

일반논문-09-14-3-08

## 방향성 오류 교정을 위한 투표 결정 기반의 디인터레이싱 방법

오 세 훈<sup>a)†</sup>, 이 여 송<sup>a)</sup>, 안 창 범<sup>a)</sup>, 오 승 준<sup>a),b)</sup>

### Vote Decision-based Deinterlacing Scheme For Directional Error Correction

Sye-Hoon Oh<sup>a)†</sup>, Yeo-Song Lee<sup>a)</sup>, Chang-Beom Ahn<sup>a)</sup>, and Seoung-Jun Oh<sup>a),b)</sup>

#### 요 약

본 논문에서는 비월 주사 영상을 하나의 필드만을 사용하여 순차 주사 영상으로 변환시키는 투표 결정 기반 디인터레이싱 보간 방법(VDD)을 제안한다. VDD는 투표 결정 방법을 이용하여 4단계 보간 과정을 거치게 된다. 1단계는 MM-ELA 방법을 이용하여 거짓 에지 의심영역을 검출하는 과정이다. 검출된 영역은 상위 주변 화소 정보를 이용한 다수결 투표 결정 방법인 2단계 과정으로 에지 방향을 결정하며 미결정 방향은 3단계 과정인 상, 하위 주변 화소 정보를 이용한 다수결 투표 및 방향성 평균으로 에지 방향을 보존하고 화질 열화를 최소화한다. 마지막으로 위 단계에서 결정되지 못한 화소는 세밀한 방향을 고려할 수 있는 DOI를 이용하여 보간한다. 계층 구조의 VDD는 복잡도가 높지만 계조도 변화에 취약한 기존 방법들에 비하여 정교한 에지를 추출할 수 있으며 실험결과를 통해 객관적, 주관적 우수성을 나타낸다.

#### Abstract

This paper presents a vote decision-based deinterlacing scheme for false directional error correction(VDD) to convert interlaced signal into non-interlaced signal using only one fields. The VDD using the vote decision goes through four steps process. The first step extracts regions having doubt of false edge using MM-ELA method. In these regions, the edge direction is decided by the majority vote using upper adjacent pixels's information through the second step. But, we still have undecided directions, which will be decided by the majority vote and the directional average decision at the third step. This step preserves the edge directions and minimizes visual degradation. Finally, the last step interpolates undecided pixels using DOI method which can consider the fine edge direction. Although the VDD with hierarchical structure has a high complexity, it can extract delicate edge compared to other pixel-by-pixel or window-by-window deinterlacing algorithms. Simulation results show that it has significantly improved both the subjective and objective qualities of the reconstructed images.

Keywords : deinterlacing, ELA, DOI, Voting method, interpolation

a) 광운대학교 VIA-멀티미디어센터

VIA-Multimedia Center at Kwangwoon University

b) 광운대학교, 방송통신융합플랫폼 센터

BnC Convergence Platform Center at Kwangwoon University

† 교신저자 : 오세훈(osh@media.kw.ac.kr)

※ 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술재단의 전략기술인력양성사업, 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT원천기술개발사업 [2008-F-011-01], 2008년도 광운대학교 연구년에 의하여 수행되었음 · 접수일(2009년1월29일), 수정일(2009년5월4일), 게재확정일(2009년5월4일)

## 1. 서론

기존 아날로그 TV에서는 제한된 대역폭에 비디오 신호를 전송할 수 있는 인터레이스 주사 방식을 택하였다. 이 방식은 짝수, 홀수 필드가 1/60초 간격으로 교차하면서 하나의 프레임을 구성하게 된다. 하지만 최근 멀티미디어 기술이 발전하면서 고화질의 디지털 방송 서비스가 상용화

됨에 따라 인터레이스 방식을 디지털 디바이스에 사용하게 된다면 서브샘플링으로 인한 앨리어싱(Aliasing) 현상 때문에 심각한 화질 열화가 발생하게 된다. 이러한 화질 열화를 피하기 위해서는 이상적인 저역통과필터 설계가 필요하지만 실질적으로 불가능하기 때문에 이 문제를 극복하기 위하여 인터레이스 주사 방식을 프로그레시브 주사 방식으로 변환하는 다양한 디인터레이싱(Deinterlacing) 방법들이 제시되어져 왔다.

기존의 방법은 필드 간 시간적 측면에서 여러 장의 프레임으로부터 추출한 움직임 정보를 이용하는 인터(Inter) 방식<sup>[1-3]</sup>과 필드 내 공간적 측면에서 하나의 필드만을 사용하여 다양한 에지 방향성을 고려한 인트라(Intra)방식이 있다<sup>[4-7]</sup>.

인터 방식은 하나의 프레임 내 화소 단위 상관정보를 이용하는 인트라 방식보다 뛰어난 결과를 얻을 수 있으나 잘못된 움직임 정보를 참조할 경우 심각한 화질 열화를 초래할 수 있으며 복잡도가 큰 단점이 있다.

본 논문에서 사용된 인트라 방식의 기존 디인터레이싱 방법은 에지기반 라인 평균 방식인 ELA(Edge based Line Averaging)와 E-ELA(Efficient Edge based Line Averaging), M-ELA(Modified Edge based Line Averaging)등이 있다. ELA계열 방식들은 손실 라인을 보간하기 위해 인접 라인 사이의 방향성 상관도 정보를 이용하여 낮은 복잡도에서 에지방향성을 보존한다. 하지만 고주파 성분이 많은 텍스처 영역이나 얇은 에지가 규칙적인 패턴의 특성을 갖는 영역에서는 잘못된 방향 선택으로 인한 에러가 발생하여 화질 열화가 발생한다. 이러한 문제 해결을 위해 확장된 윈도우<sup>[7-8]</sup>와 콘텐츠 분석<sup>[9]</sup>에 따른 보간 방식이 제안되었고 특히 DOI(Directional Oriented Interpolation)의 경우 수평 성분 에지를 추가적으로 고려하여 에지기반 라인 평균 방식보다 성능이 좀 더 우수하다. 그러나 큰 탐색 범위 내에서 에지 패턴을 찾기 때문에 복잡도가 높고 고주파 영역과 규칙적인 에지 패턴을 갖는 영역에 취약한 성능을 보인다.

따라서, 디인터레이싱에서 주관적 화질을 개선하기 위해서는 에지의 방향을 정확하게 찾는 것이 매우 중요하다. 본 논문에서는 공간상의 화소 정보만을 이용하여 탐색 구간 내 보간 화소의 방향성을 찾고 잘못 판단된 에지 방향에

대하여 주변 보간 화소들의 방향을 통하여 재보정하는 방법과 기존 에지기반 알고리즘에서 취약한 성능을 나타낸 탐색 구간 내 규칙적인 스트라이프(stripe) 에지와 수평 방향 성분 에지 보존 방법을 제안한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 기존의 인트라 방식, 3장은 제안하는 방법, 4장은 주관적, 객관적 화질에 대한 실험 결과, 5장은 제안하는 방법에 대한 결론을 나타내었다

## II. 기존 인트라 디인터레이싱 알고리즘

본 장에서 설명할 에지 기반의 인트라 디인터레이싱 방법은 기본적으로 가장 널리 사용하는 ELA알고리즘과 ELA 방법의 문제점을 보완한 E-ELA 및 M-ELA알고리즘, 그리고 다양한 방향성을 고려할 수 있는 DOI알고리즘에 대하여 소개한다.

### 1. ELA(Edge based Line Average) 알고리즘

ELA는 상, 하위에 위치한 화소들 중 상관정도가 가장 높은 방향의 두 화소값을 이용하여 보간한다. 이때 윈도우 크기는 그림 1과 같이 3x2 윈도우를 사용하며 보간될 중앙 화소를 중심으로 좌우대각 방향(45°, 135°)과 수직 방향(90°)에 대한 3개 방향을 찾는다. 이후 최대 상관도를 갖는 방향이 결정되면 해당하는 방향에 위치한 상, 하위 화소의 평균으로 화소를 보간한다.<sup>[4]</sup>

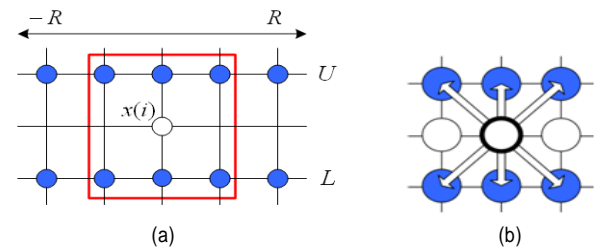


그림 1. ELA 알고리즘, (a) 탐색영역 구간( $R = 1$ ) (b) 3x2 윈도우 적용의 예  
Fig. 1. ELA algorithm (a) Search range ( $R = 1$ ) (b) 3x2 window for ELA algorithm

상관정도를 나타내는 식(1)은 상위 참조열  $U(i)$ 와 하위 참조열  $L(i)$ 를 이용하여 차분치 계산을 통해 결정한다.

$$C(k) = \frac{|U(i+k) - L(i-k)|}{k}, \quad k = -R, \dots, -1, 0, 1, \dots, R \quad (1)$$

$C(k)$ 는 보간 범위 내  $k$ 위치에서의 상관정도인 화소 변화를 나타내며 각 위치별 차분값 중에서 최소값을 갖는 위치, 즉 가장 높은 상관도를 갖는 방향을 식(2)를 이용하여 결정한다.

