

# 디인터레이싱을 위한 정교한 DOI 기법

\* 박순태  
한양대학교

\*\* 김원기  
한양대학교

\*\*\* 정제창  
한양대학교

\* [samuel0102@empal.com](mailto:samuel0102@empal.com) \*\* [stwon@ece.hanyang.ac.kr](mailto:stwon@ece.hanyang.ac.kr) \*\*\* [jjeong@ece.hanyang.ac.kr](mailto:jjeong@ece.hanyang.ac.kr)

## A Fine Interpolation method for De-interlacing

\*Soontae Park      \*\*Wonki Kim      \*\*\*Jechang Jeong  
Hanyang Univ.      Hanyang Univ.      Hanyang Univ.

### 요약

격행 주사 방식은 제한된 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있기 때문에 NTSC(National Television System Committee), PAL(Phase Alternation Line), 그리고 SECAM(Séquentiel couleur à Mémoire)을 포함한 다양한 TV 방송 표준에서 넓게 이용되어지고 있다. 격행 주사 방식을 이용하면 같은 대역폭을 사용하는 동안에 프레임 율을 2배로 늘릴 수 있으나 이 방식은 주사 방식의 특징 때문에 영상의 화질 열화를 가져온다. 이러한 화질 열화를 방지하기 위해 기존의 많은 디인터레이싱(De-interlacing) 기법들이 소개 되었다. 본 논문에서는 정교한 DOI(Direction Oriented Interpolation)기법을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 기존의 알고리즘보다 안정적이고 에지의 방향을 좀 더 정교하게 찾는 특징이 있다. 실험 결과 제안한 방식은 주관적인 화질뿐만 아니라 객관적인 성능도 우수함을 알 수 있다.

### 1. 서론

기존의 아날로그 TV에서는 수직 방향으로 표본화하는 주사 방식을 사용하지만 디지털 TV에서는 수평 수직 방향으로 일정한 간격마다 표본을 취해서 이 값을 양자화하여 만든 디지털 신호를 처리하는 방식을 사용한다. 아날로그 TV 신호는 짝수, 홀수 필드가 1/60초의 시간 차이를 두고 교차되어 하나의 프레임을 구성하는 인터레이스 신호를 사용한다. 아날로그 TV 신호는 이러한 주사선에 의해 수직 축으로 샘플링되며, 또한 필드 교번(Field alteration)에 의해 시간축으로도 샘플링 된다. 따라서 아날로그 TV의 영상을 디지털 TV나 컴퓨터에서 그대로 사용하게 된다면 비디오가 들쭉날쭉하거나 테두리와 줄의 깜박임이 나타날 뿐 아니라 얼룩지거나 또는 그림자가 많거나 흐릿하게 보일 수 있다. 이를 방지하기 위해 지금까지 다양한 디인터레이싱 방법들이 제안되었는데, 이러한 방법들은 크게 한 프레임 안에서 공간적인 상관성을 이용하는 공간적 디인터레이싱 방법[1-10]과 여러 개의 프레임간의 시간적 상관성을 이용하는 시간적 디인터레이싱 방법[11-16]으로 나눌 수 있다.

공간적 디인터레이싱 방법 중 가장 널리 사용하는 것은 ELA (Edge based Line Average) 알고리즘이다[1]. ELA 알고리즘은 영상에서 라인 사이의 상관도 방향을 검출하여 가장 상관도가 가장 높은 쪽으로 방향을 정하고, 이 방향을 바탕으로 두 라인의 화소 평균을 취하여 보간하는 방법이다. 하지만 이 방식은 픽셀 값의 작은 변화에 민감하고, 45도보다 크거나 작은 각도의 방향에 대해서는 잘못된 에지 정보를 이용하

※ 본 논문은 정보통신부의 출연금으로 수행한 IT SoC 핵심설계인력양성사업의 수행결과입니다.

