다각도의 에지 정보를 이용한 디인터레이싱
Deinterlacing Using Multi-Directional Edge Information

이 동 욱*, 강 문 봉**
Dong-Wook Lee*, Moon-Bong Kang**

요 약

디인터레이싱 방식은 일반적으로 화면 간 디인터레이싱과 화면 내 디인터레이싱으로 나뉜다. 화면 내 디인터레이싱에서 가장 보편적인 방식은 라인카피와 라인별 평균값을 취하는 선형적인 방식이다. 또한 ELA(Edge Based Line Average), ELA를 변형시킨 방식 등이 에지를 이용한 디인터레이싱 방식들이다. 하지만 선형적 보간법은 에지 블러링이나 계단현상을 발생시키고, ELA나 변형된 ELA를 이용한 방식은 특정방향에지 정보가 부족해서 다양한 형태의 에지 부분에서의 디인터레이싱이 좋지 못하다. 본 논문은 7방향의 에지 방향 보간법과 수평방향의 에지라인을 고려한 화면 내 디인터레이싱 방식을 소개한다. 기존 방식에서 나타나던 오브젝트의 계단현상을 최대한 줄여줌으로써 보다 낳은 화질을 보인다.

ABSTRACT

Deinterlacing methods are usually divided into inter-field deinterlacing and intra-field deinterlacing. The most common method of intra-field deinterlacing is the linear method which uses line doubling or line averaging. There are also some edge-enhancement methods such as ELA(Edge Based Line Average) and modified ELA. However, the linear interpolation generates edge blurring or staircase artifacts. The methods using ELA or modified ELA show poor deinterlacing at various types of edges because of insufficient edge information in a certain direction. This paper presents an intra-field deinterlacing algorithm that considers the interpolation based on edges in 7 directions and an edge line in the horizontal direction. It demonstrates better picture quality by reducing the staircase phenomenon of object in the conventional methods.

Keywords : Intra-Field Deinterlacing, ELA, modified ELA

I. 서 론

영상신호를 송신 또는 수신하는데 있어 고려해야할 중요한 요소 중 하나는 필요한 주파수 대역폭이다. 또한, 제한된 주파수 대역폭을 사용하여 가능한 높은 해상도를 얻는 것은 대단히 중요한 문제이다. 일반적으로 영상신호는 프로그레시브 방식과 인터레이스 방식 중 한 가지 방식으로 표현된다. 프로그레시브 방식은 영상 이미지의 화면 좌측 상단에서 우측 하단까지 순서대로 영상을 표시해주는 방식이고, 인터레이스 방식은 하나의 영상이미지를 홀수와 짝수, 두 필드로 나누어 처리하는 방식이다. 일반적으로 아날로그 TV는 주파수 대역폭이 작아 영상이미지를 홀수와 짝수 이미지 필드로 나눈다. 짝수 이미지 필드는 이미지 프레임의 짝수라인에 대한 신호를 홀수 필드는 이미지 프레임의 홀수 라인에 대한 신호를 갖는다. 영상신호를 송신할 때 두 개의 이미지는 시간차를 갖고 각각 송신되고, 수신 측에서는 두 이미지 필드를 합쳐서 하나의 영상 이미지 프레임을 형성하는 방식을 사용한다.

현재까지 대부분의 디지털 영상기기와 모든 아날로그 영상기기들은 주파수 대역폭의 장점을 가진 인터레이스 방식을 사용해 왔다. 하지만 LCD와 PDP TV와 같은 프로그레시브 방식을 가지는 디지털 영상기기들이 등장함에 따라 인터레이스 방식으로 구성된 영상을 출력하기 위해서 디인터레이싱의 필요성은 크게 대두되었다. 여기서 디인터레이싱이란 인터레이스된 영상을 프로그레시브 방식으로 변환해주는 기법이다. 인터레이스 영상은 에지의 계단현상과 수평라인이 고르지 않은 단점이 있다. 따라서 작은 주파수 대역폭을 사용하면서 빠르고 선명한 화질을 갖는 영상신호를 만드는 것을 주 목적으로 하는 효율적인 디인터레이싱 방식에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 디인터레이싱은 크게 화면 간 디인터레이싱 방식과 화면 내 디인터레이싱 방식으로 나뉜다. 또한 화면 내 디인터레이싱 방식은 다시 공간적 방식을 이용하는 방식과 에지를 탐색하여 디인터레이싱하는 에지기반 방식으로 나뉜다. 일반적으로 많이 사용되는 방식은 라인카피와 라인별 평균을 취하는 선형적이고 단순한 방식이다.

