

# 정교한 방향성을 고려한 디인터레이싱 알고리즘

준회원 박 상 준\*, 진 순 종\*, 정회원 정 제 창\*

## Fine Directional De-interlacing Algorithm

Sangjun Park\*, Soonjong Jin\* Associate Members, Je chang Jeong\* Regular Member

### 요 약

본 논문에서는 비월 주사 영상을 순차 주사 영상으로 보간 하는데 사용되는 효율적인 디인터레이싱 알고리즘을 제안한다. 먼저 보간할 화소의 주변 화소들이 갖는 공간적 방향성의 경향을 구하고 구해진 경향에 맞게 소벨 연산을 적용적으로 적용하여 기울기 벡터를 구함으로써 정교한 에지의 방향을 구한다. 이렇게 구해진 정교한 에지 방향에 맞게 보간을 수행하므로 좀 더 선명하고 정확한 영상을 얻을 수 있다. 제안하는 알고리즘은 기존의 알고리즘에 비해 복잡도를 줄이는 동시에 정확한 에지 방향을 추출할 수 있다. 여러 가지 정지 영상에 대한 실험 결과는 제안하는 알고리즘의 객관적, 주관적 우수함을 증명한다.

**Key Words** : Fine Direction, De-interlacing, Sobel Operation, Gradient, Direction-oriented, Interpolation

### ABSTRACT

In this paper, an efficient algorithm is proposed for the interpolation of interlaced images. First of all, by efficiently estimating the directional spatial correlations of neighboring pixels, increased interpolation accuracy can be achieved. And then using the gradient vector which was obtained by Sobel operation, enables to consider the fine directional edges and make it possible to estimate the accurate direction of edges. In other words, it is possible to interpolate the interlaced images with considering the characteristics of images. In addition, by altering the conventional edge detector for the purpose of a easy De-interlacing and multiplying the optimal translation coefficients to each of the gradient vectors, an efficient interpolation for images can be achieved. Comparing with the conventional De-interlacing algorithms, proposed algorithm not only reduced the complexity but also estimated the accurate edge direction and the proposed scheme have been clearly verified that it enhances the objective and subjective image quality by the extensive simulations for various images.

### I. 서론

Ethernet, PSTN, ISDN, xDSL 등과 같은 유선망과 무선 TRS, CDMA 2000 등의 다양한 무선망에서 디지털 영상 정보는 멀티미디어 서비스의 중심으로서 그 중요성이 날로 커지고 있다. 멀티미디어 콘텐츠 중에서 빠질 수 없는 것이 영상이며 증가하는 수요 시장으로 인하여 디지털 영상 기술은 정보

기술 분야에서 점차 핵심 기술 분야로 각광을 받고 있다. 또한, 고선명 디지털 TV 방송 서비스에서도 디지털 영상 기술은 핵심적인 역할을 수행하고 있으며 다양한 이미지 보간 기법들은 디지털 영상 기술에 있어서 중요한 화두로 떠오르고 있다.

기존의 아날로그 TV에서는 수직 방향으로 표본화하는 주사 방식을 택하였고 디지털 TV에서는 수평, 수직 방향으로 일정한 간격마다 표본을 취하

※ 이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2006-005-J04101).

\* 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 영상통신및신호처리 연구실 (sjp21c@ece.hanyang.ac.kr)

논문번호 : KICS2006-12-545, 접수일자 : 2006년 12월 26일, 최종논문접수일자 : 2007년 03월 13일

고 이 표본값을 양자화하여 만든 디지털 신호를 처리한다. 아날로그 TV 신호는 전송 대역폭 때문에 홀수, 짝수 필드가 1/60 초의 시간 차이를 두고 교차되어 하나의 프레임을 구성하는 비월 주사 방식을 사용하고 있다. 따라서 아날로그 TV의 영상을 D-TV나 비디오 프린터, 컴퓨터에서 그대로 사용하면 매우 심각한 화질 열화가 생기게 된다. 이러한 문제점들을 극복하기 위해 지금까지 다양한 디인터레이싱(De-interlacing) 방법들이 제시되었으며 이러한 방법들은 여러 프레임의 움직임 정보를 통해 구해진 움직임 벡터를 이용하여 디인터레이싱을 수행하는 MC(Motion Compensation)방법<sup>1-4)</sup>과 한 프레임에서 디인터레이싱을 수행하는 No-MC 방법<sup>5-9)</sup>으로 나눌 수 있다.