는 단점이 있다. 또한 에지 부분이 눈에 매우 확실하게 보이는 시각적 특성에도 불구하고 급격한 변화를 찾아내어 적용할 수 없다는 것은 큰 문제가 된다. 이러한 문제점을 보완하기 위한 알고리즘이 E-ELA (Efficient ELA)[2] 알고리즘이다. E-ELA 알고리즘은 ELA 알고리즘보다 더 정확한 방향성을 찾기 위해 현재 위치에서 영상의 공간적인 형태를 세 가지로 분류한다. 즉, 공간적인 방향성이 왼쪽, 오른쪽, 또는 그 외의 경우로 분류하여 각각 분류된 범주에서 적절한 방법으로 ELA 알고리즘을 변형하여 적용한다. E-ELA 알고리즘보다 에지의 방향성을 더욱 자세히 찾아내어 보간하는 방법으로는 DOI (Direction Oriented Interpolation) [17] 알고리즘이 있다. DOI 알고리즘은 보간 할 픽셀의 위치를 중심으로 하여 3X2의 블록 정합을 통해 에지의 방향성을 더욱 자세히 찾아내어 보다 정확한 보간을 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서도 사용되는 방법으로 공간적인 방법 중 가장 널리 사용되는 ELA 알고리즘과 에지의 방향성을 더욱 자세히 찾아서 보간하는 DOI 알고리즘에 대해 살펴본다. 3장에서는 ELA 알고리즘과 DOI 알고리즘을 이용하여 주관적, 객관적으로 기존의 알고리즘보다 우수한 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 실험 결과를 제시하며 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

### 2. 기존의 공간적인 디인터레이싱 기법

#### 2-1. ELA(Edge based Line Average)

ELA 알고리즘은 보간할 픽셀의 위치에 근접한 픽셀들로부터 방향의 상관도를 찾아서 가장 높은 상관도를 갖는 방향으로 두 픽셀을 평균한 값으로 보간하는 방법이다.

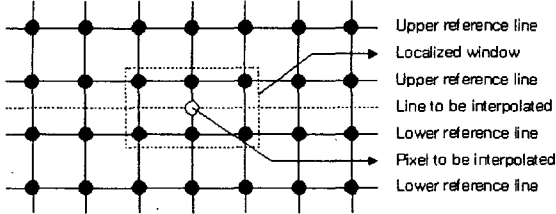


그림 1. ELA에서 윈도우

ELA 알고리즘에서 라인 사이의 상관도 방향을 검출하는 방법은 그림 1에 나타내었다. 우선 보간하고자 하는 화소의 위치에서 높이가 2이고 폭은 3인 윈도우를 설정한다. 3X2 윈도우 안에서 수직 방향, 양의 대각 방향과 음의 대각 방향, 모두 세 가지 경우의 상관도를 검출하여 가장 상관도가 높은 쪽으로 방향을 정한다. 가장 상관도가 높은 방향으로 라인 평균을 계산하여 화소를 보간한다.

이 방법은 비교적 간단하고 대각 방향성을 잘 감지할 경우 주관적으로 좋은 효율을 보이고 있지만 고주파 성분이나 잡음이 끼어 미세한 변화에 반응하게 될 경우에는 수직 라인 평균보다 좋지 않은 효과를 나타낼 수도 있다.

## 2-2. DOI(Direction Oriented Interpolation)

DOI 알고리즘은 정확한 방향을 찾고 방향의 섬세함을 높이기 위해 공간 방향 벡터(spatial direction vector:SDV)를 도입한다. 그림 2에서 보이는 바와 같이 보간할 화소의 위치에서 높이는 2, 폭은 3을 갖는 블록을 설정한다. 이 블록으로 2줄의 상위 참조 라인  $U_0, U_1$ 에서 블록 정합 방법으로 차분 에너지가 최소가 되는 위치의 벡터를 상위 공간 방향 벡터(upper spatial direction vector:USDV)라 하고, 동일한 방법으로 하위 참조 라인들  $L_0, L_1$ 에서 얻어지는 벡터를 하위 공간 방향 벡터(lower spatial direction vector: LSDV)라 하자.

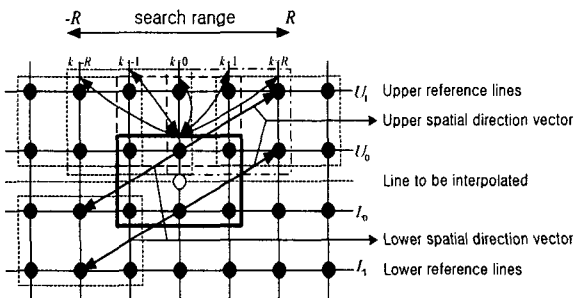


그림 2. 공간 방향 벡터

식(1)에 의해 방향 벡터를 계산한다. 공간 방향 벡터들이 구해지고 이들이 동일한 선상에 위치한다면 보간될 화소의 방향도 정해진다. 그림 3에서 보여주듯이, 상위 공간 방향 벡터의 수평 성분의 절반의 위치에

서 얻어지는 화소와 하위 공간 방향 벡터의 수평 성분의 절반 값에 해당하는 위치에서 얻어지는 화소의 평균값으로 현재 화소의 위치를 보간한다.

