

## 수평 및 수직 윤곽선을 개선한 적응 주사선 보간 알고리즘에 관한 연구

## (A study of the Adaptive De-interlacing Up-Conversions for Enhancement Horizontal and Vertical Edges)

裴竣奭\*, 朴魯京\*, 文大哲\*

(Joon-Seok Bae, No-Kyung Park, and Dai-Tchul Moon)

## 요 약

본 논문에서는 기존의 ELA(edge-based line average)방식의 주사선 보간 알고리즘이 가지고 있던 수평 및 수직 윤곽선을 시각적, 객관적 측면에서 개선시킨 적응 주사선 보간(Adaptive De-interlacing Interpolation : ADI) 알고리즘을 제안하였다. 제안한 ADI 보간 알고리즘은 윈도우 크기를 5x3으로 확장하고, 윤곽선의 연속적인 특성이 있다는 점에 착안하여 수평 및 대각선, 수직 윤곽선을 판단하여 적응적으로 보간 함수를 사용하였다. 제안한 ADI 보간 알고리즘의 컴퓨터 모의실험 결과 객관적 판단인 PSNR에서 512x512 크기의 Lena 이미지가 약0.5dB정도 개선되었으며, 준 동화상인 세일즈맨 시퀀스에서도 약0.4dB정도의 PSNR이 개선되었다. 또한 시각적 판단에서는 정지 화상과 세일즈맨 시퀀스에서 수평 및 수직 윤곽선의 시각적인 개선이 되었다.

## Abstract

In this study, for the first time, we propose the ADI(Adaptive De-Interlacing) algorithm. which improves visually and subjectively. horizontal and vertical edges on the image processed by the ELA(Edge Based Line Average) method. The proposed ADI algorithm enlarges the window size to 5×3 in order to utilize the feature of the continuity of edges, and the adaptive interpolator is employed to decide adaptively horizontal, diagonal, and vertical edges. Based on the results of the computer simulation, it is confirmed that the new ADI algorithm improves the PSNR by 0.5dB in the Lena image with 512×512 size and by 0.4dB in the sequence image of a salesman, respectively. For the horizontal and vertical edges on the still and salesman sequence images, the proposed ADI algorithm has better visual improvement than the conventional ELA algorithm.

## I. 서 론

1895년 루미에르 형제에 의해 최초의 영화가 상영된 이후 100년이 지난 지금 인간의 보다 나은 영상에 대

\* 正會員, 湖西大學校 情報通信工學部

(School of Information & Communication, Hoseo Univ.)

※ 본 연구는 호서대학교 97년도 RRC 기초연구비 지원에 의한 결과임

接受日字: 1997年8月8日, 수정완료일: 1998年2月5日

한 욕망으로 1996년 11월 24일 미국 FCC(Federal Communications Commission)는 방송 TV의 차세대 표준으로 ATSC(Advance Television Systems Committee) 디지털 텔레비전 표준(A/53)을 승인하였다. ATSC의 표준에는 HDTV(High Definition TV, 고화질 TV)에 대한 표준이 포함되어 있으며, HDTV 규격은 ATSC와 SMPTE(The Society of Motion Picture and Television Engineers)에 의해서 표준화되었다. 또한 HDTV 시스템에 관해서 Grand Alliance Spec. 2.0이 1994년

도에 발표되어 이를 기반으로 많은 연구가 진행되어 왔다.<sup>[1]</sup> 현재까지 연구 개발되어온 HDTV의 성능을 최고로 향상시키기 위해서는 디지털 출력을 화면에 표시하는 과정에서 발생하는 여러 문제점들을 해결하여야 하는데 이 과정을 통해 화면 출력을 훌륭하게 처리함으로써 사용자에게 보다 나은 화질을 제공하여 기존 TV와 HDTV와의 차별성을 강조할 수 있게 된다.

현행 NTSC(National Television System Committee)방식의 방송은 전송대역폭과 큰 영역에서의 깜박거림 등이 존재한다. 이러한 문제점을 줄이기 위해 비월 주사(interlaced scanning) 방식을 사용하고 있다. 주사 방식의 문제는 TV가 처음 개발된 당시의 기술력과 연관이 있는데 그 당시에는 초당 30프레임을 온전하게 전송할 수 없었기 때문에 홀수 라인과 짝수 라인을 번갈아 주사하여 필드 단위로 화면을 구성하여 전송하는 방식을 사용하였다. 따라서 실질적으로는 초당 30프레임의 영상을 보여주려고 했지만 그것이 필드 단위로 초당 60필드로 전송되었기 때문에 한 프레임을 구성하는 영상에 있어서는 시간적인 차이가 발생하게 되었다. 이러한 비월 주사 방식이 표준으로 자리 잡으면서 방대한 영상 소스가 모든 이와 같은 필드형식을 취하고 있기 때문에 비월 주사 방식의 한계를 극복한 현재에도 방대한 영상 소스와의 호환성 문제 때문에 NTSC 신호 방식에서는 비월 주사 방식을 채택하고 있다. 반면 HDTV 신호에서는 한 프레임을 각 라인별로 번 갈아서 주사하지 않고 연속적인 주사라는 순차주사 방식도 채택하고 있다. 순차 주사방식은 한 프레임을 연속적으로 주사하기 때문에 비월 주사 방식에 비하여 한 프레임을 보여 줄 때 필드간의 시간축상의 엘리어싱이 없기 때문에 더 깨끗한 화질을 제공할 수 있고, 각 라인들간의 깜박거림 현상도 줄일 수 있다. 이러한 현행의 방대한 NTSC 방식의 영상 소스를 HDTV 방식으로 순차 주사 신호로 변환시켜야 하는 과정이 De-interlacing과정이다. 이러한 기술적인 처리를 통해 1050 주사 라인을 가진 와이드 스크린(wide screen) (16:9)을 이용 가능하게 되었고, HDTV (High Definition TV)에서도 일부 사용되었다.