라인카피와 라인별 평균을 취하는 선형적인 디인터레이싱 방식은 에지 부분에서의 열화 현상으로 인해 에지의

* 동국대학교 전자전기공학과부 ** 동국대학교 대학원전기공학과
투고 일자 : 2009. 12. 7 수정완료일자 : 2010. 1. 27
게재확정일자 : 2010. 4. 29

표현이 좋지 않은 단점이 있다. ELA알고리즘[1,2]은 디인터레이싱에서 대표적으로 사용되고 있는 방식으로 구현이 용이하며 가격대비 성능이 좋은 방식이다. 하지만 세 가지 방향만을 기준으로 하여 에지 정보를 탐색하기 때문에 3방향 데이터가 같게나오는 경우에는 올바른 방향을 찾지 못하는 단점이 있어서 복잡한 영상의 디인터레이싱에서는 좋지 못한 성능을 보인다. E-ELA알고리즘[3,4,5]은 ELA알고리즘의 단점인 같은 데이터로 인하여 방향성을 찾지 못하는 단점을 보완하기 위하여 방향 가중치를 사용하여 방향성을 결정한다. 하지만 영상이미지에 따라서 ELA나 E-ELA의 성능이 크게 좌우된다. 특히 복잡하고 미세한 오브젝트가 많은 영상에서는 ELA나 E-ELA의 성능이 선형적인 방식으로 디인터레이싱한 것보다도 좋지 않은 경우가 발생할 수도 있다. 본 논문에서는 기존의 ELA 알고리즘의 단점을 보완한 디인터레이싱 방식을 제안한다. 제안하는 방식으로 디인터레이싱된 영상이미지는 계단 현상과 오브젝트의 부자연스러운 현상이 보정되어서 보다 낳은 화질을 보인다.

II. 본 론

2.1 Edge Based Line Average(ELA)

$$P(i,j) = \text{Average}\{P(i-1, j+k) + P(i+1, j-k)\} \quad (2)$$
$$\text{where } (-1 \le k \le 1)$$

디인터레이싱의 대표적이고 가장 널리 사용되고 있는 ELA알고리즘은 에지의 3가지 방향성을 고려하는 방식으로 좌에서 우로45도 각도, 우에서 좌로 45도 각도 그리고 90도 각도에 대한 에지 방향성을 결정하여 최적의 방향을 찾는 알고리즘이다. 그림 1 (a)와 같이 각각의 3가지 방향에 대하여 상하 픽셀 값을 합산하여 평균값을 취하는 방식으로 가장 유사한 정보를 찾고 해당되는 방향에 대한 픽셀의 합을 구하고 그의 평균값을 보간 값으로 사용하는 방식이다.

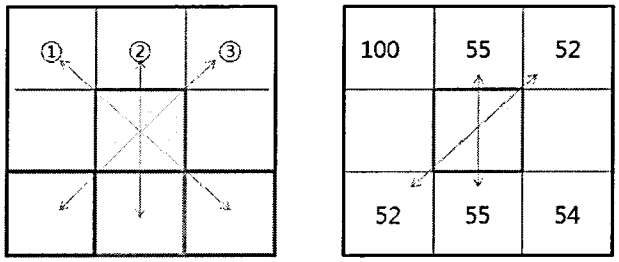

그림 1. (a) ELA 연산 방식 (b) ELA 연산 오류
Fig. 1. (a) ELA calculation (b) ELA calculation error

그림 1 (a)의 3 x 3 픽셀에서 정중앙에 위치한 픽셀 P(i , j) 값을 구한다고 생각하자. 그러면, 그림 1 (a)의 ① 은 P(i - 1,j - 1)이고 ② 는 P(i - 1, j) 그리고 ③ 은 P(i - 1, j + 1)로 표현할 수 있다. 화살표로 표시된 3 방향 각각에 대하여 다음 수식 (1)과 같은 방식으로 유사 값을 구하고 3가지 중에서 값이 가장 작은 값을 갖는 방향을 결정한다.

$$\begin{aligned} &①: P(i-1, j-1) - P(i+1, j+1) \\ &②: P(i-1, j) - P(i+1, j) \\ &③: P(i-1, j+1) - P(i+1, j-1) \end{aligned} \quad (1)$$

위와 같이 에지 방향을 탐지하게 되면 해당되는 에지 방향의 두 픽셀 값을 이용하여 다음 수식 (2)와 같이 평균을 취한다. where k = -1, 0 ,1

ELA알고리즘은 그림 1(b)에서 보는 것과 같이 두 방향에 대한 유사 값이 서로 같을 때 방향성을 결정하는 뚜렷한 기준이 없다는 단점이 있다. 따라서 영상을 디인터레이싱 한 후에 에지 부근에서 뜻하지 않은 노이즈가 발생할 우려가 매우 높다.

