

# 양방향 움직임을 사용한 효과적인 디인터레이싱 기법

정유영, 고성제  
고려대학교 전자공학과

## An Effective De-Interlacing Technique Using Bi-directional Motion

You-Young Jung, and Sung-Jea Ko  
Department of Electronic Engineering, Korea Univ.  
E-mail : sjko@dali.korea.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 양방향 움직임 보상에 의한 필드 보간(bi-directional motion-compensated field interpolation) 방법을 사용한 효과적인 디인터레이싱(de-interlacing) 기법을 제안한다. 움직임 추정(motion estimation)을 이용한 일반적인 디인터레이싱 기법은 서로 다른 샘플링 격자(sampling grid) 관계인 연속한 두 필드(field)들간의 움직임 추정을 위해 line average 같은 비교적 간단한 형태의 디인터레이싱 기법이 선행된다. 그러나, 제안한 방법은 보간할 필드(the interpolated field)의 전후 필드들의 같은 샘플링 관계인 존재하는 스캔 라인(the existing scan line)들 사이에서만 움직임 추정이 이루어지므로 구현이 용이하다. 이때 구해진 움직임 벡터는 양방향 움직임 추정을 위한 초기 값으로 사용된다. 제안한 알고리즘은 기존의 움직임 정보를 이용한 기법에 비해 구현이 용이하며, 카메라 움직임이 있는 panning, zooming 영상에 특히 효율적이다

### I. 서론

디인터레이싱은 비월(interlaced) 주사방식의 영상을 순차(progressive) 주사방식의 영상으로 변환하는 기법으로 비월 주사방식에 기인한 여러가지 시각적인 문제점들을 제거하기 위해 널리 사용되어 지고 있다 [1]-[2]. Edge-based line average(ELA) [3]-[4] 는 가장 상관성이 높은 샘플들의 방향으로 보간이 이루어지는 기법으로 간단한 형태의 구조에 비해 뛰어난 성능 때문

에 널리 쓰여진다. 그러나, 움직임이 발생하는 영역에서 화질이 떨어지는 단점이 있다. 이런 문제점을 개선하기 위해 움직임에 적응하는(motion adaptive) 기법들이 사용되어진다 [5]-[6]. 이 기법은 영상의 움직임에 따라 적절한 보간 방법을 사용하는 것으로, 움직임이 있는 영역에는 공간적 필터링(spatial filtering) 방법을 그 외의 영역에는 시간적 필터링(temporal filtering) 방법을 사용한다.

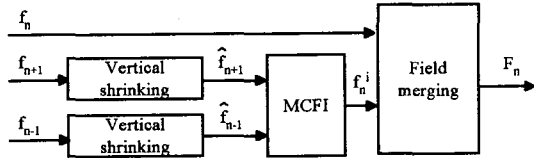
최근에는 움직임 보상에 의한(motion compensated) 기법들이 주류를 이루고 있으며, 이 방법은 움직임 궤적(trajecory)을 따라서 보간이 이루어진다 [7]-[9]. 움직임 보상에 의한 방법은 움직임이 발생한 영역에서 뛰어난 성능을 보이지만 지나치게 움직임 추정에 의존적인 단점이 있다.

본 논문은 양방향 움직임을 이용한 디인터레이싱 기법으로 제안한 알고리즘은 입력 영상의 수직방향 수축, 양방향 움직임 보상을 이용한 필드 보간, 그리고 필드 병합으로 구성된다.

본 논문의 내용은 다음과 같다. II 장에서는 제안하는 디인터레이싱 기법에 대한 3가지 단계를 설명한다. 그리고, III 장에서는 제안한 방법에 대한 몇 가지 실험 결과를 통해 성능 분석을 하고, 마지막으로 IV 장에서는 결론을 맺는다.

### II. 제안하는 디인터레이싱 기법

제안한 알고리즘은 그림 1의 블록 도와 같이 입력 영상의 수직방향 수축(vertical shrinking), 양방향 움직임 보상을 이용한 필드 보간(motion compensated field interpolation), 그리고 필드 병합(field merging)으로 구성된다. 여기서  $f_{n-1}$ ,  $f_n$ , 그리고  $f_{n+1}$  는 각각 이전, 현재, 그리고 이후 필드를 의미한다.