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

보간 방향이 결정되면 식(3)으로 화소값을 보간한다.

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

ELA는 복잡도가 낮고 수직, 좌우 대각방향의 화소를 잘 보간할 수 있는 반면, 예측한 에지의 방향이 올바르지 못한 경우 화질 열화를 가져올 수 있다.

### 2. E-ELA(Efficient-ELA) 알고리즘

E-ELA는 ELA에서 발생할 수 있는 잘못된 방향 결정을 줄이기 위하여 ELA보다 효율적인 에지 방향 검출방법을 제시 하였다. 추가된 방향성 판단 측정방법인 P와 Q는 식(4)로 나타낸다.<sup>[5]</sup>

$$P = \frac{|U(i-1) - L(i)| + |U(i) - L(i+1)|}{2} \\ Q = \frac{|U(i) - L(i-1)| + |U(i+1) - L(i)|}{2} \quad (4)$$

식(4)를 통해 서로 반대의 방향성을 갖는 P와 Q의 에지 경향을 구하게 되면 상관정도가 높은 방향으로 조건에 따라 식(5)-(7)를 이용하여 화소값을 보간한다. (R=1)

$$\text{Case I} (P < Q) \begin{cases} \frac{U(i) + L(i)}{2} & C(0) < C(-1) \\ \frac{U(i-1) + L(i+1)}{2} & C(0) > C(-1) \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{Case II} (P > Q) \begin{cases} \frac{U(i) + L(i)}{2} & C(0) < C(1) \\ \frac{U(i+1) + L(i-1)}{2} & C(0) > C(1) \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{Case III} (P = Q) \quad \text{ELA} \quad (7)$$

P는 수직과 좌대각 방향 사이의 에지특성을 나타내며 Q는 수직과 우대각 방향 사이의 에지특성을 나타낸다. 따라서 식(5)-(7)에서의 조건에 따라 에지 흐름 방향을 결정하여 45°, 90°, 135° 중 상관정도가 큰 각도로 상, 하위 화소의 평균을 취한다. ELA와는 달리 E-ELA는 이웃하는 화소를 이용하여 P, Q방향을 먼저 고려하므로 에지 방향을 좀 더 정확하게 예측할 수 있다. 하지만 얇은 에지와 수평성분이 강한 에지, 복잡한 영역 에지에 대해서는 잘못된 방향성 판단으로 인한 주관적 화질 열화의 우려가 있다.

### 3. M-ELA(Modified-ELA) 알고리즘

M-ELA는 E-ELA에서 방향성 판단으로 사용된 P, Q에 V가 추가 되었다. V는 평활 지역을 판단하는 매개체로 사용되며 방향성 판단 기준은 그림 2와 식(8)로 나타내었다.<sup>[6]</sup>

$$P = \frac{(|U(i-1) - L(i)| + |U(i) - L(i+1)|)}{2} \\ Q = \frac{(|U(i) - L(i-1)| + |U(i+1) - L(i)|)}{2} \\ V = \frac{(|U(i-1) - L(i-1)| + |U(i) - L(i)| + |U(i+1) - L(i+1)|)}{3} \quad (8)$$

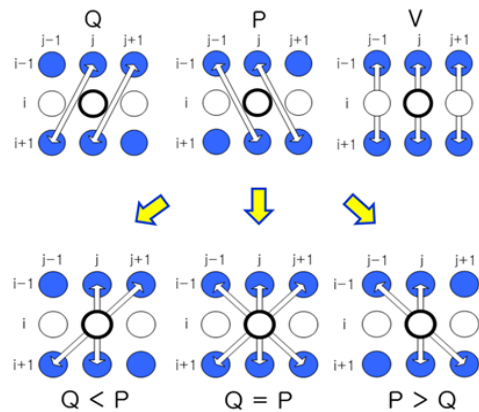


그림 2. M-ELA 알고리즘  
Fig. 2. Illustration of the M-ELA algorithm

식(8)에서 예측된 방향성은 다음 3가지 경우로 분류되며 각 경우에 합당한 방향으로 현재 화소를 만든다.

<p>Case I : <math>P &lt; Q</math> and <math>P &lt; V</math></p> <p>Case I-1 : <math>C(-1) &lt; C(0) \rightarrow P</math> -direction</p> <p>Case I-2 : <math>C(0) \leq C(-1) \rightarrow V</math> -direction</p> <p>Case II : <math>Q &lt; P</math> and <math>Q &lt; V</math></p> <p>Case II-1 : <math>C(1) &lt; C(0) \rightarrow Q</math> -direction</p> <p>Case II-2 : <math>C(0) \leq C(1) \rightarrow V</math> -direction</p> <p>Case III : <math>V \leq P</math> and <math>V \leq Q</math></p> <p style="text-align: center;">: Bilinear Interpolation</p>
--

M-ELA는 기존 에지 기반 디인터레이싱 방법( ELA, E-ELA )보다 방향 예측 면에서 우수하며 효과적임을 증명하였다. 하지만 수평성분이 강한 에지와 탐색구간 내에 얇은 스트라이프 에지가 다수 존재하는 경우 그림 3과 같이 주관적 화질 열화를 일으킬 수 있다.

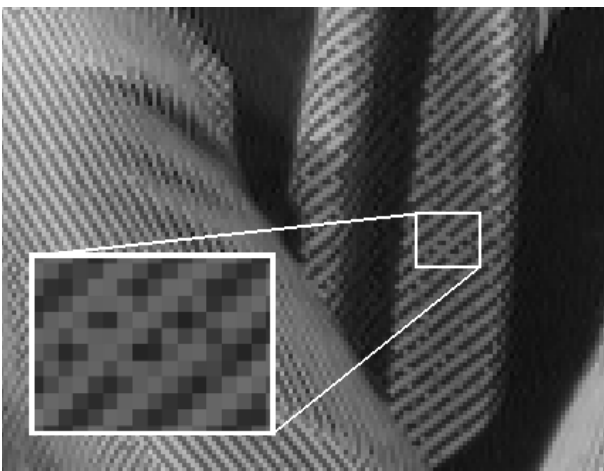


그림 3. 잘못된 에지 방향 선택으로 인한 에러  
Fig. 3. Error from false edge direction

#### 4. DOI (Direction-Oriented Interpolation) 알고리즘

공간 방향 벡터(spatial direction vector, sdv)를 이용한 DOI는 보다 정확한 에지 방향을 얻기 위하여 상, 하위 참조 라인 2열을 사용한다. DOI는  $45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$  방향으로 화소값을 보간하는 ELA와는 달리 수직성분뿐만 아니라 수평성분이 강한 에지에도 뛰어난 성능을 보인다. 하지만 DOI의 경우 에지 방향성을 찾기 위하여 탐색 영역이 큰 구간에서 에지 성향을 판단하기 때문에 연산량이 많은 단점이 있을 뿐만 아니라 규칙적인 얇은 스트라이프 영역에 취약하다.<sup>[7]</sup>