2.2 Enhanced Edge Based Line Average(ELA)

ELA알고리즘의 에지 방향 선택에 대한 단점을 보완한 방식들이 변형된 ELA알고리즘인데, 일반적으로 많이 사용되는 E-ELA알고리즘[3,4,5]을 살펴본다. E-ELA알고리즘의 윈도우 크기는 편의상 3 x 3이라고 가정한다. E-ELA알고리즘은 방향성의 기준을 잡기 위해 좌측 상단에서 우측 하단으로의 에지방향에 대한 가중치와 우측 상단에서 좌측 하단으로의 에지방향에 대한 가중치를 구하여 에지방향을 결정함으로써 ELA보다는 향상된 에지 탐색을 할 수 있다.

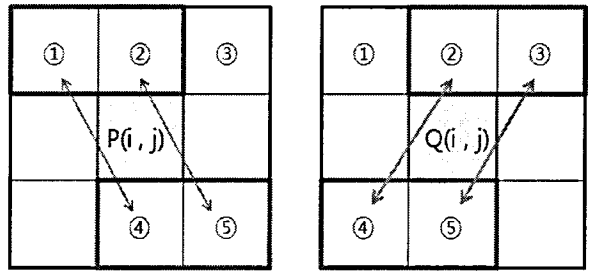

그림 2. (a) E-ELA연산방식(좌) (b) E-ELA연산방식(우)
Fig. 2 (a) E-ELA calculation(left) (b) E-ELA calculation(right)

그림 2 (a)에서 좌측 상단에서 우측 하단으로의 에지 방향을 결정하는 이격수치 값을 A, 그림 2 (b)에서와 같이 우측상단에서 좌측하단으로의 에지방향을 결정하는 이격 수치 값을 B라고 하자. A < B일 경우에는 좌측상단에서 우측하단으로 에지방향을 결정한다. A > B일 경우에는 우측상단에서 좌측하단으로 에지방향을 결정한다. 만약 A = B일 경우에는 위의 그림 1과 같은 방식으로 3가지 방향성에 대해서 유사도를 측정하여 에지방향을 결정한다. 이격수치 A , B값을 결정하는 방식은 다음 수식 (3) 과 같다.

$$\begin{aligned} &A: |P(i-1, j-1) - P(i+1, j)| + |P(i-1, j) - P(i+1, j+1)| \\ &B: |Q(i-1, j) - Q(i+1, j-1)| + |Q(i-1, j+1) - Q(i+1, j)| \end{aligned} \quad (3)$$

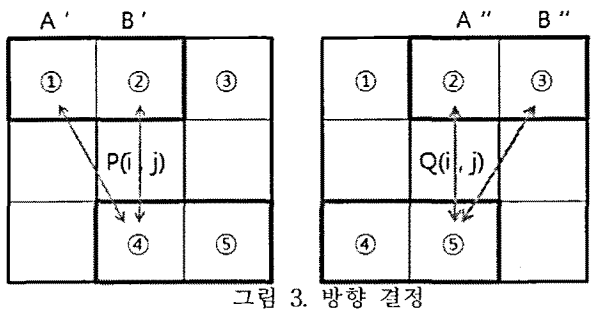

그림 3. 방향 결정

Fig. 3. Direction Decision

A > B 일 경우에는 에지의 기준 방향은 그림 2(b)와 같이 우상에서 좌하로 향한다. 에지의 수직성분과 에지의 45도 각도 중에서 최종적인 에지의 방향을 결정하기 위하여 수식(4)를 이용하여 그림 3(b)와 같이 B방향에서의 최종적인 에지의 방향을 결정한다.

