직임 추정은 블록 단위(8x8)로 이루어지므로 이보다 적은 영역에서 발생하는 에러의 경우 부정확한 움직임 추정을 유도하고 이러한 영역에서는 화질의 열화가 나타난다. 일반적인 방법에서 이러한 에러를 방지하기 위해서 화면 전 영역에 걸쳐서 미디언 필터를 사용하게 된다. 하지만 불필요한 부분에서도 미디언 필터를 사용함에 의해 출력되는 영상은 급격한 화질의 열화는

발생하지 않지만 전반적으로 화질의 무더지는 단점이 있기 때문에 본 논문에서는 그림 8과 같이 이러한 부분을 감지하여 에러가 발생하는 영역에 대해서만 미디언 필터를 사용하여 화질의 열화를 방지한다.

IV. 실험 결과

본 논문에서는 제안한 방법의 성능 분석을 위해 두 가지 방법으로 실험하였다. 움직임 보상 방법의 경우 높은 PSNR을 가진다고 하더라도 부정확한 움직임 추정 시 급격한 화질의 열화를 가져오므로 정확한 성능 분석을 위해 PSNR 외에 주관적인 화질 평가를 병행하였다. 352x240과 704x480 두 영상 포맷에 대해서 주관적인 화질 평가를 수행하였으며, 사용된 테스트 영상은 table tennis, Susie, flower, football, popp 등이다. 객관적인 화질 평가를 위해서 기존의 time-recursive한 움직임 보상 방법,<sup>[1]</sup> 위상 보정 필터를 사용한 방법,<sup>[4]</sup> 가변 블록 크기를 이용한 방법<sup>[5]</sup>과 움직임 보상을 적용하지 않고 EBMF와 AMPDF를 적응적으로 사용한 방법<sup>[16]</sup>을 같이 실험하였다.

표 1에는 352x240 영상을 비월주사식 영상으로 변환한 후에 각각의 방법을 적용하여 구한 평균 PSNR을 나타내었다. 참고논문 [4]의 경우 비교적 구현은 간단하지만 PSNR이 전반적으로 떨어졌으며 참고논문 [5]의 경우 블록킹 현상은 많이 줄어들고 time-recursive 방법에 비해 3~6dB 정도의 성능 향상은 있었지만 전체적으로 화면이 무더지는 단점이 나타난다. 특히 참고논문 [16]의 경우는 전체적으로 눈에 띄는 에러는 없는 편이지만 움직임이 있는 부분에서는 제안방법보다 화면이 무더지는 단점이 있다. 제안 방법은 움직임 감지 블록을 따로 두고 각각의 움직임에 따라 각각 다른 방법을 적용하여 보간하기 때문에 빠른 움직임 영역에서도 화질의 열화가 없으며 보상 블록을 따로 두어 블록킹 현상을 제거하였기 때문에 모든 영상에서 비교적 높은 PSNR을 얻을 수 있었다.

하지만 성능을 단순히 PSNR로 측정할 수는 없다. 이는 높은 PSNR을 가지더라도 탐색 영역을 벗어나는 빠른 움직임이 존재하는 영역이나 잘못된 움직임 추정으로 나타나는 부분적인 화질의 열화를 PSNR로는 알 수 없기 때문이다. 그러므로 본 논문에서는 움직임 보상을 적용한 방법들에 대해 주관적인 화질도 검증하여 알고리즘을 평가하였다. 정확성을 높이기 위해 주관적

인 화질 평가는 정지 영역, 움직임이 있는 영역, 빠른 움직임이 있는 영역, 에지 영역, 가는 에지 영역으로 나누어 평가하였다. 그림 9는 전체적으로 움직이고 있는 영역에 대한 출력 영상이다. (c)와 (d) 영상의 경우 약간의 블록킹 현상이 발생하는 것을 볼 수 있으며 (c) 영상의 경우 부분적으로 잘못된 보간이 이루어진 것을 볼 수 있다. (d) 영상의 경우 급격한 화질의 열화는 발생하지 않았지만 제안 방법인 (e) 영상에 비해 출력 영상이 선명하지 않다.

표 1. 입력 영상에 따른 평균 PSNR

Table 1. Average PSNR for test images.