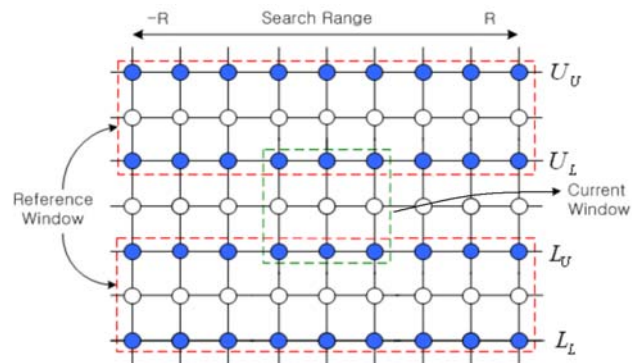


그림 4 DOI 알고리즘  
Fig. 4. Illustration of the DOI algorithm

그림 4에서 나타낸 DOI 알고리즘은 식(7)와 식(8)을 통해 현재 영역과 주변 참조 영역의 상관정도를 찾게 되며 식(9)와 식(10)을 이용하여 상, 하위 공간 방향 벡터를 찾게 된다.<sup>[7]</sup> 이때 공간 방향 벡터를 찾기 위하여  $3 \times 2$  윈도우를 사용하고 탐색 영역 R은 16으로 제한한다.

$$sdv_U = \operatorname{argmin} S_U(k), \quad -R \leq k \leq R \quad (11)$$

$$sdv_L = \operatorname{argmin} S_L(k), \quad -R \leq k \leq R \quad (12)$$

$$S_U(k) = \sum_{j=-1}^1 (|U_L(i+j) - U_U(i+j+k)|^2 + |L_U(i+j) - U_L(i+j+k)|^2) \quad (9)$$

$$S_L(k) = \sum_{j=-1}^1 (|U_L(i+j) - L_U(i+j+k)|^2 + |L_U(i+j) - L_L(i+j+k)|^2) \quad (10)$$

$sdv_U$ 와  $sdv_L$ 는 현재 화소를 중심으로 연관성이 있어야 하기 때문에 서로 반대 방향을 가져야 하며 그 크기는 거의 유사해야 한다. 그러므로  $sdv_U$ 와  $sdv_L$ 의 합은 0에 가깝다. 이 조건에 부합될 경우 찾아낸 공간 방향 벡터를 식(13)과 식(14)를 이용하여 상, 하위 참조열의 위치를 구하고 식(15)을 통하여 현재 화소값을 보간한다.

$$i_U = \frac{sdv_U}{2} \tag{13}$$

$$i_L = \frac{sdv_L}{2} \tag{14}$$

$$x(i) = \frac{U_L(i+i_U) + L_U(i+i_L)}{2} \tag{15}$$

만일 상, 하위 공간 방향 벡터가 현재 화소값과 연관성이 떨어진다면 방향의 정밀도가 낮아지기 때문에 복잡한 영역

이나 방향성이 거의 없는 평탄한 영역으로 판단하여 수직 방향으로 평균을 취한다.

### III. 제안하는 방향성 오류 교정을 위한 투표 결정 기반의 디인터레이싱 방법

제안하는 방법은 M-ELA와 DOI의 장점을 살리면서 두 방법의 단점을 보완하기 위하여 투표 결정을 이용한 디인터레이싱 방법인 VDD이다. 기존 예지 기반 알고리즘은 수평 성분이 강한 예지일 경우 정밀도가 떨어지고 규칙적인 예지 영역일 경우는 잘못된 예지 방향 선택 확률이 높다. 따라서 이 문제점을 보완하기 위하여 그림 5에 나타난 순서 단계에 따라 예지 방향성 오류 교정을 한다. 먼저 1단계에서 예지 오류 선택 가능성이 큰 영역을 찾아낸다. 2단계와 3단계는 투표 결정 방법을 통해 오류를 최소화 시킨다. 마지막 4단계

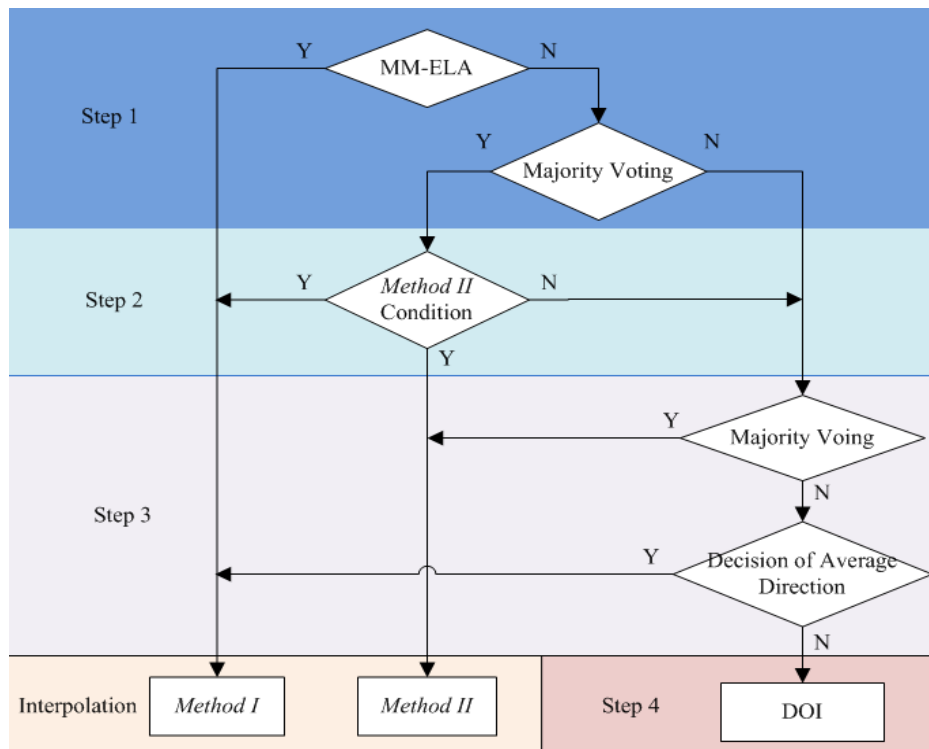


그림 5. 제안하는 VDD방법의 전체 순서도  
 Fig. 5. Block Diagram of proposed VDD algorithm

는 1, 2와 3단계에서 보간하지 못한 수평 방향성분에 대한 에지를 DOI를 통해 탐색하여 점진적으로 보간하게 된다.

제안하는 VDD는 단계별 수행 시에 화소값이 결정될 경우 다음 보간 화소의 방향성 참조로 이용되며 화소값이 결정되지 않았을 경우는 상 혹은 상, 하위 참조열을 이용하여 보간한다. 따라서 본 논문에서는 화소값과 방향성이 결정된 화소는  $\alpha$ , 화소값 미결정 및 방향성 결정이 된 화소는  $\beta$ , 화소값과 방향성 모두 미결정된 화소는  $\gamma$ 로 표기하였다.

1. 1단계 Modified M-ELA (MM-ELA)

M-ELA의 3가지 방향성분(P, Q, V)을 이용하여 화소값을 보간한다. 하지만 그림 3에서 나타낸 바와 같이 P와 Q의 차분치에 대한 상관정도가 유사할 경우 잘못된 에지 방향을 선택할 확률이 커지게 된다. 따라서 식(16)으로 결정된 방향과 아래의 조건을 이용하여 화소값을 결정하고 거짓 에지 의심영역을 검출하여 2단계의 보간 여부를 판정한다.

$$D(i) = Dmin(P_i, Q_i, V_i) \tag{16}$$

<p>Case (<math>D(i) \equiv D_P</math>):</p> <p><math>IF( P_i - Q_i  &gt; T_2) \rightarrow Method I</math></p> <p><math>Else IF( P_i - Q_i  &lt; T_2) \rightarrow \begin{cases} D(i) = D_P &amp; T_1 &lt;  P_i - Q_i  &lt; T_2 \\ x(i) = NULL &amp; T_1 &lt;  P_i - Q_i  &lt; T_2 \end{cases}</math></p> <p>Case (<math>D(i) \equiv D_Q</math>):</p> <p><math>IF( Q_i - P_i  &gt; T_2) \rightarrow Method I</math></p> <p><math>Else IF( Q_i - P_i  &lt; T_2) \rightarrow \begin{cases} D(i) = D_Q &amp; T_1 &lt;  Q_i - P_i  &lt; T_2 \\ x(i) = NULL &amp; T_1 &lt;  Q_i - P_i  &lt; T_2 \end{cases}</math></p> <p>Case (<math>D(i) \equiv D_V</math>): <math>Method I</math></p>
---

D는 보간 화소 위치의 상관정도를 나타내는 P, Q, V 중 상관정도가 가장 높은 방향성분을 나타낸다. 조건에서 나타낸 Method I은 P 방향과 Q 방향의 상관정도가 서로 다를 때 식(16)에서 결정된 D 방향성분에 따라 식(17)를 통해  $\alpha$ 를 결정한다. 만일 P 방향과 Q 방향의 상관정도가 유사할 경우 잘못된 에지 방향성 판단으로 인한 화소 결정으로 화질 열화의 우려가 있기 때문에 조건에 따라  $\beta$ 와  $\gamma$ 를

결정한 후 2단계에서 처리하게 된다. 화소값 결정 조건인 문턱값  $T_1, T_2$ 는 원본 방향과 M-ELA로 결정된 방향 일치율, 그리고 3단계 이전 복원율을 토대로 서로 다른 영상 특성을 가진 시퀀스들을 실험하여 3과 39로 결정하였다.  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 2단계 과정에서  $\beta$  혹은  $\gamma$  화소를 결정하기 위한 상, 하위 방향성 참조열로 사용되며  $\beta$ 와  $\gamma$  화소는 2, 3단계 과정에서  $\alpha$  화소로 결정될 때까지 지속적으로 갱신된다. 그림 6은 MM-ELA 알고리즘을 나타낸다.