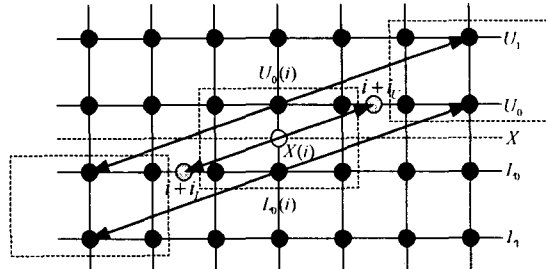


그림3. 방향벡터를 이용한 보간 방법

$$S_u(k) = \sum_{j=-1}^1 (|U_0(i+j) - U_1(i+j+k)|^2 + |L_0(i+j) - U_0(i+j+k)|^2) \quad (1)$$

$$S_l(k) = \sum_{j=-1}^1 (|U_0(i+j) - L_0(i+j+k)|^2 + |L_0(i+j) - L_1(i+j+k)|^2)$$

$$sdv_u = \arg \min \{S_u(k)\}, -R \leq k \leq R$$

$$sdv_l = \arg \min \{S_l(k)\}, -R \leq k \leq R$$

$$i_u = sdv_u / 2$$

$$i_l = sdv_l / 2$$

$$X_{i,j} = (X_{i+u,j-1} + X_{i+l,j+1}) / 2$$

DOI 알고리즘에서의 방향 벡터가 ELA 알고리즘에서 사용되는 방향성의 상관도를 검출하는 방법보다 잡음의 영향에 대해서 덜 민감하게 하고 그에 따라서 보다 멀리 떨어진 위치와의 상관도를 계산할 때 더 정확한 결과를 보여준다. DOI 알고리즘은 다음과 같은 블록 다이어그램으로 표현될 수 있다.

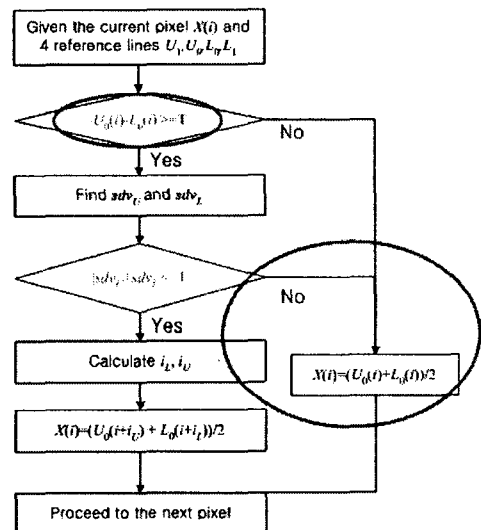


그림4. DOI 기법의 블록 다이어그램

### 3. 제안된 방법

본 논문에서는 기존의 DOI 알고리즘을 기반으로 하여 좀 더 효율이 좋은 F-DOI (Fine DOI) 알고리즘을 제안한다. 위의 그림4에서 표시되었듯이, 기존 DOI 알고리즘에서는 두 가지 문제점을 가지고 있다. 첫 번째로 DOI 알고리즘은 수직 성분의 차이와 문턱 값을 비교하는 조건문에 따라 다른 처리 루틴을 들으로써 각 영상의 차이를 반영하지 못하는 문제점을 갖고 있다. 그리고 두 번째로 에지의 성분을 검출한 이후에  $sdv_U$  와  $sdv_L$ 의 차이가 크면 구한 에지 성분을 사용하지 않고 단순한 Line Averaging 방법을 사용하는 문제점을 가지고 있다.

첫 번째 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 ELA 알고리즘에서 방향성을 검사하는 방법을 사용한다. 즉, 3개의 방향성을 검사한 후 수직 방향의 상관도가 가장 높을 경우에만 수직 성분의 평균으로 보간하고 수직 방향의 상관도 보다 대각선 방향의 에지 성분이 강할 경우에는 새로운 알고리즘을 통과하게 된다. 이 방법을 사용하면 영상마다 문턱 값을 지정해주지 않아도 영상의 특성에 맞게 알고리즘이 적용된다.

두 번째 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는  $sdv_U$  와  $sdv_L$ 의 차이를 제한함으로써 정교한 보간을 한다. 위의 알고리즘에서 이미 대각선 방향성 성분이 있다고 판별되었기 때문에 기존의 Line Averaging 이나 ELA 알고리즘 방법보다 안정적이고 효율적으로 에지를 검출하기 위해 그림 5처럼 Search range가 1인 상황에서 3\*2 window를 씌우는 방법을 사용한다. 이 방식은 상하 픽셀과 좌우 1/2 픽셀까지 보간에 사용하게 된다.