No-MC 방법은 다음과 같이 두 가지로 분류해 볼 수 있다. 첫째는 다양한 공간 필터를 사용하여 접근하는 방법<sup>10-11)</sup>이고 둘째는 에지의 방향성을 고려하여 접근하는 방법<sup>5-7)</sup>이다. 첫 번째 방법은 에지 부분에 대한 고려 없이 디인터레이싱을 하게 된다. 에지 부분이 눈에 매우 민감한 부분임에도 불구하고 그에 대한 고려가 되어 있지 않다는 것은 상당한 문제점을 지닌다. 실제로 이러한 방법들로 디인터레이싱을 하게 되면 에지는 물론 영상 자체가 흐려지거나 원치 않는 영상을 초래한다. 일반적으로 No-MC 방법 중 가장 널리 사용하는 방법은 Edge based Line Averaging (ELA) 알고리즘<sup>12)</sup>이다. ELA 알고리즘은 간단한 계산과 구현의 용이성으로 널리 사용하고 있으나 작은 픽셀 값을 변화에 민감하고 45도 보다 크거나 작은 각도의 대각선에 대해서는 잘못된 에지 정보를 이용하는 단점이 있다. 이런 단점을 보완한 알고리즘이 Efficient ELA (E-ELA) 알고리즘<sup>5)</sup>이다. E-ELA 알고리즘은 ELA 알고리즘보다 더 정확한 방향성을 찾기 위해 현재 위치에서 영상의 공간적인 방향성이 왼쪽, 오른쪽, 또는 그 외의 경우로 분류하여 각 분류된 범주에서 적절한 방법으로 ELA 알고리즘을 변형하여 사용한다. 또한 더 많은 방향의 에지를 탐색할 수 있는 Direction Oriented Interpolation (DOI) 알고리즘<sup>13)</sup>이 있다. DOI 알고리즘은 공간적 방향 벡터를 이용하여 방향의 해상도를 높임과 동시에 방향의 정확도를 향상시킨다.

MC를 이용한 디인터레이싱 방법은 일반적으로 한 장의 프레임 내에서 디인터레이싱을 하는 No-MC 방법보다 뛰어난 결과를 얻을 수 있다. 그러나 MC 방법에서는 잘못된 움직임 정보를 찾아

심각한 화질의 열화를 초래할 가능성이 항상 존재하며 No-MC 방법보다 복잡하다는 단점이 있다.

본 논문은 먼저 E-ELA 알고리즘에서 제안하는 방법을 이용하여 에지의 경향성을 예측하고 예측된 에지의 경향에 따라서 주변의 공간적 특성에 맞게 적응적으로 소벨 연산을 적용하여 정확한 에지의 방향을 추출한다. 이렇게 구해진 정확한 에지의 방향에 따라서 보간을 수행하므로 좀더 좋은 결과를 얻을 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 기존의 대표적인 No-MC 디인터레이싱 알고리즘들을 소개하며 3장에서 제안하는 알고리즘을 설명한다. 4장에서는 여러 가지 정지 영상을 대상으로 기존의 알고리즘과 제안하는 알고리즘의 성능을 평가하고 5장에서 결론을 낸다.

## II. 기존의 에지 기반 디인터레이싱 알고리즘

### 2.1 ELA 알고리즘

ELA 알고리즘은 보간하려는 화소 주변에 존재하는 화소들간의 방향성의 상관 관계를 이용하여 보간을 수행한다. ELA 알고리즘은 예측한 에지의 방향이 올바른 경우에는 좋은 결과를 나타내지만 그렇지 못할 경우에는 원하지 않은 결과를 초래하여 객관적, 주관적 화질 열화를 가져온다.

그림 1에서 보듯이 ELA 알고리즘에서는 방향의 상관도를 계산하고, 구하고자 하는 화소를 보간하기 위해 3×2 크기의 윈도우를 사용한다.  $U(i)$ 를 상단 참조 라인,  $L(i)$ 를 하단 참조 라인을 나타내며 인덱스  $i$ 는 보간 하려하는 화소의 현재 위치를 나타낸다.  $C(k)$ 는 방향의 상관도의 정도를 나타내며 식 (1)과 같이 표현된다.

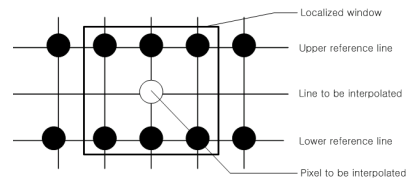


그림 1. ELA 보간에서 이용하는 3×2 크기의 윈도우

$$C(k) = |U(i+k) - L(i-k)| \quad (1)$$

$$k = -n, \dots, -1, 0, 1, \dots, n$$

$C(k)$ 는  $k$  위치에서의 크기를 나타내며  $n$ 은 1로 선택한다.  $C(k)$ 는 수직 방향, 양의 대각방향, 음의 대각 방향의 상관도를 검출하여 가장 높은 공간적

상관도의 방향을 정하는데 사용된다. 에지의 방향을 나타내는  $\theta$ 는 식 (2)와 같이 정해진다.

$$\theta = \operatorname{argmin} C(k), \quad -n \leq k \leq n \quad (2)$$

마지막으로 현재 화소  $x(i)$ 는 식 (3)과 같이 보 간된다.

$$x(i) = \frac{U(i+\theta) + L(i-\theta)}{2} \quad (3)$$

ELA 알고리즘은 대부분의 상황에서 좋은 성능을 발휘하지만 에지의 방향을 잘못 예측하였을 경우에는 고주파 영역에서 보간 에러가 발생하게 되고 이러한 원하지 않은 에러는 영상의 화질에 심각한 열화로 나타난다.