※ Method I measurement

$$x(i) = \begin{cases} Case I (D(i) \equiv D_P): \begin{cases} \frac{U(i)+L(i)}{2} & C(0) < C(-1) \\ \frac{U(i-1)+L(i+1)}{2} & C(0) > C(-1) \end{cases} \\ Case II (D(i) \equiv D_Q): \begin{cases} \frac{U(i)+L(i)}{2} & C(0) < C(1) \\ \frac{U(i+1)+L(i-1)}{2} & C(0) > C(1) \end{cases} \\ Case III (D(i) \equiv D_V): \frac{U(i)+L(i)}{2} \end{cases} \tag{17}$$

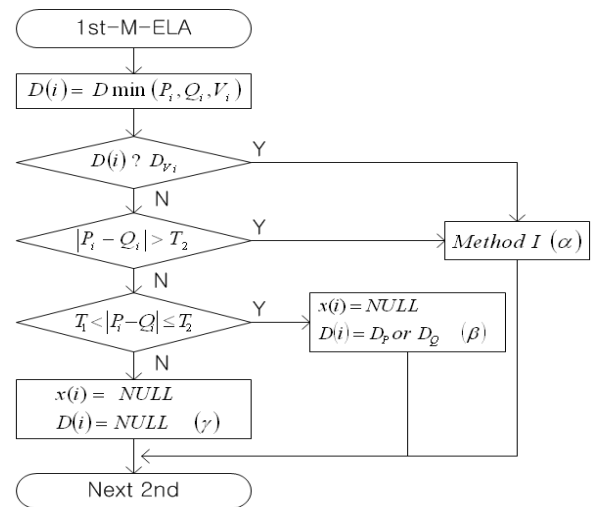


그림 6. 거짓 에러 판정을 위한 1단계 MM-ELA 순서도  
Fig. 6. Block Diagram of the 1st MM-ELA for false error decision

2. 2단계 다수결 투표 결정 방법

MM-ELA과정에서 화소값 보간 판정이 애매한  $\beta$ 와  $\gamma$  화소들을 그림 7에서 제시한 이전에 판정된 상위 화소  $\alpha$ 와  $\beta$ 들의 방향성분을 이용하여 다수결 투표 결정 방법을 통해

갱신하는 2단계 과정이다. 각  $D_P, D_Q, D_V$  방향성분은  $D_P$  ( $90^\circ \sim 135^\circ$ ),  $D_Q(45^\circ \sim 90^\circ)$ ,  $D_V(90^\circ)$  특성을 갖는다.

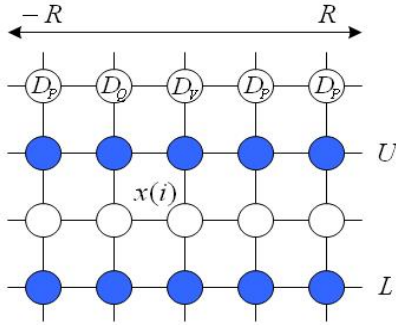


그림 7. 상위 참조열 정보를 이용한 투표 결정 방법  
Fig. 7. Voting method using information of the upper reference line

먼저 참조가 될 상위 화소들의 방향성  $D_P, D_Q, D_V$  개수를 조건 1과 같이 카운팅하여 방향을 선택한다.(R=3)

```

for(r = -2; r <= 2; r++)
{
    if( $D_V(i+r) == D_P$ )
         $Cnt_P++$ ;
    else if( $D_V(i+r) == D_Q$ )
         $Cnt_Q++$ ;
    else if( $D_V(i+r) == D_V$ )
         $Cnt_V++$ ;
}
    
```

조건 1. 상위 참조열의 동일 방향 카운팅

$Cnt_P, Cnt_Q, Cnt_V$ 는 해당 참조열의  $D_P, D_Q, D_V$  개수를 의미하고  $D_V$ 는 상위 참조열에 위치한 화소 방향을 나타낸다.  $r$ 은  $-R < r < R$  범위를 만족해야 한다. 이때 참조될 상위 보간 화소 5개의 방향성이 4개 이상 동일하다면 보간될 화소  $x(i)$ 가 갖는 방향성의 범위는  $D_Q$ 의 경우  $45^\circ \sim 63^\circ$ 이며  $D_P$ 의 경우  $117^\circ \sim 135^\circ$ 로 한다. 이 경우 Method II, 식(18)을 통하여 화소값 및 방향성을 결정한다. 남은 범위는  $D_P, D_Q, D_V$ 의 각 동일 방향성분이 3개 이하로 뒤섞인 부분이 된다. 여기서 주의할 점은 1, 2단계에서 결정된 화소

들이 3단계로 넘어가기 이전에 최소 75%이상 방향성을 확보해 주어야 다음 다수결 투표 결정 방법을 사용할 때 정확한 에지 방향을 추측할 수 있다.

※ Method II measurement

$$x(i) = \begin{cases} \text{Case I } (D(i) \equiv D_P): \\ \left\{ \begin{array}{l} \frac{U(i-1)+L(i+1)}{2} \text{ If } (|U(i-1)-L(i+1)| < T_3) \\ \text{Method I} \text{ Otherwise} \end{array} \right. \\ \text{Case II } (D(i) \equiv D_Q): \\ \left\{ \begin{array}{l} \frac{U(i+1)+L(i-1)}{2} \text{ If } (|U(i+1)-L(i-1)| < T_3) \\ \text{Method I} \text{ Otherwise} \end{array} \right. \\ \text{Case III } (D(i) \equiv D_V): \\ \left\{ \begin{array}{l} \frac{U(i)+L(i)}{2} \text{ If } (V < T_4) \end{array} \right. \end{cases} \quad (18)$$

동일 방향성분이 3개가 존재할 경우  $D_Q$ 의 범위는  $63^\circ \sim 81^\circ$ ,  $D_P$ 의 범위는  $99^\circ \sim 117^\circ$ 가 된다. 이는 동일 방향성분이 4개 이상 존재할 경우보다 V방향에 영향을 받을 가능성이 커지게 된다. 따라서 동일 방향성이 3개인 경우는 현재 화소의 방향성이 불분명하므로 화소 보간은 3단계인 상, 하위열 방향성 참조단계로 맡기게 되지만 다음 열의 방향성 참조로 사용하거나 3단계에서 참조로 사용하기 위하여 그림 8과 같이 3가지 조건에 따라 방향성을 결정한다.