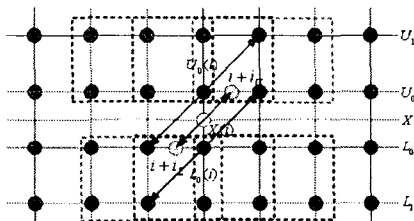


그림5. search range가 '1'일 때 다시 에지를 찾는 과정

제안하는 알고리즘을 그림 6에 블록 다이어그램으로 나타내었다.

### 4. 실험 결과

제안된 디인터레이싱 방법의 성능 평가를 위해서 잘 알려진 정지 영상들을 사용하였다. PSNR은 주관적인 평가를 함에 있어서 정확한 평가 기준이 된다고 할 수는 없지만 객관적인 화질 비교에서는 가장 잘 알려져 있는 측정 단위이기 때문에 PSNR을 기준으로 비교 평가 하였다. 전반적으로 선형 보간을 취한 영상과 제안된 F-DOI 알고리즘이 PSNR면에서는 다른 방법보다 좋다. 그러나 주관적 화질 면에서 선형으로 보간하는 방법은 에지 부분에서 화질 열화가 발생하여 영상의 질을 떨어뜨리는 반면 본 논문에서 제안된 알고리즘은 선형 보간 알고리즘이 해결하지 못한 바바라 영상의 다리 부분의 무너짐을 잘 보완해 주어 주관적

화질 면에서나 객관적 PSNR 측면에서 좋은 결과를 보여준다.

DOI 연산을 할 수 없는 부분 즉, 영상의 양 끝과 맨 위, 아래 라인의 보간 할 픽셀들은 그 윗줄의 픽셀을 복사하여 보간하였다.

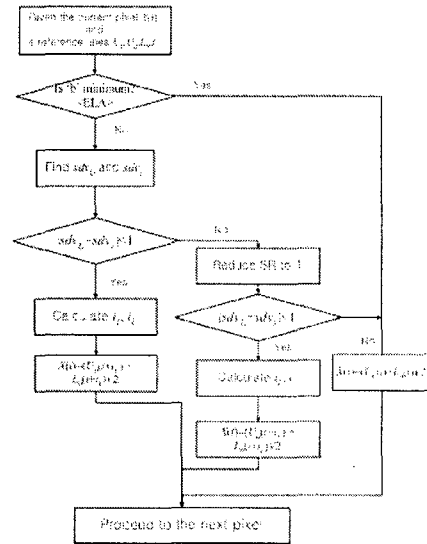


그림6. 제안된 방법의 Flow Diagram

	Line Doubling	Line Averaging	ELA	DOI	F-DOI
Lena (512X512)	32.76dB	37.66dB	35.88dB	37.86dB	38.11dB
Pepper (512X512)	29.74dB	33.77dB	34.06dB	34.11dB	34.19dB
Baboon (512X512)	21.62dB	23.51dB	22.98dB	23.47dB	23.53dB
Bicycle (400X500)	21.93dB	24.46dB	23.60dB	25.41dB	25.47dB
Airplane (512X512)	28.60dB	31.88dB	31.31dB	31.86dB	31.93dB
Hotel (720X576)	28.05dB	32.89dB	32.12dB	33.27dB	33.33dB

표 1. 제안한 보간법을 이용한 정지 영상의 PSNR 결과

표1은 Lena, Pepper, Baboon, Bicycle, Airplane, Hotel 영상에 기존의 알고리즘과 제안한 F-DOI 방법을 적용한 결과 데이터를 보여준다. 본 논문에서 제안한 방식은 DOI 알고리즘으로 얻은 영상의 PSNR보다 최소 0.05dB에서 최고 0.3 dB까지 높다는 것을 알 수 있다. 주관적인 화질을 보았을 때 ELA 알고리즘을 적용한 영상들은 대각선 방향의 에지를 제대로 보간하지 못하여 심각한 화질 열화를 보인다. 반면 제안된 F-DOI 알고리즘의 결과를 보면 주관적으로도 원본과 비교하여 매우 잘 보간 되었음을 알 수 있다.

### 5. 결론

본 논문에서는 공간적인 디인터레이싱 방법으로 F-DOI 알고

리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘은 영상의 특성에 맞게 에지를 검출하고 보정함으로써 영상을 보간하는데 방향성의 정확도를 높여주었다. 제안하는 F-DOI 알고리즘은 기존의 방법보다 더 효율적임을 알 수 있다.