### 2.2 E-ELA 알고리즘

E-ELA 알고리즘은 기존의 ELA 알고리즘이 노이즈에 민감하기 때문에 나타나는 문제를 해결하기 위한 방법으로 에지 방향 판단의 조건을 더 정확하게 하여 오류를 최소화한다. 또한 구현의 용이성과 알고리즘의 복잡도를 낮추기 위해 에지의 방향성 검사를 위한 윈도우 크기는 ELA와 동일하게 3×2 크기로 유지하며, 기존의 ELA 알고리즘에 에지 검출을 보다 정확하게 하는 식 (4)를 추가한다.

$$P = \frac{|s(i-1, j) - s(i+1, j+1)|}{|s(i-1, j-1) - s(i+1, j)|} \quad (4)$$

$$Q = \frac{|s(i-1, j+1) - s(i+1, j)|}{|s(i-1, j) - s(i+1, j-1)|}$$

식 (4)의 쉬운 이해를 위하여 그림 2에 참조하는 화소들의 좌표값을 나타낸다.

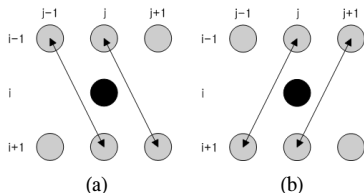


그림 2. E-ELA 알고리즘에서 에지 경향. (a) P 방향(-45°). (b) Q 방향(45°)

식 (4)에서의 P와 Q의 에지 방향을 그림 2에서 볼 수 있다. P는 왼쪽에서 오른쪽으로 향하는 대각선 방향의 화소들의 차이를 나타내며 Q는 오른쪽에서 왼쪽으로 향하는 대각선의 방향의 화소들의 차이를 나타낸다. 그러므로 P<Q인 경우는 그림 2의

(a)에 나타나는 방향을 갖게 되며 P>Q인 경우는 그림 2의 (b)에 나타나는 방향을 갖게 된다.

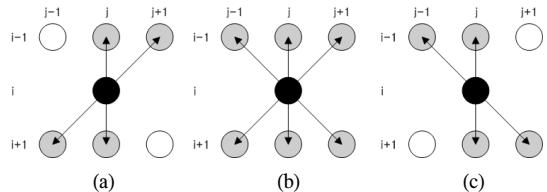


그림 3. 3가지 경우의 보간 방법. (a) P>Q. (b) P=Q. (c) P<Q

식 (4)를 이용하여 3가지 방향성을 유추할 수 있는데 그 첫 번째는 P>Q의 경우이다. 이 경우는 그림 3의 (a)와 같이 에지가 Q방향(45°)으로 흐른다고 볼 수 있으므로 두 가지 방향만 고려한 후 상관도가 높은 방향의 두 화소의 평균을 새로운 화소값으로 결정한다. 두 번째로 P=Q인 경우에 확실한 에지의 방향을 알 수 없기 때문에 그림 3의 (b)와 같이 3가지 방향 모두를 고려하여 그 중 상관도가 높은 방향의 두 화소의 평균으로 구하고자 하는 화소값을 취한다. 마지막으로 Q>P의 경우는 에지가 P방향(-45°)으로 흐르기 때문에 그림 3의 (c)처럼 두 가지 방향을 고려하여 상관도가 높은 방향의 두 화소의 평균으로 새로운 화소값을 취한다. 이렇게 P와 Q의 방향을 먼저 고려하므로 E-ELA 알고리즘은 ELA 알고리즘에 비해서 노이즈에 강하고 에지의 방향을 더욱 정확하게 예측한다.

### 2.3 DOI 알고리즘

DOI 알고리즘은 현재 화소를 보간하기 위해 2개의 상단 및 하단 참조 라인을 사용한다. 그리고 공간적 방향 벡터(spatial direction vector, sdv)를 이용함으로써 좀 더 정확한 에지 방향을 얻을 수 있다.

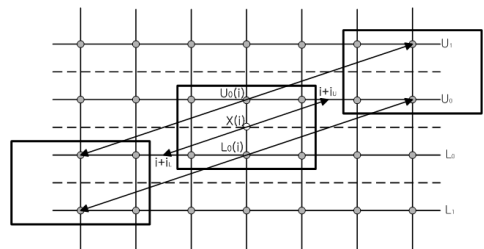


그림 4. DOI 알고리즘에서 사용하는 윈도우

그림 4는 DOI 알고리즘에서 사용하는 윈도우를 나타낸다. X(i)는 보간할 화소를 의미하고 U0, U1, L0, L1은 각각 DOI 알고리즘에서 사용하는 원본 영

상을 나타낸다. DOI 알고리즘은 현재 화소를 포함하고 있는 윈도우와 상, 하단 윈도우 간의 최소 에너지를 갖는 위치인 공간적 방향 벡터  $sdv_U$ 와  $sdv_L$ 을 찾는다.

$$S_U(k) = \sum_{j=-1}^1 (|U_0(i+j) - U_1(i+j+k)|^2 + |L_0(i+j) - U_0(i+j+k)|^2) \quad (5)$$

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

식 (5)를 통해 구해진 값을 상, 하단 공간적 방향 벡터를 찾는데 사용한다.