- Case I :  $D(i) = D_P, x(i) = NULL$
- Case II :  $D(i) = D_Q, x(i) = NULL$
- Case III:  $D(i) = D_V, x(i) = NULL$

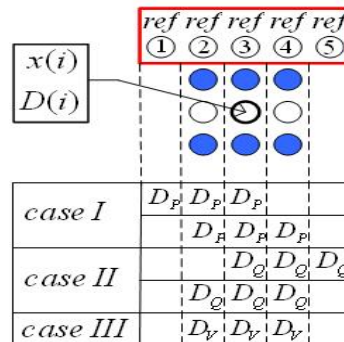


그림 8. 동일 방향성분이 3개 존재할 경우 조건  
Fig. 8. Conditions of the current pixel's decision for same directions

그림 8에서 제시한 3가지 조건은 현재 화소가 주변 에지 방향들에 의해 영향을 받을 수 있는 경우로 현재 화소 방향 성분  $D(i)$ 는 조건에 따라 다수 득표를 얻은 방향으로 결정된다. ( $\beta$  또는  $\gamma \rightarrow \beta$ ) 참조 열의 동일 방향성분이 3개지만 위 조건에 만족하지 않거나 2개 이하일 경우는 각  $D_p, D_Q, D_V$  방향성분들이 고르게 분포되어 있는 경우로 복잡한 영역이거나 평탄할 영역, 혹은 수평성분이 강한 얇은 에지 영역일 수 있으며 5개 방향의 평균은  $90^\circ$ 에 더욱 가까워진다. 따라서 이러한 경우 해당 화소의 방향성분을  $D_V$ 로 결정한다. ( $\gamma$ ) Method II는 동일 방향성분의 개수가 4개 이상인 경우에 사용하며 이는 5개 상위 참조 화소들의 방향성 평균이 동일 방향성 3개 이하인 경우 보다  $45^\circ$ 에 가깝다. 따라서 화소값을 보간할 때 Method I와 같이 수직, 대각 방향 동시 고려가 아닌 대각 방향을 우선시하여 고려하게 되며 조건 불만족일 경우 Method I를 이용한다.  $T_3$ 는 대각 방향에 대한 상관정도를 나타내는 문턱값이 된다. 결국 참조 열 동일 방향성분이 4개 이상일 경우는 ( $\beta$  또는  $\gamma \rightarrow \beta$ ), 동일 방향성분이 3개일 경우는 ( $\beta$  또는  $\gamma \rightarrow \beta$  또는  $\gamma$ ), 2개 이하이면 ( $\beta$  또는  $\gamma \rightarrow \gamma$ )가 된다. 2개 이하일 경우 방향성분을  $D_V$ 로 택하였지만 다음 열의 참조로 사용되거나 3단계에서 이용하기 위한 임시적 결정일 뿐 실질적인 영역

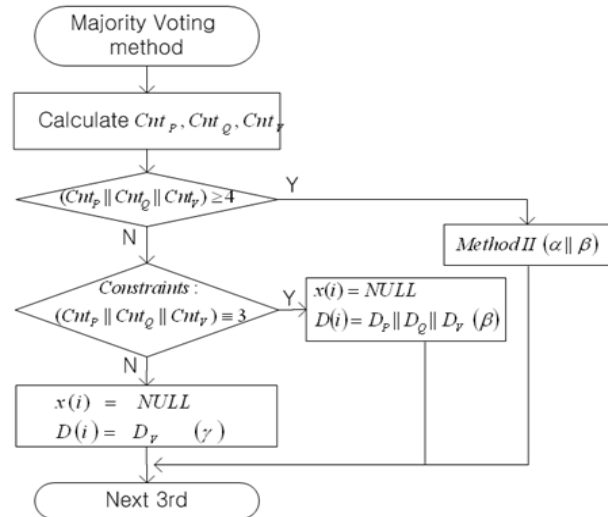


그림 9. 다수결 투표 결정 방법을 이용한 2단계 순서도  
Fig. 9. Block Diagram of the 2nd step majority voting method

특성 판단이 불분명하기 때문에  $\beta$ 가 아닌  $\gamma$ 성분이며 따라서 상위 참조 성분이  $D_V$ 가 많을 시에는 평탄지역 판별여부 문턱값  $T_4$ 에 따라 수직 방향 화소값 보간이 결정된다.  $T_3$ 는 실험치로 정하였으며  $T_4$ 는 4단계 DOI에서 사용한 문턱치 값을 이용하였다. 2단계 다수결 투표 결정 방법의 순서도는 그림 9에 나타내었다.

### 3. 3단계 다수결 투표 결정 방법을 이용한 방향성 평균 결정방법

화소값이 결정되지 못한 화소  $\beta$ 와  $\gamma$ 는 그림 10와 같이 상, 하위 열을 참조로 하여 조건에 따라 화소값을 결정짓는다. 2단계는 화소값 결정을 위한 참조열로 상위 열만 사용하기 때문에 에지 영역에 대한 정밀도가 다소 떨어질 수 있으나 3단계 상, 하위 열을 참조로 주변영역의 방향성을 파악하여 현재 화소를 보간하거나 방향성 결정 및 갱신을 하기 때문에 잘못된 에지 선택 가능성을 줄일 수 있다. 하지만 그림 7과 같이 참조 화소 위치별 방향 결정 조건은 많아지게 된다. 따라서 복잡도를 줄이기 위해 동일 방향성분의 개수가 8개 이상인 경우는 Method II를 이용하지만 7개 이하인 경우 참조 화소들의 방향성 평균을 이용한다. 먼저 참조 열에 속한 화소들의 동일 방향성분( $D_p, D_Q, D_V$ )을 조건 2를 통해 카운팅하여 방향을 선택한다.

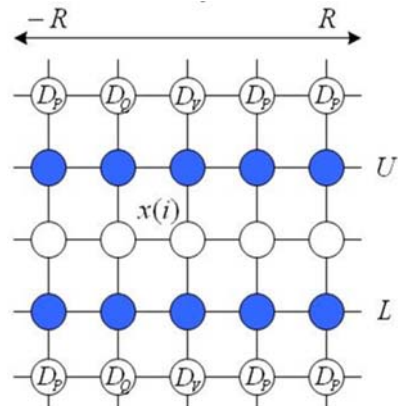


그림 10. 상, 하위 참조열 정보를 이용한 투표 결정 방법  
Fig. 10. Voting method using information of the upper and lower reference line



```

for(r = -2; r <= 2; r++)
{
  if((DV(i+r) == DP) || (DL(i+r) == DP))
    CntP++;
  else if((DV(i+r) == DQ) || (DL(i+r) == DQ))
    CntQ++;
  else if((DV(i+r) == DV) || (DL(i+r) == DV))
    CntV++;
}
    
```

조건 2. 상 하위 참조열의 동일 방향 카운팅

$D_V$ 는 상위 참조열에 위치한 화소 방향을 나타내고,  $D_L$ 은 하위 참조열에 위치한 화소 방향을 나타낸다. 카운팅 완료 후 동일 방향성분 개수가 7개 이하가 되면 식(19)을 이용하여 평균 방향성을 구한다. 이후 평균값이 조건 3에 나타난 해당 방향 영역별 조건에 부합할 경우 Method I을 통해 보간한다. 그림 11은 다수결 투표 결정 방법을 이용한 방향성 평균 결정 방법의 순서도이다.

$$Grad = \frac{(45 \times Cnt_Q) + (135 \times Cnt_P) + (90 \times Cnt_V)}{(Cnt_Q + Cnt_P + Cnt_V)} \quad (19)$$

```

Case (D(i) ≡ DQ):
  IF(Grad ≤ 63) → use Method I to DQ-Direction
  ELSE → D(i) = DV, x(i) = NULL

Case (D(i) ≡ DP):
  IF(Grad ≥ 117) → use Method I to DP-Direction
  ELSE → D(i) = DV, x(i) = NULL

Case (63 < Grad < 117): D(i) = DV, x(i) = NULL
    
```

조건 3. 참조 방향성 평균에 대한 영역별 조건

3단계에서 보간하지 못한 화소( $\beta \parallel \gamma$ )는 평탄한 영역이나 수평성분이 강한 얇은 에지 영역일 수 있다. 따라서 4단계 수평 방향성분을 검출할 수 있는 4단계 DOI 과정을 이용하여 최종 화소를 보간한다.