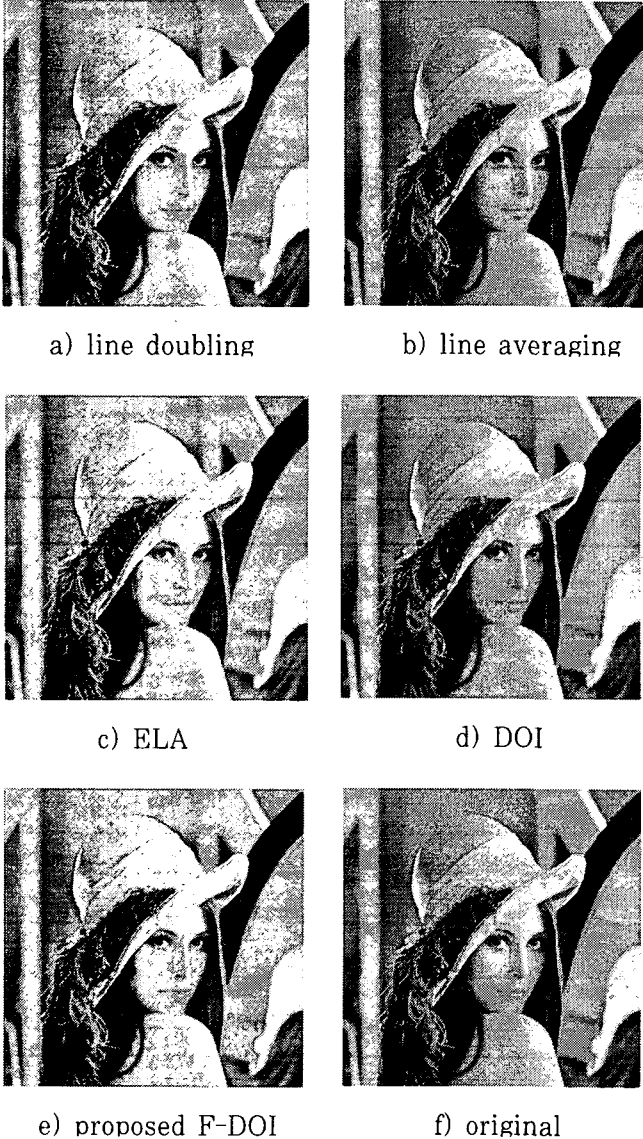


그림7. 실험한 Lena(512\*512) 영상  
참고문헌

[1] T.Doyle, "Interlaced to sequential conversion: for EDTV applications," in Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Workshop Signal Processing of HDTV, pp. 412-430, Feb. 1998.

[2] T.Chen, H.R. Wu and Z. Yu, "Efficient edge line average interpolation algorithm for de-interlacing," *Proceedings of SPIE, Visual Communications and Image Processing 2000*, vol. 4067, pp. 1551-1558, perth, Australia, June 2000.

[3] 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.

[4] C.J. Kuo, C. Liao, and C.C. Lin, "Adaptive interpolation technique for scanning rate conversion," *IEEE Trans. on Circuits Systems for Video Technology*, vol. 6, no. 3, pp. 317-321, June 1996.

[5] H. Hwang, "Interlaced to progressive scan converter for IDTV," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 38, pp 135-144, August 1992.

[6] H. Hwang, M.H. Lee, D.I. Song, "Interlaced to progressive scan conversion with double smoothing," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 39, pp. 241-246, August 1993.

[7] Steven C. Chapra and Raymond P.Canale, "Numerical Methods for Engineers", Mcgraw-Hill International Editions.

[8] Randy Crane, "A Simplified Approach to Image Processing", Prentice Hall PTR.

[9] Rafael C Gonzalez and Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley.

[10] Barthold Lichtenbelt and Randy Crane and Shaz Naqvi, "Introduction to Volume Rendering", Prentice Hall PTR.

[11] Y.Y. Jung, B.T. Choi, Y.J. Park and S.J. Ko, "An Effective De-interlacing Technique Using Motion Compensated Interpolation," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 46, no.3, August 2000.

[12] Gerard De Hann and Erwin B.Bellers, "De-interlacing An Overview," *Proceedings of IEEE*, vol. 86, no. 9, pp. 1839-1857, September 1988.

[13] G. Hann, and E.B. Bellers, "De-interlacing of video data," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 43, no. 3, pp. 819-825, August 1997.

[14] 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.

[15] 이성규, 이동호, "효율적인 시공간 보간을 통한 움직임 기반의 De-interlacing 기법," 제13회 영상 처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, pp. 67-72, 2001.

[16] C. Sun, "De-interlacing of video images using a shortest path technique," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 47, no. 2, pp. 225-230, May 2001.

[17] Hoon Yoo and Jechang Jeong, "Direction-Oriented Interpolation and Its Application to De-interlacing," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol. 48, No. 4, Nov. 2002.