MCFI: Motion compensated field interpolation

그림 1. 제안한 알고리즘의 블록도

### A. 수직방향 수축(Vertical shrinking)

먼저 수직방향 수축에 대해 설명하면 현재 보간할 필드의 전후 필드  $f_{n-1}$  그리고  $f_{n+1}$  들을 존재하는 스캔 라인들만으로 재구성하는 것을 말한다. 그림 2에서 보는 것처럼 이 방법에 의해 만들어진 영상  $\hat{f}_{n-1}$  과  $\hat{f}_{n+1}$  는 원래 필드보다 수직방향으로 1/2로 줄어든 영상이 된다.

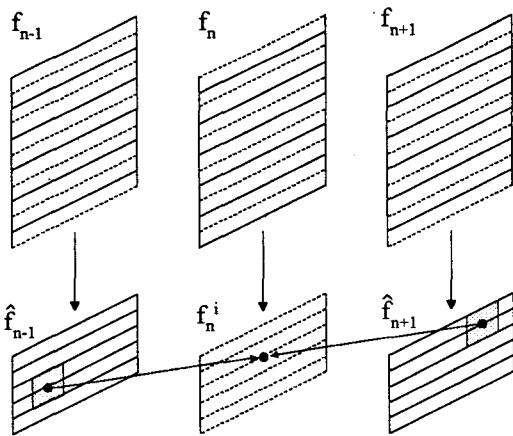
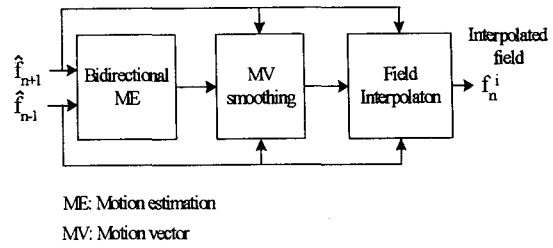


그림 2. 수직방향 수축(vertical shrinking) 과 MCFI

### B. 양방향 움직임 보상을 이용한 필드 보간 기법(MCFI)

수직방향으로 수축된 두 영상들을 이용해서 양방향 움직임 보상을 이용한 필드 보간 기법이 수행된다. 이 방법의 구조는 프레임 레이트 변환(frame rate up-conversion) 기법과 유사하며, 그림 3에서처럼 양방향 움직임 추정, 움직임 벡터 스무딩(motion vector

smoothing), 그리고 필드 보간(field interpolation) 기법으로 구성된다.



ME: Motion estimation  
MV: Motion vector

그림 3. 제안된 MCFI

### B.1. 양방향 움직임 추정(Bi-directional ME)

먼저 양방향 움직임 추정에 대해 설명하면 그림 4와 같이 수직방향으로 수축된 두 영상을 2:1로 subsampling 한 후, 움직임 추정을 수행하여 초기 움직임 벡터를 구한다. 이때 사용된 알고리즘은 full search 블록 매칭(block-matching) 기법이다. 이렇게 구해진 초기 움직임 벡터를 사용해서 양방향 블록 매칭이 이루어진다.

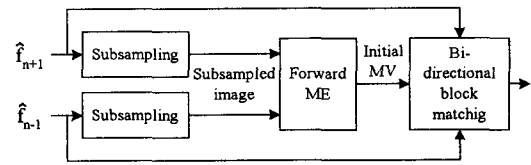


그림 4. 양방향 움직임 추정(Bi-directional ME)

양방향 블록 매칭을 위해서는 그림 5와 같이 현재 보간할 필드  $f_n^i$ 의 블록을 통과하는 선형 움직임 궤적 중에서 전후 필드  $\hat{f}_{n-1}$  과  $\hat{f}_{n+1}$  사이의 블록간의

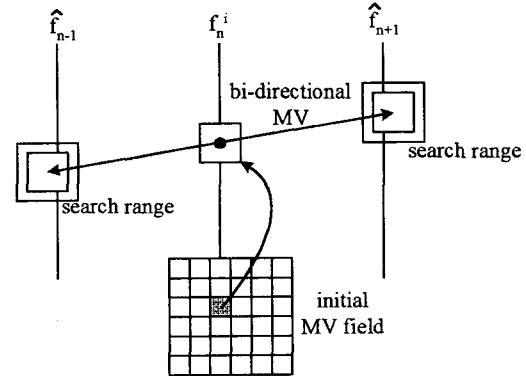


그림 5. 양방향 블록 매칭(Bi-directional block matching)  
MAD (Mean Absolute Difference)를 최소화 하는 움직임

임 벡터를 찾으면 된다. 이때 탐색 영역(search range)은  $\pm 2$ 를 사용한다.