$$A'': Q(i-1, j) - Q(i+1, j)$$
$$B'': Q(i-1,\ j+1) - Q(i+1,\ j) \quad (4)$$

A < B일 경우에는 에지의 기준방향은 그림 2 (a)와 같이 좌측 상단에서 우측 하단으로 결정되고, 최종적인 에지의 방향은 다음 수식 (5)와 같은 연산을 통하여 그림 3(a)와 같이 A방향에서의 최종적인 방향을 결정하게 된다.

$$A': P(i-1, j-1) - P(i+1, j)$$
$$B': P(i-1,\ j) - P(i+1,\ j) \quad (5)$$

A = B인 경우에는 수식 (1)을 이용하여 3가지 방향에 대한 에지의 방향을 판단한 후 결정된 방향을 따라서 두 개의 픽셀 값을 합산하고 평균을 취하여 보정 값을 결정하게 된다. ELA의 방향 결정의 오류를 보정하기 위한 알고리즘이 E-ELA지만 여전히 ELA와 마찬가지로 수평 방향을 고려하지 않았고, 영상이미지에 따라서는 주관적인 화질 또는 객관적인 수치인 PSNR이 기존의 ELA보다 좋지 못한 결과를 보일 때도 있다.

2.3 제안한 디인터레이싱 방식

기존 선형방식이나 ELA알고리즘을 이용한 디인터레이싱 방식은 영상이미지에 따라서 에지 부근에 계단현상이 발생하고, 화질 열화가 심하게 발생한다. 그리고 ELA알고리즘을 수정한 E-ELA알고리즘은 윈도우 크기를 상대적으로 크게 하여 에지성분을 찾기 때문에 단순하고 직선적인 오브젝트가 많은 이미지에서는 만족할만한 성능을 보이지만 이미지가 복잡할 경우에는 오히려 이미지 오브젝트에 대한 연관성을 낮게 만들어서 주관적인 화질을 크게 손상시킬 수 있다. 제안하는 방법은 다각도의 에지 탐지와 더불어 수평방향에 대한 에지를 추정한다. 수직방향과 더불어 수평방향에 대한 에지는 영상에서 물체를 구분하는 중요한 기본 정보로써 기존의 ELA방식에서는 다루지 않았다. 수평방향의 에지에 대한 고려 없이 디인터레이싱을 하면 수평방향에서의 계단현상 또는 부드럽지 못한 영상이미지를 보인다. 따라서 본 논문에서는 다각도의 에지정보와 더불어 수평방향을 고려함으로써 주관적인 측면에서 부드러운 영상을 얻는 디인터레이싱 기법을 소개한다.

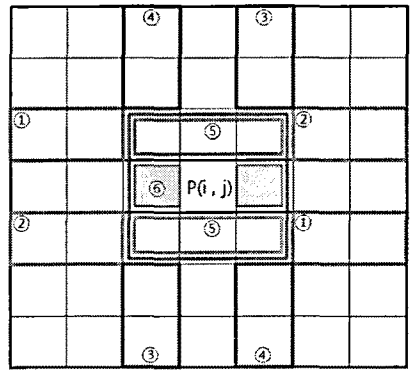

그림 4. 제안한 다각도 에지탐색 방법

Fig. 4. Proposed various angle edge detection method

그림 4는 제안한 에지탐색 기법을 모두 표현해 놓은 것으로 크게 8가지 방향을 이용하여 에지를 탐색한다. ①은 0도에서 (-)45의 에지 각을 결정하고 ②는 0도에서 45의 에지 각을 결정 하며 ③은 45도에서 90도 방향 사이의 에지 각을 결정한다. 그리고 ④는 (-)45도에서 (-)90도 사이의 에지 각을 ⑤는 (-)45도, 45도 각도와 90도 각각에 대하여 방향을 찾는다. 마지막으로 ⑥은 수평 방향의 에지탐색을 위한 것으로 이전방식의 ELA알고리즘으로는 해결할 수 없는 수평 방향에지 탐색을 위해 기준 P(i , j)픽셀 좌측과 우측의 픽셀 값을 예측하여 향상된 에지 탐색을 가능하게 한다. 그림 5는 45도에서 90도사이의 방향을 갖는 에지를 탐색하는 연산으로 수식 (6)으로 표현할 수 있다.