$$sdv_U = \operatorname{argmin} S_U(k), -R \leq k \leq R \quad (6)$$

$$sdv_L = \operatorname{argmin} S_L(k), -R \leq k \leq R$$

여기에서 탐색 영역  $R$ 은 16이며,  $i_U = sdv_U/2$ ,  $i_L = sdv_L/2$  이다. 일정한 방향을 가지는 영상에서  $sdv_U$  와  $sdv_L$  은 서로 반대 방향을 가지며 보간되는 값은 식 (7)과 같이 구한다.

$$X(i) = \begin{cases} \begin{cases} U_0(i+i_U) = \frac{U_0(i+k-1)+U_0(i+1)}{2} \\ L_0(i+i_L) = \frac{L_0(i-k+1)+L_0(i-1)}{2} \end{cases} & \text{if } (i_U > 0) \\ \begin{cases} U_0(i+i_U) = \frac{U_0(i+k+1)+U_0(i-1)}{2} \\ L_0(i+i_L) = \frac{L_0(i-k-1)+L_0(i+1)}{2} \end{cases} & \text{else} \end{cases} \quad (7)$$

$$X(i) = \frac{U_0(i+i_U)+L_0(i+i_L)}{2}$$

### III. 제안하는 알고리즘

#### 3.1 소벨 연산

소벨 연산은 여러 가지 에지 검출 알고리즘 중 가장 대표적인 방법으로 밝기 값의 2차 변화를 이용하여 에지를 찾아낸다. (x,y)의 위치에서 기울기 벡터  $\nabla f$ 는 식 (8)과 같이 정의된다.

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{df}{dx} \\ \frac{df}{dy} \end{bmatrix} \quad (8)$$

기울기 벡터의 크기와 위상은 식 (9)처럼 구해진다.

$$|\nabla f| = [G_x^2 + G_y^2]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

$$\angle(\nabla f) = \tan^{-1}\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

식 (9)에서 크기  $|\nabla f|$ 는 (x,y)에서의 기울기 벡터 방향에 따른 단위 거리당  $f(x,y)$ 의 최대 변화율을 의미하며 위상  $\angle(\nabla f)$ 는 (x,y)에서 기울기 벡터의 방향을 의미한다.

x방향의 기울기 벡터( $G_x$ )와 y방향의 기울기 벡터( $G_y$ )를 쉽게 구하기 위해 그림 5의 (b)와 (c)에 있는 소벨 마스크를 사용한다. 각각의 소벨 마스크를 식으로 나타내면 식 (10)과 같다. 그림 5의 (a)에서 Z5는 보간할 현재 화소의 위치를 나타낸다.

Z1	Z2	Z3
Z4	Z5	Z6
Z7	Z8	Z9

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

그림 5. 3×3 크기의 소벨 마스크. (a) 각 화소의 위치. (b) x 방향의 기울기 벡터( $G_x$ ) (c) y방향의 기울기 벡터( $G_y$ )

$$G_x = (Z_7 + Z_8 \times 2 + Z_9) - (Z_1 + Z_2 \times 2 + Z_3) \quad (10)$$

$$G_y = (Z_3 + Z_6 \times 2 + Z_9) - (Z_1 + Z_4 \times 2 + Z_7)$$

#### 3.2 제안하는 알고리즘

먼저 E-ELA 알고리즘에서 사용한 P와 Q를 이용하여 보간해야 할 위치에서 에지의 경향을 찾는다. 그림 6에서 D가 보간할 현재 화소의 위치라고 할 때, 만약  $P > Q$  라면 에지가 Q 방향으로 흐른다는 것을 의미한다. 이 경우 그림 5에서 보이는 것처럼 B, C, D, E, F 화소 위치에서 소벨 연산을 수행하여 5개의 크기와 위상을 계산한다. 만약  $P < Q$  의 경우에는 에지가 P 방향으로 흐른다는 것을 의미하므로 그림 5의 A, B, D, F, G의 위치에서 소벨 연산을 수행한다. 만약  $P = Q$  라면 에지의 방향이 명확하지 않거나 에지가 없는 평탄할 영역일 가능성이 높으므로 B와 F 위치의 화소 값을 평균하여 현재 위치의 화소를 보간한다.

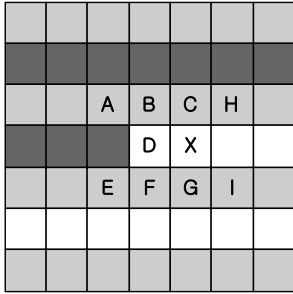


그림 6. 제한하는 알고리즘에서 화소의 위치

그림 6에서 연회색 화소들은 원영상 화소의 위치를 나타내며 진회색 화소들은 보간된 화소의 위치를 나타낸다.

비율 주사 영상은 위 라인과 아래 라인이 비어 있는 영역이므로 3.1 절에서 설명한 소벨 연산을 직접 수행할 수 없다. 따라서 소벨 연산을 적절하게 변형하여 수행해야 한다. 그림 7은 디인터레이싱에 맞게 변형된 소벨 마스크를 나타낸다.