Image Method	Susie	Table Tennis	Football	Mobile	Popp
Conventional MCD [1]	33.817	25.362	26.258	20.250	25.081
Ref. [4]	38.545	28.167	30.102	25.815	28.045
Ref. [5]	39.468	32.457	33.345	26.081	33.010
Ref. [16]	39.434	33.523	33.462	26.531	34.135
Proposed Method	42.848	35.845	34.595	28.176	36.838



(a)



(b)



(c)



(d)





(e)

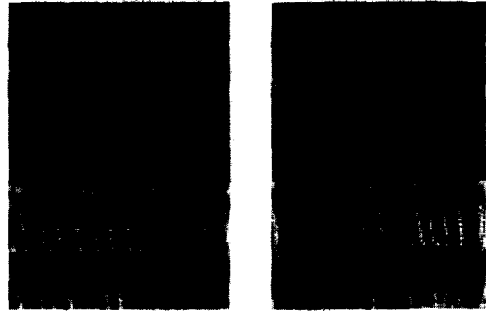
그림 9. 움직임이 있는 영역에서의 화질 평가: (a) 704×480 입력 영상, (b) time-recursive 방법 [1], (c) 참고논문 [4] 방법, (d) 참고논문 [5] 방법, (e) 제안 방법

Fig. 9. Picture quality comparisons of moving area: (a) 704×480 original image, (b) time-recursive method[1], (c) ref.[4] method, (d) ref.[5] method, (e) proposed method.



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

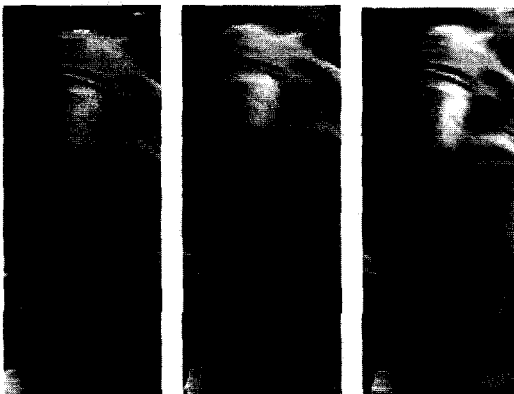
그림 11. 가는 라인 영역에서의 화질 평가 평가: (a) 704×480 입력 영상, (b) time-recursive 방법 [1], (c) 참고논문 [4] 방법, (d) 참고논문 [5] 방법, (e) 제안 방법

Fig. 11. Picture quality comparisons of thin edge area: (a) 704×480 original image, (b) time-recursive method[1], (c) ref.[4] method, (d) ref.[5] method, (e) proposed method



(a)

(b)



(c)

(d)

(e)

그림 10. 빠른 움직임 영역에서의 화질 평가: (a) 704×480 입력 영상, (b) time-recursive 방법 [1], (c) 참고논문 [4] 방법, (d) 참고논문 [5] 방법, (e) 제안 방법

Fig. 10. Picture quality comparisons of fast moving area: (a) 704×480 original image, (b) time-recursive method[1], (c) ref.[4] method, (d) ref.[5] method, (e) proposed method.

그림 10은 빠른 움직임 영역에 대한 출력 영상이다. (b)의 경우 움직임 보상이 제대로 이루어지지 않아 급격한 화질의 열화를 가져오며 선이 분명하지 않다. (c)의 경우도 부분적으로 잘못된 보상이 이루어진 것을 볼 수 있으며 (d)는 (b),(c)에 비해 우수하지만 예지라인으로 나타나는 선이 부드럽지 못하다. 제안 방법인 (e) 영상은 라인이 비교적 선명하게 나타나는 것을 볼

수 있다. 그림 11은 가는 에지 라인에 대한 출력 영상이다. (c)의 경우는 부분적인 화질의 열화를 방지하기 위해 미디언 필터와 다른 필터를 사용하기 때문에 화질이 무더지고 (b),(d)의 경우 부분적으로 블록킹 현상이 발생하며 이러한 영역에서 화질이 떨어진다. 하지만 (e) 영상의 경우는 선명한 화질을 얻을 수 있다.