### B.2. 움직임 벡터 스무딩(Motion vector smoothing)

이때 구해진 양방향 움직임 벡터들은 그림 6처럼 현재 블록  $B$ 에서 인접한 8개의 블록들의 움직임 벡터들  $\vec{D}(N_i), i=1,2,\dots,8$ 과 현재 블록의 움직임 벡터  $\vec{D}(B)$ 를 사용하여 스무딩 기법을 수행하게 된다. 현재 블록에서 스무딩된 양방향 움직임 벡터  $\vec{D}_s(B)$ 는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\vec{D}_s(B) = \arg \min(DFD(\vec{D}, B)) \quad (1)$$

여기서  $\vec{D} \in \{\vec{D}(B), \vec{D}(N_i)\}$ 이며,  $DFD(\vec{D}, B)$ 는 식 (2)와 같이 정의된다.

$$DFD(\vec{D}, B) = \sum_{p \in B} |\hat{y}_{n-1}(\vec{p} - \vec{D}) - \hat{y}_{n+1}(\vec{p} + \vec{D})| \quad (2)$$

위 식에서  $\vec{p}$ 는 현재 샘플의 위치,  $\vec{D}$ 는 양방향 움직임 벡터를 의미한다. 이 방법에 의해서 움직임 벡터 필드 상에서 이웃 블록들과 상관 관계가 적은 움직임 벡터는 제거된다.

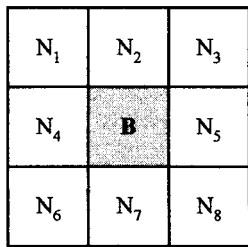


그림 6. 벡터 스무딩을 위해 사용한 인접한 블록들

### B.3. 필드 보간(Field interpolation)

구해진 양방향 움직임 벡터를 이용하여 식 (3)와 같이 블록 기반 양방향 움직임 보상 평균을 사용한 필드 보간이 이루어진다.

$$f_n(\vec{p}) = \frac{\hat{y}_{n-1}(\vec{p} - \vec{D}) + \hat{y}_{n+1}(\vec{p} + \vec{D})}{2} \quad (3)$$

### C. 필드 병합(Field merging)

마지막으로 양방향 움직임 보상을 이용한 필드 보간에 의해 만들어진 영상은 필드 병합에 의해서 현재 보간할 필드와 손쉽게 병합이 이루어진다. 그 이유는 그

림 7에서처럼 필드 보간에 의해서 만들어진 필드  $f_n^i$ 는 현재 필드  $f_n$ 와 같은 시간축상에 있지만 서로 다른 샘플링 격자관계를 가지기 때문이다.

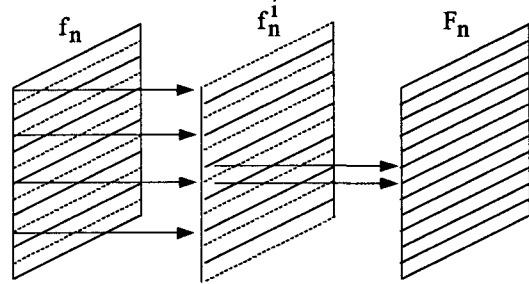


그림 7. 필드 병합(Field merging)

## III. 실험 결과

성능의 비교를 위하여 먼저 순차 주사방식의 입력 영상들을 odd 라인과 even 라인을 번갈아 빼는 방법으로 비월 주사방식의 영상들로 변환하였다. 그후 제안한 알고리즘을 사용하여 구해진 비월 주사방식의 영상들을 순차 주사방식으로 변환한 후, 원래 순차 주사방식의 영상들과 비교하였고, 보간 에러를 측정하기 위해서 PSNR을 사용하였다. 실험에 사용된 영상들은 *Flower garden*, *Mobile*, *Table tennis* 들이며, 이 영상들은 모두 카메라 움직임이 있는 panning, zooming 영상들이다. 제안한 알고리즘은 line average, ELA, 그리고 conventional(time-recursive) 디인터레이싱 기법들과 비교되어졌다.