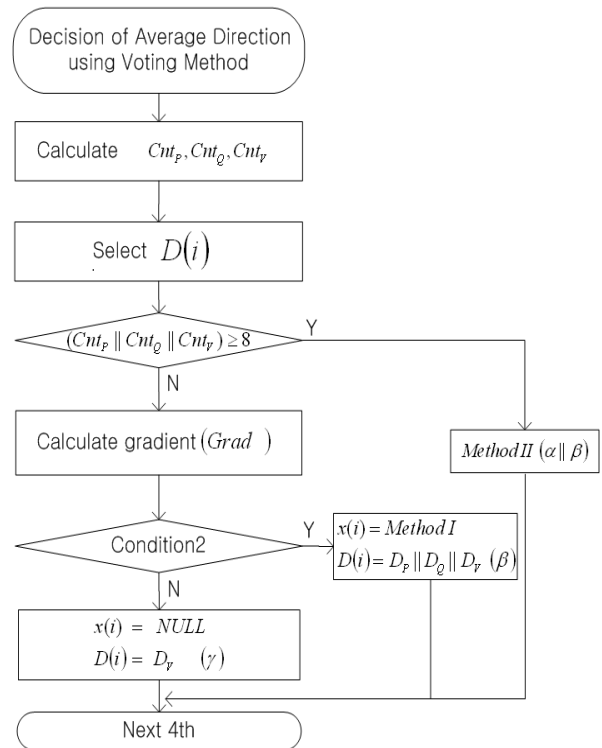


그림 11. 3단계 방향성 평균 결정 방법 순서도

Fig. 11. Block diagram of 3rd step directional average decision

#### 4. 4단계 수평 성분을 고려한 DOI 방법

3단계에서 결정되지 못한 화소  $\beta, \gamma$ 들은 좀 더 다양한 방향성을 고려해 최종 보간하게 된다. DOI는 하나의 프레임 생성하기 위하여 많은 계산량이 요구되고 또한 복잡한 에지 영역과 특히 규칙적인 얇은 스트라이프 에지 영역에 취약한 단점이 있었다. 하지만 1단계부터 3단계 과정을 통해 앞의 취약한 영역을 개선하고 보간되지 못한 얇은 수평 에지 의심 영역에 대하여 DOI를 수행하기 때문에 한 프레임 내에 계산량을 줄일 수 있다. 이때 영역의 범위는  $R = 16$ 으로 사용한다.<sup>[7]</sup> 단, 평탄영역 상관정도를 나타내는 DOI에서 제시한 V의 문턱값( $T_5$ )은 작을수록 수평 에지를 잘 검출할 수 있으나 복잡한 영역에서는 취약하기 때문에 80으로 수정하였다.

### IV. 실험결과

실험 영상은  $256 \times 256$ ,  $512 \times 512$ ,  $2048 \times 2048$  크기의 다양한 표준 영상으로 실험을 하였다. 문턱값  $T_1=3$ ,  $T_2=39$ ,  $T_3=20$ ,  $T_4=10$ 으로 실험 결과로 결정하였다  $T_1$ 과  $T_2$ 는 그림 12과 그림 13에서 나타난 바와 같이 3단계 보간 이전 전체 보간 화소 중 75%이상의 복원율을 유지하면서 45%이상의 방향 일치율을 유지하는 값으로 정하였다. 방향 일치율이 45%로 낮게 나온 이유는 화소변화가 작은 영

역에서 잘못된 방향 판단으로 때문이다. 하지만  $3 \times 2$ 원도 우 내에서 평활한 영역은 잘못된 방향에 따른 화소 보간이 전체 주관적 화질에는 큰 영향을 미치지 못한다. 그림 14-18은 다양한 예지경향 특성을 갖는 영상들을 토대로 예 지기반 평균 알고리즘들 및 DOI의 결과를 제안하는 알고리즘의 결과와 주관적 화질을 비교한 것이다. 제안한 방법이 기존 방법들보다 화소보간 방향에 대한 정밀도가 우수함을 살펴볼 수 있다.

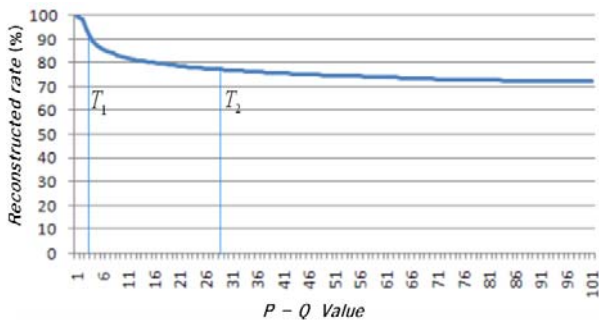


그림 12. 복원 확률 (X축:P-Q 유사도, Y축:복원률(%))  
Fig. 12. Reconstructed probability

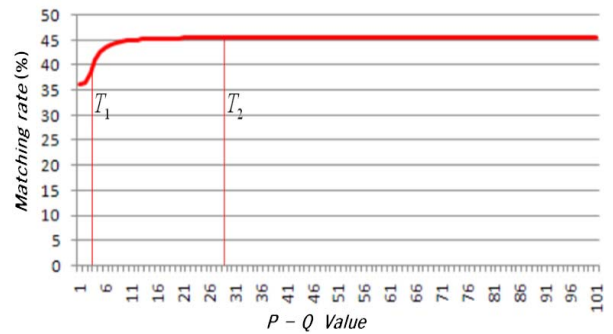


그림 13. 방향일치 확률(X축:P-Q 유사도, Y축:방향일치율(%))  
Fig. 13. Probability of direction match