Z1	Z2	Z3
Z4	Z5	Z6
Z7	Z8	Z9

-1	-2	-1
0	0	0
0	0	0
0	0	0
1	2	1

-1	0	1
0	0	0
-2	0	2
0	0	0
-1	0	1

그림 7. 변형된 소벨 마스크 (a) 변경된 화소 위치. (b) 변경된  $G_x$ . (c) 변경된  $G_y$

그림 7을 이용하여 소벨 연산을 수행할 경우 정확한  $G_x$ 와  $G_y$ 를 얻을 수 없으므로 변환 계수 (translation coefficient)  $\alpha_x$ 와  $\alpha_y$ 를 정의하고 이 변환 계수들을 이용하여 적절한 값으로 기울기 벡터를 보정한다. 본 논문에서는 실험적으로  $\alpha_x$  값을 0.8로  $\alpha_y$  값을 3으로 이용하였다.

D 위치에서의 소벨 연산은 X 위치의 화소값을 아직 모르므로 실행할 수 없다. 따라서 X 위치에서의 화소값을  $P>Q$ 인 경우 H와 F 위치의 화소 값의 평균으로,  $P<Q$ 일 경우에는 B와 I 위치의 화소 값의 평균으로 미리 정해 놓고 앞 절에서 설명한 변형되지 않은 소벨 연산(그림 5)을 수행한다.

이렇게 하여 5개의 크기와 위상을 각각 구한다. 어떤 위치에서 기울기 벡터의 크기가 크면 해당하는 부분의 에지가 강하게 영향을 준다는 의미이므로

로 5개의 기울기 벡터 중 가장 값이 큰 2개에 해당하는 위치의 위상을 각각 구한다. 이 위상들을 BestPhase1, BestPhase2라고 정의 한다. 만약 BestPhase1이나 BestPhase2가 최소 위상보다 작다면 제대로 에지 방향을 구하지 못했다고 판단한다. 최소 위상을 판단하기 위해 그림 8에 화소의 상대적인 위치에 따른 위상을 구해놓았다. 본 논문에서는 최소 위상값을  $14.04^\circ$ 로 한다. 즉 그림 8의 현재 화소 위치 D에서 구해진 에지 방향이 4 화소 이상으로 멀다면 구해진 에지의 방향이 잘못되었다라고 판단하고 그림 6의 B와 F 위치에서의 화소 값의 평균값으로 현재 화소를 보간한다.

BestPhase1, BestPhase2가 최소 위상 보다 클 경우 최종적으로 정확한 에지의 방향은 식 (11)에 의해 구해진다.

$$\begin{aligned} & \text{if}(\text{BestPhase1} > \text{BestPhase2}) \\ & \quad \text{CurPhase} = \text{BestPhase1} \\ & \text{else} \\ & \quad \text{CurPhase} = \text{BestPhase2} \end{aligned} \tag{11}$$

즉, BestPhase1과 BestPhase2 중 큰 값을 현재 위치에서의 위상인 CurPhase 라고 정한다.

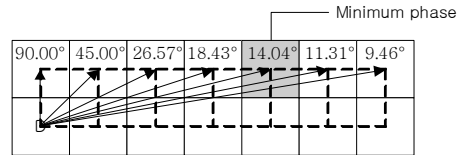


그림 8. 화소 위치에 따른 위상

위와 같은 소벨 연산을 이용하여 에지를 판단할 경우 상당히 정확한 에지를 구할 수 있지만 그에 따른 복잡도가 크다. 따라서 본 실험에서는 현재 보간해야 할 영역이 평탄한 영역인지 아니면 에지 영역인지를 판단하는 경계값 T2B를 구하고 T2B가 특정한  $\alpha$ 보다 크거나 같을 경우에만 소벨 연산을 적용한다. 만약 T2B가  $\alpha$ 보다 작다면 평탄한 영역이라 판단하고 그림 6의 B와 F 위치에서의 화소 값의 평균값으로 현재 화소를 보간한다. (x,y)인 위치에서 T2B(x,y)는 식 (12)에 의하여 구한다.

$$\begin{aligned} T2B(x,y) & = |Pel(x-1,y-1) - Pel(x-1,y+1)| \\ & \quad + |Pel(x,y-1) - Pel(x,y+1)| \\ & \quad + |Pel(x+1,y-1) - Pel(x+1,y+1)| \end{aligned} \tag{12}$$

즉, 그림 6에서 보면 T2B(D)는  $|Pel(A) - Pel(E)| + |Pel(B) - Pel(F)| + |Pel(C) - Pel(G)|$ 로 구해진다.

#### IV. 실험 결과 및 분석

512×512 크기의 여러 가지 표준 정지 영상을 대상으로 No-MC 디인터레이싱 알고리즘의 성능을 평가했다. 본 실험에서  $\alpha$ 는 30으로 정하고 실험하였다. 기존의 에지 기반의 No-MC 알고리즘과의 성능을 비교하기 위해 객관적인 비교 요소로 널리 사용되는 Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)을 이용하였다. 식 (13)에서 MSE는 Mean Squared Error를 나타내며 원본 영상과 결과 영상의 차이의 제곱의 평균을 의미한다.