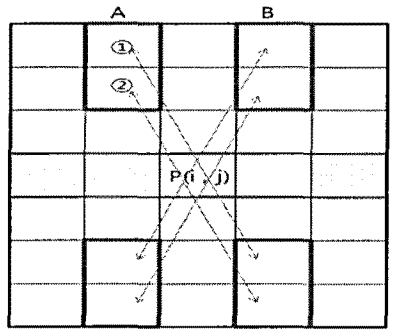

그림 5. 제안한 방식의 45도와 90도 사이의 에지 방향

Fig. 5. Edge direction between 45 and 90 degree for proposed method

$$A: |P(i-3, j-1) - P(i+2, j+1)| + |P(i-2, j-1) - P(i+3, j+1)|$$
$$B: |P(i-3, j+1) - P(i+2, j-1)| + |P(i-2, j+1) - P(i+3, j-1)| \quad (6)$$

A는 좌측 상단에서 우측하단에 대한 에지 연산을 위한 것으로 각각 위아래 두 개의 픽셀별로 차를 구한 절대 값을 합산하여 이격수치 값을 구한 것이고 B는 우측 상단에서 좌측하단으로의 에지연산을 위한 이격수치 값이다.

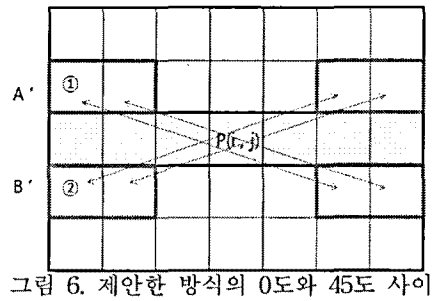

그림 6. 제안한 방식의 0도와 45도 사이의 에지 방향
Fig. 6. Edge direction between 0 and 45 degree for proposed method

그림 6은 0도에서 45도사이의 에지 방향을 결정하기 위한 것으로 수식 (7)에서 A'은 좌측 상단에서 우측 하단으로의 에지 방향을 찾기 위한 연산이고 B'은 우측 상단에서 좌측 하단으로의 에지 방향성을 검사하는 연산이다.

$$A': |P(i-1,j-3)-P(i+1,j+2)| + |P(i-1,j-2)-P(i+1,j+3)|$$
$$B': |P(i-1,j+2)-P(i+1,j-3)| + |P(i-1,j+3)-P(i+1,j-2)| \quad (7)$$

제안한 알고리즘의 수평방향에 대한 에지를 탐지하는 방식은 그림 4의 기준 픽셀 P(i , j)의 좌측과 우측의 픽셀 값을 수식 (8)을 이용하여 주변 픽셀 값의 평균값을 구하고 에지의 방향성을 선별하는 기준에 포함 시키는 것이다. 기준 픽셀의 좌측과 우측 같은 수평방향에 대한 픽셀 정보를 알 수 없는 상황에서 주변 픽셀, 특히 구하고자 하는 픽셀의 위 아래에 있는 픽셀 정보를 이용하면 가장 유사한 픽셀정보를 예측할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 기준 픽셀의 좌측 값을 수식 (8)의 R(k)를 이용하여 가장 유사도가 높은 픽셀 인덱스를 찾는다.

$$R(k) = \mathrm{Min}\{|P(i-1,j+k)-P(i+1,j-1)|\}, (-1 \le k \le 1)$$
$$S(k) = \mathrm{Min}\{|P(i-1,j+k)-P(i+1,j+1)|\}, (-1 \le k \le 1) \quad (8)$$

P(i - 1 , j + k), (-1≤ k ≤ 1)값들과 P(i + 1, j - 1)의 값이 가장 유사한 픽셀 값을 찾아서 수식 (9)에 나타낸 것과 같이 P(i - 1, j + K), (K는 가장 유사한 픽셀의 인덱스) 와 P(i + 1, j - 1)의 값을 합산한 것의 평균값을 구하여 P(i , j - 1)의 값으로 취한다. 기준픽셀의 우측에 있는 픽셀은 P(i - 1, j + k), (-1≤ k ≤ 1) 의 값과 P(i + 1, j + 1)의 값의 유사성을 판별하여 가장 유사한 픽셀 값 P(i - 1, j + K), (K는 가장 유사한 픽셀의 인덱스) 과 P(i + 1, j + 1)의 합에 평균값을 취하여 구한다. 기준 값을 중심으로 좌측과 우측에 대한 픽셀 값을 구하면 구해진 두 픽셀의 차의 절대 값을 해당방향의 이격 수치 값으로 한다.

$$P(i,j-1) = \mathrm{Average}\{P(i-1,j+K)+P(i+1,j-1)\}$$
$$(K : \mathrm{Index\ Of\ Min}\{R(k)\})$$
$$P(i,j+1) = \mathrm{Average}\{P(i-1,j+K)+P(i+1,j+1)\} \quad (9)$$
$$(K : \mathrm{Index\ Of\ Min}\{S(k)\})$$

수평방향인 0 도, 45도, 90도, 0도에서 45도 사이, 그리고 45도에서 90도사이의 에지에 대하여 이격수치가 가장 작은 값을 가지는 방향을 최종 에지의 방향으로 결정한다.