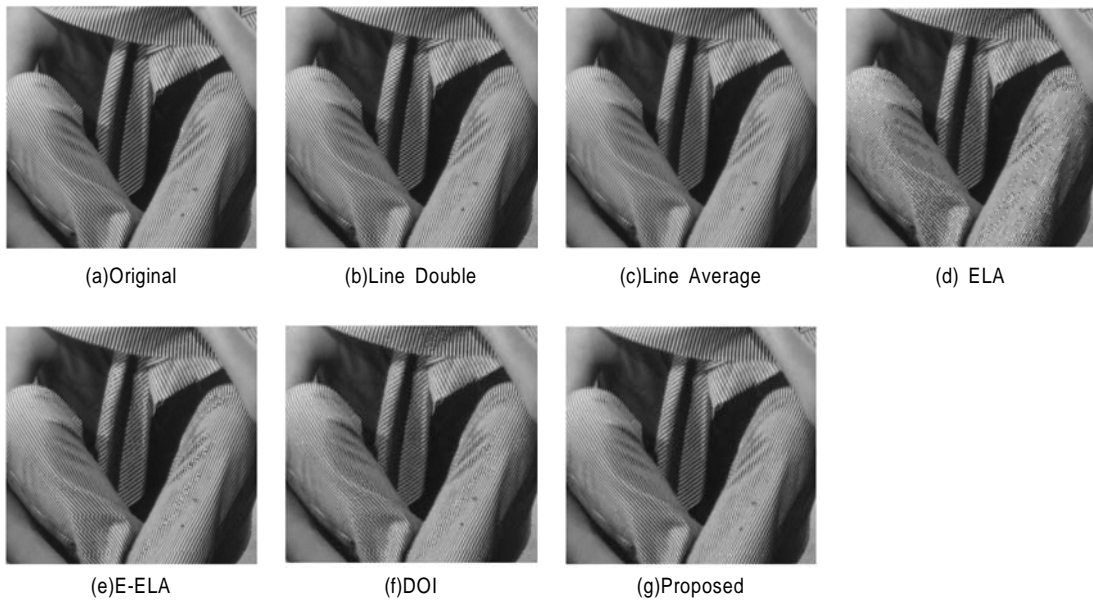


그림 14. Barbara 확대영상  
Fig. 14. Zoomed results of Barbara image

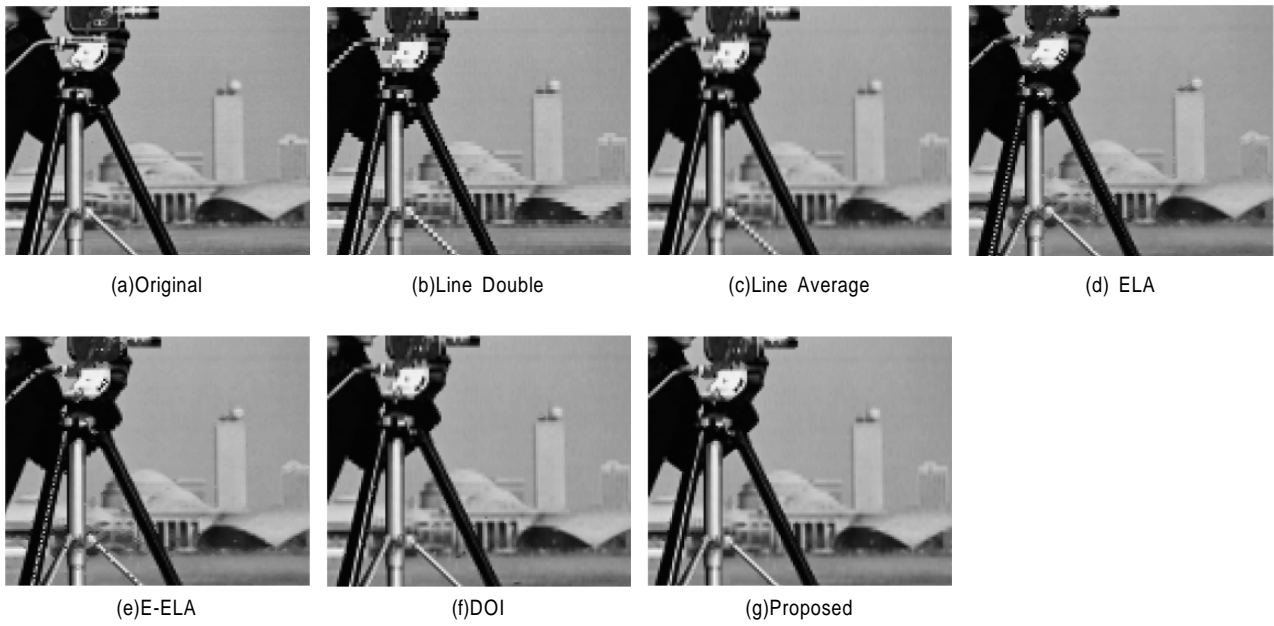


그림 15. Cameraman 확대영상  
 Fig. 15. Zoomed results of Cameraman image

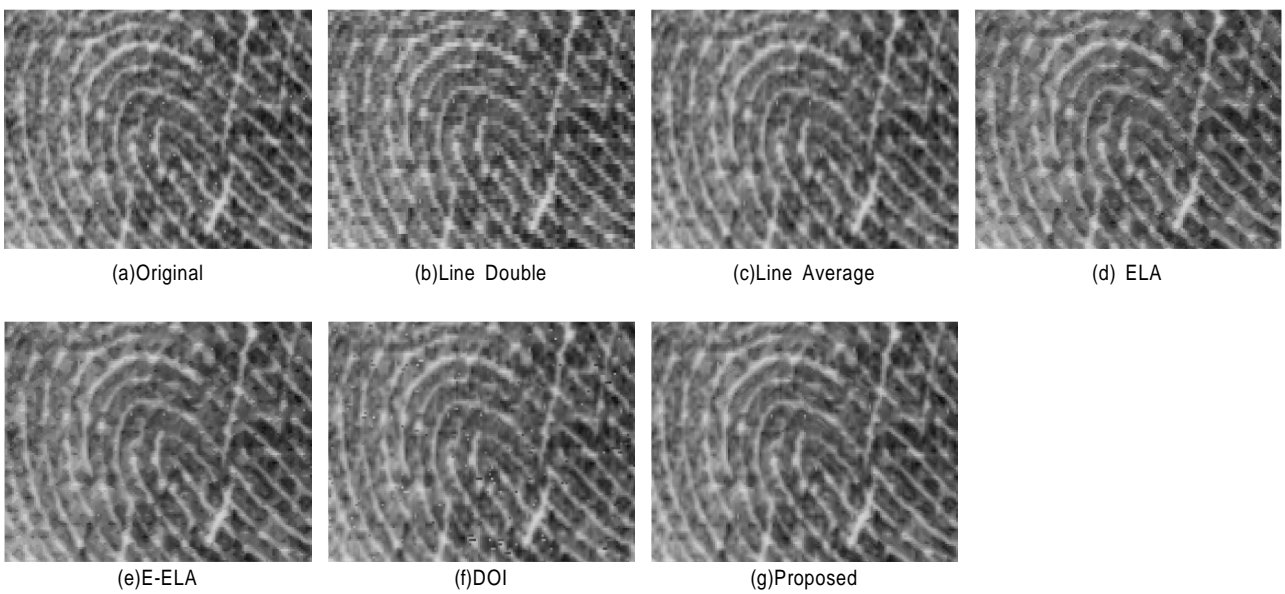


그림 16. Finger 확대영상  
 Fig. 16. Zoomed results of Finger image

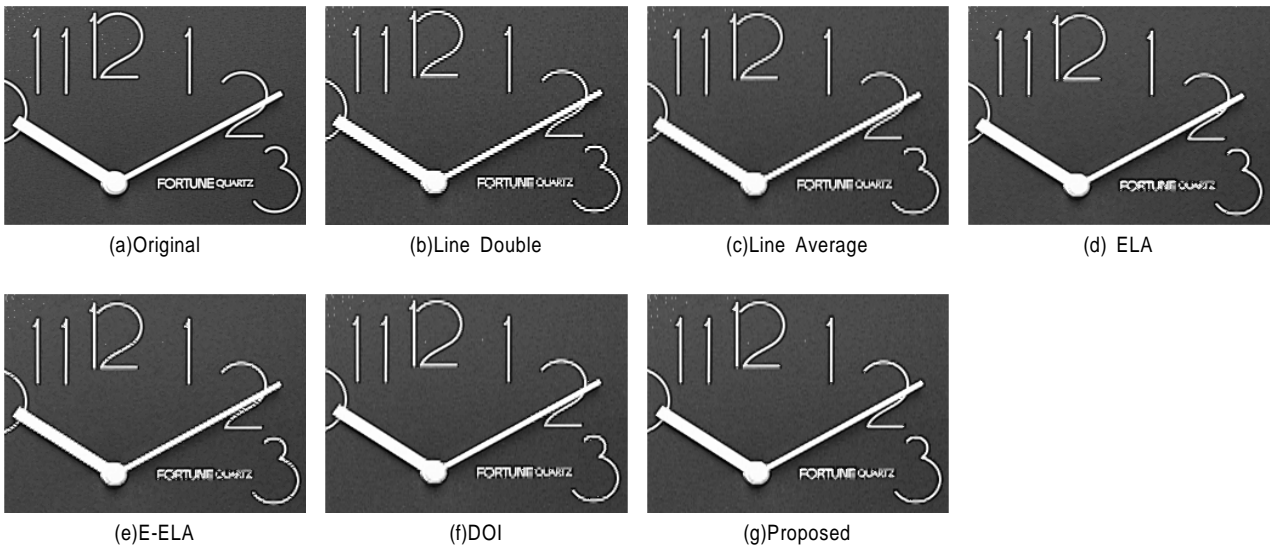


그림 17. Bike 일부 확대영상  
Fig. 17. Zoomed results of a part of Bike image

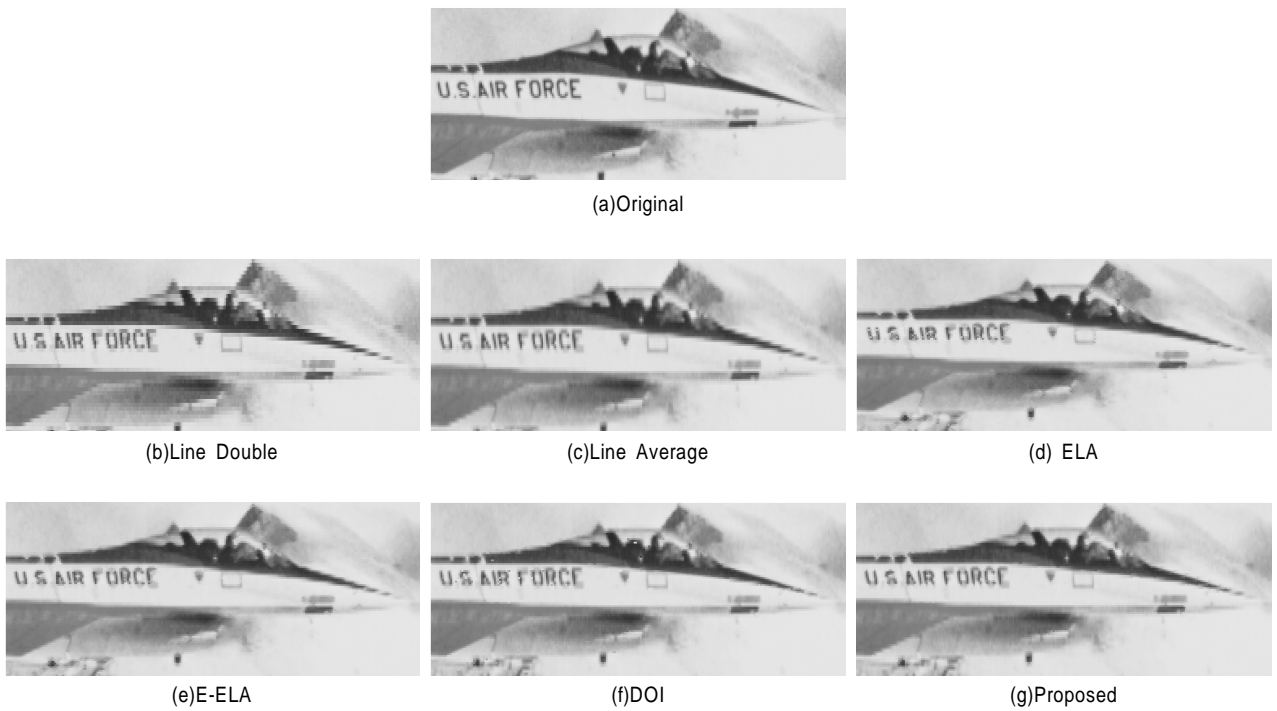


그림 18. Airplane 확대영상  
Fig. 18. Zoomed results of Airplane image

표 1은 다양한 정지 영상들에 대하여 LD(Line Doubling), LA(Line Average), ELA, E-ELA, DOI, 그리고 제안된 방법을 수치적으로 비교하기 위하여 Peak signal-to-noise ratio (PSNR)을 이용하였다. 위 실험 결과에 따라 제안된 방법이 기존 인트라 방식보다 0.83 ~ 2.06 dB정도 개선되었으며, 주관적 화질 또한 우수함을 알 수 있다. 특히 규칙적인 얇은 에지가 많이 존재하는 영역에서 잘못된 방향선택을 줄여주는 효과를 나타낸다.