여러 가지 정지 영상에 대한 PSNR값을 표 1과 그림 9에 나타냈다. 표 1에 있는 결과들은 짝수와 홀수 필드에 대해서 디인터레이싱 알고리즘을 적용한 후 각각의 결과의 평균을 의미한다. 기존의 에지 기반 디인터레이싱 알고리즘들에 비해 제안하는 (Proposed) 알고리즘이 객관적 화질이 우수함을 알 수 있으며 특히 일반적으로 성능이 좋다고 알려진 DOI 알고리즘에 비해 평균적으로 0.85dB 높은 결과를 보임을 알 수 있다.

$$PSNR = 10 \times \log \left( \frac{255^2}{MSE} \right) \quad (13)$$

DOI 알고리즘은 큰 탐색 영역 (R = 16)을 갖고 있기 때문에 유사한 패턴을 갖는 영상에서 나쁜 성

표 1. PSNR값(dB)을 통한 성능 비교

	LD	LA	ELA	E-ELA	DOI	Proposed
airplane	29.32	34.25	33.04	33.33	34.01	34.49
barbara	27.25	32.14	25.21	30.67	29.65	32.34
boat	30.17	35.38	32.47	33.45	34.76	35.57
finger	25.96	31.69	28.82	29.34	29.23	31.75
girl	33.01	38.29	37.18	37.47	37.79	38.61
goldhill	30.23	33.63	32.27	32.63	33.53	33.75
lena	32.77	37.65	35.96	36.88	37.66	38.16
man	26.38	29.31	28.6	29.15	29.41	29.62
peppers	30.37	33.78	34.13	34.21	33.99	34.25
toys	29.19	33.31	32.55	32.97	33.25	33.39
zelda	35.87	41.30	39.38	39.78	40.69	41.40
average	30.05	34.61	32.69	33.63	34.00	34.85

능을 보일 수 있다. 특히 표 1에서 확인할 수 있듯이 “finger”와 “barbara”영상에서 제안하는 알고리즘이 DOI 알고리즘 보다 좋은 성능을 갖는다. 그 이유는 유사한 패턴을 갖는 영상에서도 제안하는 알고리즘이 최적의 에지 방향을 찾을 수 있기 때문이다. 그림 10은 제안하는 알고리즘과 DOI 알고리즘 간의 복잡도를 나타낸다. 그림 10에서 제안하는 알고리즘이 DOI 알고리즘과 비교하였을 때 평균적으로 35.55%의 복잡도를 줄이는 것을 볼 수 있다. 이러한 객관적인 수치들은 제안하는 알고리즘이 기존의 알고리즘보다 PSNR과 복잡도 측면에서 우수하다는 것을 증명한다. 주관적인 측면에서 알고리즘의 성능을 보기 위해 “finger”와 “barbara” 영상을 그림 11과 그림 12에 나타내었다. 에지의 특성을 얼마나 정확히 살리는가를 주관적으로 확인하기 위해