III. 실험 결과

실험 영상을 사용하여 제안한 방식의 성능을 기존의 라인카피와 ELA알고리즘 그리고 3x3크기의 윈도우를 가지는 E-ELA알고리즘과 비교 실험하였다. 실험결과는 객관적인 수치를 도출하기 위해 PSNR을 사용하였다.

Image	Linecopy	ELA	E-ELA	Proposed Method
Carphone	26.1343	26.2905	26.2997	26.3844
Foolball	21.4684	21.5256	21.5240	21.5422
Hall Monitor	20.4782	20.5351	20.5402	20.6418
Container	18.9645	19.1531	19.1504	19.2100
Foreman	18.3571	18.4555	18.4561	18.5190
News	24.2583	24.6128	24.6233	24.5610
Mother	20.6125	20.7806	20.7822	20.7960
Stefan	19.1652	19.2047	19.2031	19.2180
Akiyo	21.6401	21.7701	21.7791	21.6709
Coastguard	16.8717	16.9477	16.9465	16.9386
Flower	14.4567	14.5704	14.5743	14.5726
Mobile	16.0004	15.9482	15.9615	15.9489
Highway	22.3724	22.3984	22.3979	22.6057
Silent	22.2265	22.2729	22.2730	22.3303
Bus	29.1348	29.4785	29.4658	29.4814

표 1. 디인터레이싱 결과 (PSNR).
Table 1. Deinterlacing Results (PSNR).

표 1에서 나타낸 것과 같이 제안한 방식을 이용한 디인터레이싱은 영상이미지에 따라서 차이는 있지만 전반적으로 기존 방식인 선형방식보다도 좋은 결과를 나타내고 있고, ELA나 E-ELA와는 비슷한 PSNR을 보인다.

아래 그림 7-12는 E-ELA와 제안한 방식을 사용하여 실험영상을 디인터레이싱한 결과이다. E-ELA를 사용한 방식보다 수평방향이 보다 명확하게 표현되었고, 에지부근에서의 계단현상과 화질 열화가 많이 줄어든 것을 볼 수 있다. 또한 E-ELA를 사용하여 디인터레이싱 한 영상은 블러링이 심한 반면에 제안한 방식을 사용하여 디인터레이싱 한 영상은 전체적으로 블러링이 많이 줄어든 것을 볼 수 있다.

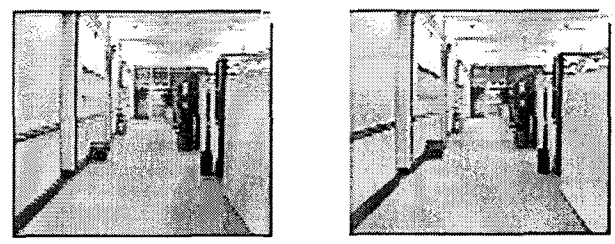

그림 7. (a) Hall monitor(E-ELA) (b) 제안한 방법
Fig. 7. (a) Hall monitor(E-ELA) (b) Proposed Method

그림 8. (a) Carphone(E-ELA) (b) 제안한 방법
Fig. 8. (a) Carphone(E-ELA) (b) Proposed Method

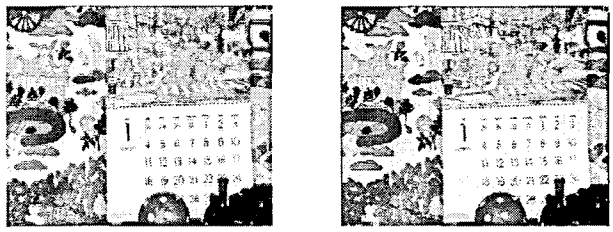

그림 9. (a) Calender(E-ELA) (b) 제안한 방법
Fig 9. (a) Calender(E-ELA) (b) Proposed Method