표 1. 각 방법들의 PSNR을 통한 성능 비교

Table 1. Performance comparison in PSNR for deinterlacing algorithms

	LD	LA	ELA	E-ELA	DOI	VDD
airplane 512x512	30.04	35.44	33.93	34.25	35.02	35.22
barbara 512x512	27.32	32.19	25.18	30.48	29.38	33.19
bike 512x512	20.64	24.96	26.61	25.56	28.49	28.24
lena 512x512	33.63	39.14	37.80	38.47	39.16	39.45
cameraman 256x256	26.15	29.47	27.97	28.44	29.67	29.76
lighthouse 512x512	25.82	28.89	27.94	28.33	28.97	28.84
finger 512x512	24.75	31.82	28.95	29.48	29.04	31.17
bridge 512x512	24.96	28.06	26.95	27.32	27.83	27.92
mit 512x512	30.68	38.39	36.59	36.98	37.30	37.64
baboon 512x512	22.10	24.20	23.62	23.84	24.10	24.15
couple 512x512	28.60	32.06	30.90	31.31	31.99	31.97
man 1024x1024	30.01	34.11	33.11	33.58	34.09	34.21
clown 512x512	35.60	37.71	35.60	36.36	37.44	37.55
crowd 512x512	29.14	34.10	33.18	33.45	33.87	34.04
seismic 512x512	33.35	40.54	39.97	40.01	40.14	40.54
gold 720x586	30.53	33.66	32.72	33.01	33.58	33.63
aerial 512x512	25.21	29.25	28.32	28.67	29.12	29.30
boat 720x580	31.09	36.18	34.01	34.69	35.58	36.04
Bike_2048 2048x2048	23.63	27.34	27.07	26.78	27.90	28.17
average	28.07	32.50	31.07	31.63	32.25	32.69

표 2. DOI 대비 각 방법들의 복잡도 비교

Table 2. Complexity comparison of DOI with deinterlacing algorithms

	LD	LA	ELA	E-ELA	VDD
△ Time(%)	-99.91	-99.79	-98.91	-99.48	-89.45

표 2는 복잡도가 높은 DOI와 비교하여 기존 디인터레이싱 방법 및 VDD의 평균 시간을 측정하였다. 제안하는 방법은 DOI에 비하여 89.45%의 복잡도를 감소 효과를 얻을 수 있으나 연산량이 적은 에지 기반 인트라 디인터레이싱 방법 및 LA와 LD에 비하여 복잡도가 높다는 것을 확인할 수 있다.

## V. 결론

본 논문은 주변 방향정보를 통해 잘못된 에지방향 선택을 줄이기 위한 디인터레이싱 방법인 VDD를 제안하였다. 기존 ELA 방법들에서는 거짓 에지 방향의 화소 보간에 따르는 화질 열화를 피할 수 없었다. 제안하는 방법은 상, 하 위 열 화소의 상관정도와 주변 화소들의 방향성 참조를 이용하여 투표 결정 방법과 DOI 방법을 통해 수평적, 규칙적 에지 특성을 갖는 영역에 대한 에지 방향의 정확도를 높였다. 그 결과 이전 기술보다 주관적 및 객관적 화질이 향상되었다. 하지만 초기 참조 방향 및 화소보간의 판별 기준이 3×2 윈도우로 판별되기 때문에 여전히 초기 방향성 판단 기준과 수평 방향 에지 검출에 있어 정밀도가 섬세하지 않은 문제점을 여전히 안고 있다. 따라서 차후 보다 정확한 초기 방향성 고려와 함께 계조도 변화가 큰 영역의 정확한 에지 방향성 판단 및 계산량을 줄일 수 있는 디인터레이싱 연구가 요구된다.

## 참고 문헌

- [1] H.Hwang, "Interlaced to progressive scan converter for IDTV," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 38, pp135-144 August 1992.
- [2] Y.Y. Jung, B.T. Choi, Y.J. Park and S.J. Ko, "An Effective Deinterlacing Technique Using Motion Compensated Interpolation," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 46, no.3, Aug.2000
- [3] 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

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

[5] T.Chen, H. R. Wu, and Z. H. Yu, "An efficient edge line average interpolation algorithm for deinterlacing," in Proc. Visual communications and Image Processing, SPIE vol.4067, pp. 1551-1558, 2000

[6] Wonki Kim, Soonjong Jin, and Jechang Jeong, "Novel Intra Deinterlacing Algorithm Using Content Adaptive Interpolation," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol.53 Issue 3, pp 1036-1043, Aug.2007

[7] Hoon Yoo and Jechang Jeong, "Direction-oriented interpolation and its application to de-interlacing," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol.48, Issue 4, pp. 954-962, Nov.2002

[8] Min Kyu Park, Moon Gi Kang, Kichul Nam, and Sang Gun Oh, "New edge dependent deinterlacing algorithm based on horizontal edge pattern," IEEE Trans. Consumer Electronics Vol. 49, Issue 4, pp. 1508-1512, Nov. 2003

[9] Tak-Song Chong, Au, O.C., Wing-San Chau, Tai-Wai Chan, "A content adaptive de-interlacing algorithm," IEEE International Symposium on Circuits and Systems, pp 4923-4926, May 2005

— 저 자 소 개 —



오 세 훈

- 2007년 8월 : 광운대학교 전자통신공학과 졸업 공학사
- 2007년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 대학원 전자공학과 석사과정
- 주관심분야 : H.264/AVC, 차세대 비디오 부호화, 영상 처리



이 여 송

- 1996년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업 공학사
- 1999년 2월 : 광운대학교 전자공학과 공학석사
- 2007년 8월 ~ 현재: 광운대학교 전자공학과 박사 과정
- 주관심분야 : 방송 시스템, 비디오 압축



안 창 범

- 1981년 : 서울대학교 전자공학과 학사
- 1983년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
- 1986년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사
- 1987년 ~ 1991년 : 미국 University of California, Irvine 조교수
- 1992년 ~ 현재 : 광운대학교 전기공학과 교수
- Sylvia Sorkin Greenfield Award, 장영실상, 메디슨 의공학상, 광운대 Best Teacher 상, 게르베 학술상 등 수상
- 주관심분야 : 영상처리, 영상압축, 의학영상시스템, 다차원 생체신호처리 시스템

---

 저 자 소 개
 

---



## 오 승 준

- 1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1982년 2월 : 서울대학교 전자공학과 대학원 졸업(석사)
- 1988년 5월 : 미국 Syracuse University 전기/컴퓨터공학과 졸업(박사)
- 1982년 3월 ~ 1992년 8월 : 한국전자통신연구원 근무(멀티미디어연구실 실장)
- 1986년 7월 ~ 1986년 8월 : NSF Supercomputer Center 초청 학생연구원
- 1987년 5월 ~ 1988년 5월 : Northeast Parallel Architecture Center 학생연구원
- 1992년 3월 ~ 1992년 8월 : 충남대학교 컴퓨터공학부 겸임교수
- 1992년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학부 교수 (VIA-Multimedia Center 멀티미디어연구실)
- 2002년 3월 ~ 현재 : SC29-Korea 의장 및 MPEG Forum 부의장
- 주관심분야 : 비디오 데이터 처리, 비디오 코덱 시스템, 비디오 및 영상압축, 멀티미디어시스템