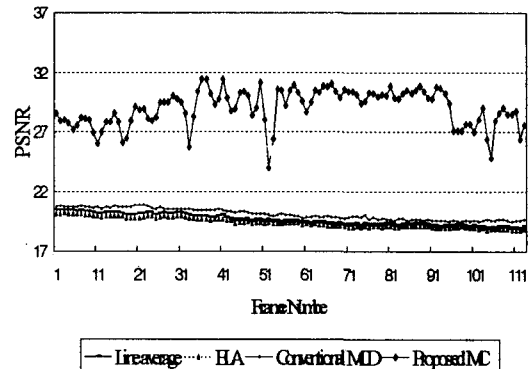


그림 8. *Flower garden* 영상을 사용한 성능 비교

그림 8은 *flower garden* 영상을 사용하여 위에 열거한 네 가지의 기법들의 PSNR을 각 프레임(frame)별로 비교한 그래프이다. 각 프레임에서 제안한 알고리즘은 다른 기법들에 비해 뛰어난 성능을 보이고 있다.

아래 표 1은 영상별 평균 PSNR을 비교한 것으로 제안한 기법의 PSNR이 다른 세 가지 기법들에 비해 월등히 뛰어난 것을 알 수 있다.

표 1. 영상별 평균 PSNR 비교

Sequence	Flower garden	Mobile	Table tennis
Line Average	19.62	21.66	24.19
ELA	19.37	21.58	23.93
Conventional MCD	20.06	22.35	24.45
Proposed MCD	30.75	27.78	29.86

#### IV. 결론

본 논문에서 제안한 알고리즘은 양방향 움직임 보상에 의한 필드 보간 기법을 사용한 디인터레이싱 기법으로 기존의 방법에 비해 시각적인 측면뿐 아니라 PSNR에서도 향상된 성능을 보였다. 제안한 알고리즘은 입력 영상의 수직방향 수축, 양방향 움직임 보상을 이용한 필드 보간, 그리고 필드 병합으로 구성되며, 보간할 필드의 전후 필드들의 같은 샘플링 관계인 존재하는 스캔 라인들 사이에서만 움직임 추정이 이루어지므로 line average 같은 전처리 기법이 필요 없다. 제안한 알고리즘은 기존의 움직임 정보를 이용한 기법에 비해 구현이 용이하며, 카메라 움직임이 있는 panning, zooming 영상에 특히 효율적이다.

#### 참고 문헌

[1] G.D. Haan, and E.B. Bellers, "Deinterlacing - an Overview," *Proc. IEEE*, vol. 86, no. 9, pp. 1839-1857, Sep. 1998.

[2] C.J. Kuo, C. Liao, and C.C. Lin, "Adaptive Interpolation Technique for Scanning Rate Conversion," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 6, no. 3, pp. 317-321, Jun. 1996.

[3] T. Doyle, "Interlaced to Sequential Conversion for EDTV Applications," *Proc. Second Int.*

*Workshop Signal Processing of HDTV*, pp.412-430, Feb. 1998.

[4] M.H. Lee, J.H. Kim, J.S. Lee, K.K. Ryu, and D.I. Song, "A New Algorithm for Interlaced to Progressive Scan Conversion Based on Directional Correlations and its IC Design," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 40, no. 2, pp. 119-129, May. 1994.

[5] V. Markandey, T. Clatanoff, R. Gove, and K. Ohara, "Motion Adaptive Deinterlacer for DMD based Digital Television," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 40, no. 3, pp. 735-742, Aug. 1994.

[6] D.G. Han, C.Y. Shin, S.J. Choi, and J.S. Park, "A Motion Adaptive 3D Deinterlacing Algorithm Based on the Brightness Profile Pattern Difference," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 45, no. 3, pp. 690-697, Aug. 1999.

[7] F.M. Wang, and D. Anastassiou, and A. N. Netravali, "Time-recursive deinterlacing for IDTV and pyramid coding," *Signal Process. : Image Commun.* 2, pp. 365-374, 1990.

[8] K.J. Sugiyama, and H.Y. Nakamura, "A Method of De-Interlacing with Motion Compensated Interpolation," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 45, no. 3, pp. 611-616, Aug. 1999.

[9] R. Li, B. Zeng and M.L. Liou, "Reliable motion detection/compensation for interlaced sequences and its applications to deinterlacing," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 10, no. 1, pp. 23-29, Feb. 2000.