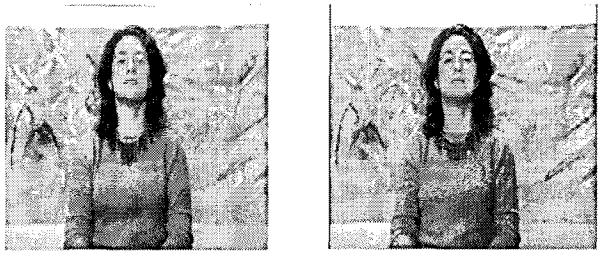

그림 10. (a) Silent(E-ELA) (b) 제안한 방법
Fig 10. (a) Silent(E-ELA) (b) Proposed Method

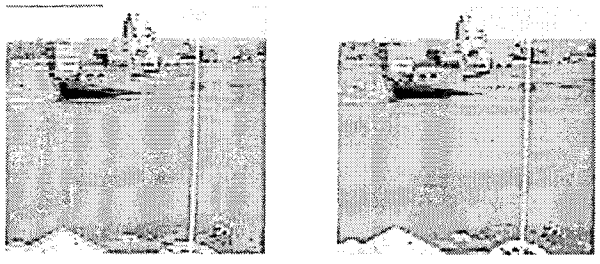

그림 11. (a) Container(E-ELA) (b) 제안한 방법
Fig 11. (a) Container(E-ELA) (b) Proposed Method

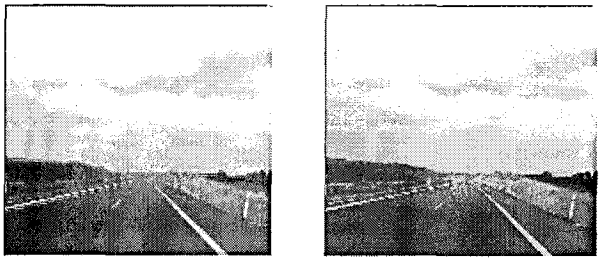

그림 12. (a) Highway(E-ELA) (b) 제안한 방법
Fig 12. (a) Highway(E-ELA) (b) Proposed Method

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 기존 방식의 디인터레이싱이 가지고 있는 수평방향에 대한 취약점을 보완하기 위하여 특별히 복잡한 연산과정 없이 수평방향에 대한 디인터레이싱을 향상시키고 에지방향에서의 열화현상을 줄여서 보다 낳은 이미지 영상을 얻는 방식을 소개하였다. 현재의 고성능 고화질의 디지털 텔레비전에서 제한된 대역폭을 통하여 고화질 이미지 영상을 얻고자 하면 효율적인 디인터레이싱 방식이 요구되어지며 본 논문에서 제시하는 방식은 이에 대한 적절한 해법이 될 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Gerard de Haan and Erwin B. Bellers," Deinterlacing - An Overview," Proceedings of the IEEE, vol.86, issue 9, pp. 1839-1857, Sept. 1998.

[2] M. Kim and J. Jeong, "An Efficient Deinterlacing Algorithm Using New Edge-Directed Interpolation," Journal of the Korean Society of Broadcast Engineers, vol. 12, no. 2, pp. 185-192, Mar. 2007.

[3] G. B. Ngoyi, J. M. P. Langlois, and Y. Savaria, "Iterative Design Method for Video Processors Based on an Architecture Design Language and its Application to ELA Deinterlacing", Joint 6th International IEEE Northeast Workshop, pp. 37-40, June 2008.

[4]H. Yoo and J. Jeong,"Direction-oriented interpolation and its application to de-interlacing," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol 48, issue 4, pp. 954-962, Nov. 2002.

[5]C. J. Kuo, C. Liao, and C. C. Lin, "Adaptive edge-based interpolation for scanning rate conversion", ICASSP-96, vol 4, pp. 2120-2123, May 1996.

이 동 욱 (Dong-Wook Lee)

1983년 서울대학교 전기공학과 (공학사).
1985년 서울대학교 대학원 전기공학과 (공학석사).
1992년 Georgia 공대 전기공학과 (공학박사).
1993년~현재 동국대학교 전자전기공학부 교수

강 문 봉 (Moon-Bong Kang)

2008년 동국대학교 전기공학과 (공학사).
2010년 동국대학교 대학원 전기공학과 (공학석사).