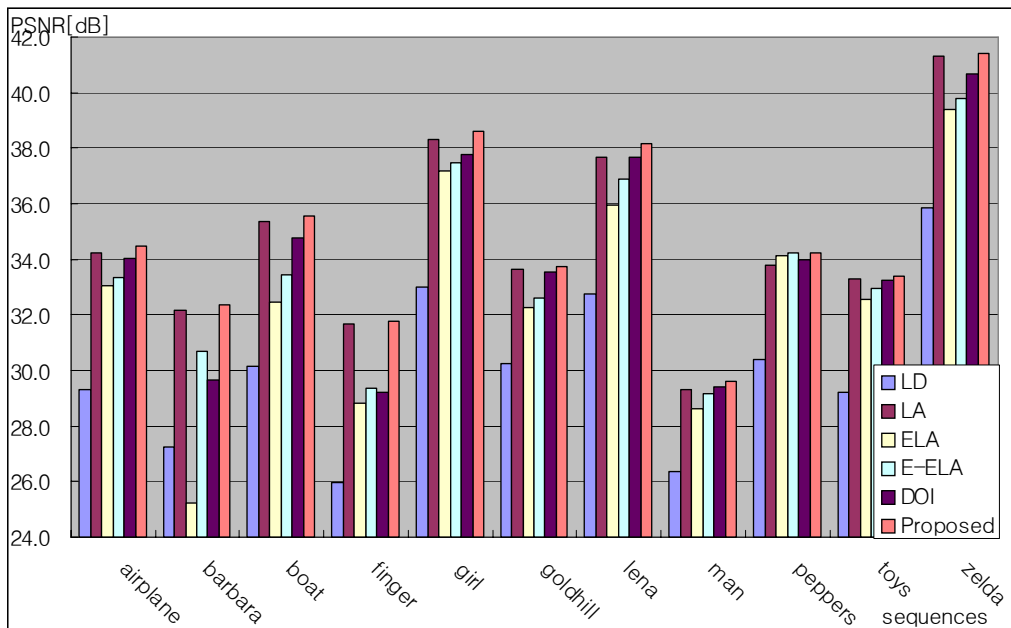


그림 9. 제안하는 알고리즘과 기존의 다른 De-interlacing 알고리즘들과의 PSNR 비교

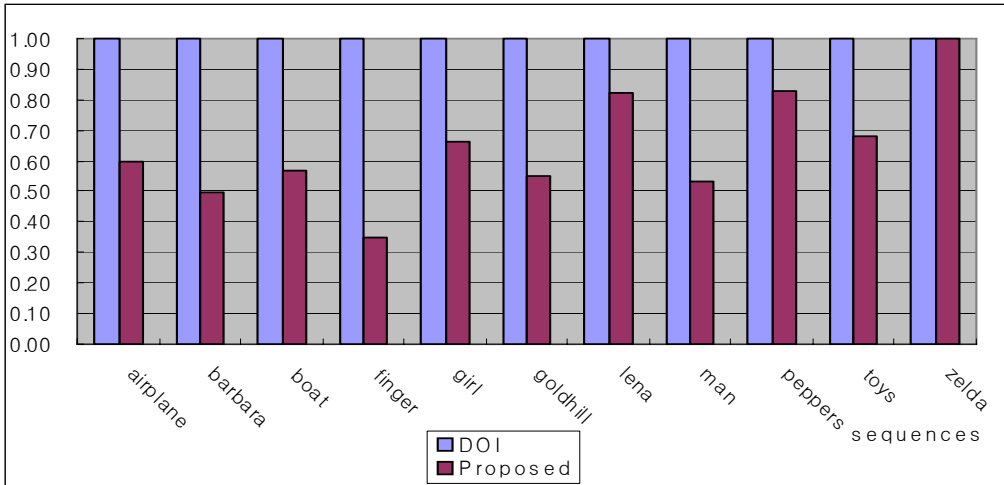


그림 10. 제안하는 알고리즘과 DOI 알고리즘과의 복잡도 비교

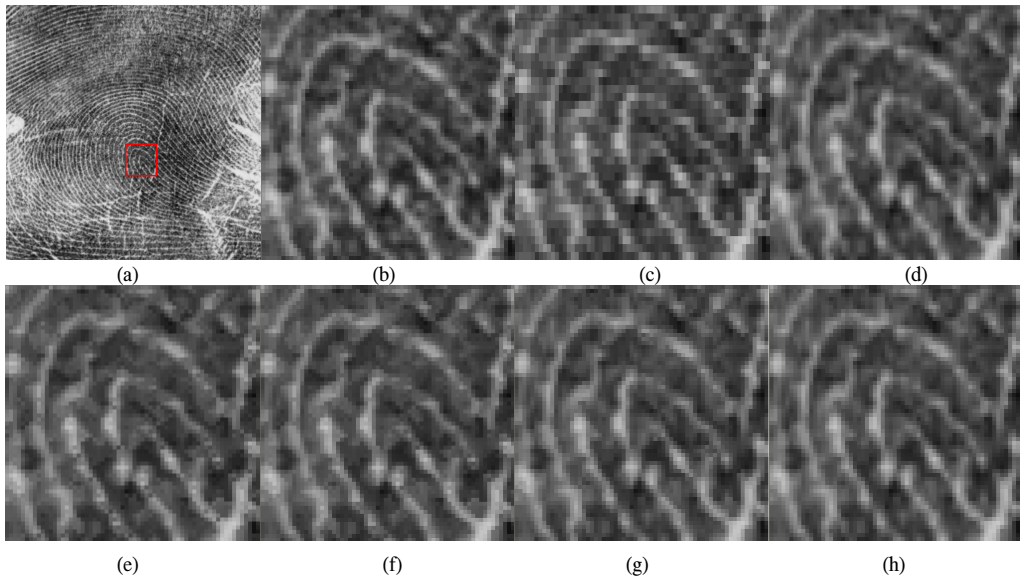


그림 11. “finger” 영상의 주관적 화질의 비교 (a) 원본 영상. (b) 원본 블록. (c) Line doubling (PSNR=25.96dB). (d) Line averaging (PSNR=31.69dB). (e) ELA (PSNR=28.82dB). (f) E-ELA (PSNR=29.34dB). (g) DOI (PSNR=29.23dB). (h) Proposed (PSNR=31.75dB).

각각의 정지 영상을 부분적으로 확대한 영상을 그림 11의 (b)-(h)와 그림 12의 (b)-(h)에 나타내었다. 각각의 그림에서도 제안하는 알고리즘이 다른 알고리즘들과 비교하였을 때 주관적으로 향상된 영상을 보여주는 것을 볼 수 있다.

### V. 결론

본 논문은 정교한 방향성을 고려하는 디인터레이싱 알고리즘을 제안한다. 먼저 보간 하고자하는 화

소 주변 위치에서 에지의 경향을 찾은 다음 적응적으로 개선된 소벨 연산을 통해 정확한 에지 방향을 구한다. 정확하게 구해진 에지 방향에 따라 보간을 수행하므로 좋은 화질의 결과를 얻을 수 있다. 제안하는 알고리즘은 에지 방향 검출이 잘못되는 것을 방지하기 위해 최소 위상을 고려하며 알고리즘의 복잡도를 줄이기 위하여 경계값을 고려한다. 여러 가지 정지 영상을 대상으로 한 실험 결과를 통해 제안하는 알고리즘이 다른 기존의 알고리즘들보다 객관적 및 주관적 화질을 향상 시키는 것을 볼 수 있다.