이렇게 제안하는 방법이 전체적으로 우수한 성능을 보이는 이유는 공간 영역에서 EBMF를 이용하여 보다 완벽하게 보간을 한 후에 움직임 보상을 하였고, 움직임 보상에서도 양방향으로 움직임 보상을 함으로써 성능을 개선하고, 또한 에러가 발생하는 경우를 검출하여 적응적으로 선택한 결과라 할 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 움직임 보상을 이용한 움직임 적응형 디인터레이싱 방법을 제안하였다. 먼저 움직임 감지 블록에서 정확한 움직임 정도를 감지하고 전처리 필터로 EBMF를 사용하여 미싱 라인을 보간 하였다. 2 개의 같은 위상을 갖는 필드와 1 개의 다른 위상을 갖는 필드로부터 움직임 벡터를 추정하고 실제 움직임 보상에 사용하는 참 움직임 벡터를 구하여 적용하였다. MMD와 SAD를 이용하여 빠른 움직임 영역을 감지하고 정확한 보간을 행한 후에 마지막으로 움직임 보정 필터를 통과하면서 부정확한 움직임 추정으로 야기되는 에러를 제거 하고 최종 화소 값을 출력 하였다. 제안한 디인터레이싱 방법은 모의 실험 결과 기존의 다른 방법들에 비해 우수한 성능을 갖는 것을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] G. D. Haan and E. B. Bellers, "Deinterlacing - An Overview", *Proceedings of IEEE*, Vol. 86, No. 9, pp. 1839~1857, September 1998.
- [2] T. Chen, H. R. Wu, Z. H. Yu, "An Efficient Edge Line Average Interpolation Algorithm for deinterlacing", *Proc. SPIE Visual Comm and Image Proc.*, Vol. 4067, pp. 1551~1558, 2000.
- [3] C. J. Kuo, C. Liao, and C. C. Lin, "Adaptive Interpolation Technique for scanning rate conversion", *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technology*, Vol. 6, No. 3, pp. 317~321, June 1996.
- [4] R. Li, B. Zeng and M. L. Liou, "Reliable Motion Detection/Compensation for Interlaced Sequence and Its Applications to Deinterlacing", *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technology*, Vol. 10, No. 1, pp. 23~29, February. 2000.
- [5] K. J. Sugiyama and H. Y. Nakamura, "A Method of deinterlacing with Motion Compensated Interpolation", *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol. 45, No. 3, pp. 611~616, August 1999.
- [6] V. Markandy, T. Clatanoff, R. Gove, K. Ohara, "Motion Adaptive Deinterlacer for DMD based Digital Television", *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol. 40, No. 3, pp. 735~742, August 1994.
- [7] 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.
- [8] Y. Kim and Y. Cho, "Motion adaptive deinterlacing algorithm based on wide vector correlations and edge dependent motion switching", *Proc. HDTV Workshop 95*, pp. 8B9~8B16, 1995.
- [9] G. D. Haan and E. B. Bellers, "deinterlacing of video data", *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol. 43, pp. 819~825, August. 1997.
- [10] F. M. Wang, D. Anastassiou, and A. N. Netravali, "Time-recursive deinterlacing for IDTV and pyramid coding", *Signal Process. Image Communication 2*, pp. 365~374, 1990.
- [11] T. Kurita, Y. Sugiura, "Consideration of a Motion-compensated deinterlacing Method", *IEICE D-2*, Vol. 78, No. 1, pp. 40~49, January 1995.
- [12] L.Vanderdorpe et al. "Motion-compensated conversion from interlaced to progressive

- formats", *Signal Process. Image Communication* 6, pp. 193~211, 1994.
- [13] C. K. Wong and O. C. Au, "Fast motion compensated temporal interpolation for video", *Proc SPIE Visual Comm and Image Proc.*, Vol 2501, pp. 1108~1118, 1995.
- [14] P. Delogne, L. Cuverlier, B. Maision, B. V. Caillie, and L. Vandendorpe, "Improved Interpolation, Motion Estimation, and Compensation for Interlaced Pictures", *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 3, No. 5, pp. 482 ~491, September 1994.
- [16] 이성규, 이동호, "효율적인 시공간 보간을 통한 움직임 기반의 디인터레이싱 기법", 전자공학회논문지, 제38권 SP편, 제5호, pp. 104~114, 2001년 9월

---

 저 자 소 개
 

---

李 性 圭(正會員) 第38卷 SP編 第5號 參照

李 東 滋(正會員) 第37卷 SP編 第5號 參照