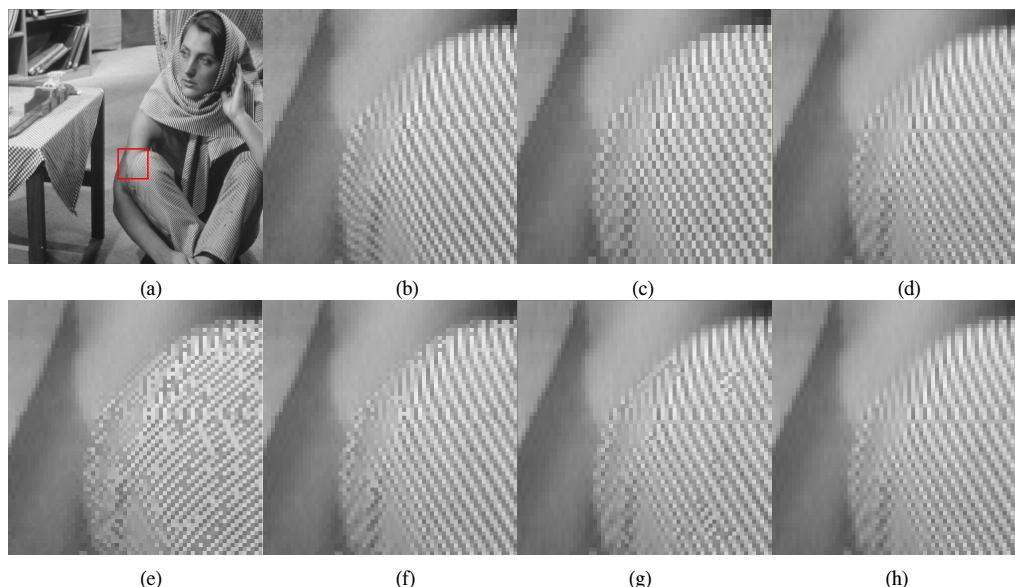


그림 12. “barbara” 영상의 주관적 화질의 비교 (a) 원본 영상. (b) 원본 블록. (c) Line doubling (PSNR=27.25dB). (d) Line averaging (PSNR=32.14dB). (e) ELA (PSNR=25.21dB). (f) E-ELA (PSNR=30.67dB). (g) DOI (PSNR=29.65dB). (h) Proposed (PSNR=32.34dB).

### 참 고 문 헌

- [1] 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, Aug. 2000.
- [2] Gerard De Hann and Erwin B.Bellers, “De-interlacing An Overview,” *Proceedings of IEEE*, vol. 86, no. 9, pp. 1839-1857, Sept. 1988.
- [3] G. Hann, and E.B. Bellers, “De-interlacing of video data,” *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 43, no. 3, pp. 819-825, Aug. 1997.
- [4] 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, Aug. 1999.
- [5] 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, Jun. 2000.
- [6] 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.
- [7] 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, Jun. 1996.
- [8] H. Hwang, “Interlaced to progressive scan converter for IDTV,” *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 38, pp. 135-144, Aug. 1992.
- [9] 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.
- [10] Steven C. Chapra and Raymond P. Canale, “Numerical methods for engineers,” *Mcgraw-Hill International Editions*.
- [11] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, *Addison Wesley*.
- [12] T.Doyle, “Interlaced to sequential conversion for EDTV applications,” in *Proc. 2nd Int. Workshop Signal Processing of HDTV*, pp.



412-430, Feb. 1998.

- [13] Hoon Yoo and Jechang Jeong, "Directional-oriented interpolation and its application to de-interlacing," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 48, no. 4, pp. 954-962, 2002.

**박 상 준 (Sangjun Park)**

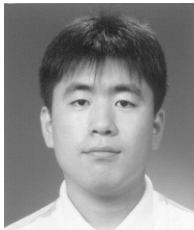
준회원



2006년 2월 : 한양대학교 전자컴퓨터공학부 졸업  
 2006년 3월~현재 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 석사과정  
 <관심분야> 영상 처리, 화질 개선, 영상 압축, SVC

**진 순 종 (Soonjong Jin)**

준회원



2004년 2월 : 한양대학교 전자컴퓨터공학부 졸업  
 2006년 3월 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 석사  
 2006년 3월~현재 : 한양대학교 전자통신전파공학과 박사과정  
 <관심분야> Image Compression,

Image Processing, H.264, Image Enhancement, Transcoding, MVC, SVC,

**정 제 창 (Je chang Jeong)**

정회원



1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업  
 1982년 2월 : KAIST 전기전자공학과 석사  
 1990년 : 미국 미시간대학 전기공학과 공학박사  
 1980~1986 : KBS 기술연구소 연구원(디지털 TV 및 뉴미디어 연구)  
 1990~1991 : 미국 미시간대학 전기공학과 연구교수 (영상 및 신호처리 연구)  
 1991~1995 : 삼성전자 멀티미디어 연구소 (MPEG, HDTV, 멀티미디어 연구)  
 1995~현재 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 교수 (영상통신 및 신호처리 연구실)  
 1998년 11월 27일 : 과학기술자상 수상  
 1998년 12월 31일 : 정보통신부장관상 표창  
 <관심분야> 영상처리 및 영상압축