따라서 현행 NTSC 시스템(512라인)이 디지털 HDTV로 대체되기 전까지는 오랫동안 계속 아날로그 방식이 함께 사용될 것이다. 따라서 어떻게 NTSC신호를 HDTV 시스템 상에서 디스플레이 할 수 있는지

가 문제가 되었고, 이러한 문제를 해결하기 위해서 주사선 변환과 보간 방법이 폭넓게 연구되었다.<sup>[2]-[7]</sup> 또한 비디오 시퀀스가 더 나은 이미지 질을 갖도록 하기 위해 움직임의 열화를 고려한 문제들을 해결하기 위해 많은 연구가 발표되었다.<sup>[8]-[15]</sup>

기존의 선형 공간상의 주사 방법 중 하나인 ELA(Edge Based Line Average) 알고리즘은 비월 주사된 두 라인사이에서 보간 할 라인을 두 화소의 방향성 상관 관계를 이용하여 보간 화소를 구하게 된다. ELA 알고리즘은 계산이 간단하며 하드웨어를 구성할 경우 쉽게 구현할 수 가 있다. 그러나 ELA 알고리즘은 몇 가지 단점을 가지고 있다. 즉, 수평 방향으로 윤곽이 통과하는 이미지일 경우 효율이 좋지 못하며, 기존의 선형 필터들이 안고 있는 수직 윤곽선 방향 검출 특성이 좋지 못하다는 것이다. 따라서 라인 복사 방법과 같은 기술을 함께 고려하여 사용하는 방법이 제안되었으며,<sup>[4]</sup> 수평 윤곽선을 찾아내기 위해서 적응적 ELA 방법이 제안되었다.<sup>[2]</sup> 이 방법 역시 수직 윤곽선에서 좋지 못한 특성으로 열화가 발생한다.

본 논문에서는 이러한 기존의 ELA 알고리즘을 개선하여 수평 방향 및 수직 방향과 대각선 방향을 판단하여 수평 윤곽선 및 수직 윤곽선 특성을 시각적인면과 객관적인면을 개선한 ADI 알고리즘을 제안한다. 본 논문은 2장에서 기존에 제안된 간단한 방식의 주사선 보간 알고리즘을 소개하며, 3장은 제안한 ADI 보간 알고리즘과 VLSI 구조에 대해서, 4장에서는 컴퓨터 모의실험 결과를 통해서 ADI 보간 알고리즘의 타당성을 확인하고, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 기존에 제안된 주사선 보간 알고리즘

기존의 제안된 알고리즘들의 공통된 목적은 비월주사를 순차주사 방식으로의 변환에 있으며, 영상에서의 보간은 시·공간축상으로 모두 행해진다. 공간축상의 보간은 하나의 정지 영상(동영상 시퀀스에서의 하나의 프레임 혹은 필드)내에서의 보간이고, 시간축상에서의 보간은 동영상 시퀀스에서 움직임 벡터를 이용한 움직임 보상이나 움직임 추정을 이용한 새로운 프레임(또는 필드)을 만들어 내는 보간 방법이다. 선형 보간 방법에는 공간 선형필터(Spatial linear filters), 시간 선형필터(Temporal linear filters), 시공간 필터(Spatio-temporal filters)가 있으며, 움직임 적응 보

간 방법(Motion adaptive interpolator)과 움직임 보상 보간 방법(Motion compensated interpolators), 그리고 비선형 보간 방법(Non linear interpolators) 등이 있다. 움직임 적응 보간 방법과 움직임 보상 방법 그리고 비선형 보간 방법의 대표적인 미디언 필터 등은 계산량이 많아 실시간 구현에 어려움이 따르며, 하드웨어 면에서 필드메모리나 프레임 메모리의 사용으로 비용면에서 비싸다. 따라서 본 논문에서는 선형 보간 방법중 공간 선형 필터로 한정하여 ZOI, FOI, ELA 보간 알고리즘에 대해서 비교한다.

1. ZOI(Zero Order Interpolation)

ZOI 함수는 보간 함수 중에서 가장 간단한 형태의 함수로서 말 그대로 같은 화소값을 중복해서 사용하므로 보간된 영상을 얻는다. 그림1과 같은 방법으로 순차 주사방식 전환에 이용되었다. 실제 ZOI 알고리즘은 많은 PC용 멀티미디어 카드에 사용되었고 LCD 프로젝터에 이용되었다.<sup>[7]</sup> ZOI 알고리즘은 하드웨어 복잡도가 낮으며 메모리 사용이 적어 비용절감에 좋은 반면 이미지의 질적인 면에서 본다면 상당히 떨어지는 단점이 있다. 즉 똑같은 화소값을 중복으로 사용하여 원 영상에서는 화소 하나였던 부분이 똑같은 화소값을 갖는 블록으로 형성되어서 특히 고주파 성분인 영상의 윤곽선 등에서 심각한 계단 현상을 낳게 된다. ZOI 함수의 주파수 반응은 sinc함수로 주어지기 때문에 많은 돌출부를 갖는데, 이것이 바로 고주파 부분에서 화질 저하가 심각해지는 주원인이다. ZOI의 경우는 PSRN도 좋지 않고, 에지 보존 특성이 나쁘기 때문에 큰 영상에서 시각적으로 상당히 좋지 못하지만 수직 방향 윤곽 특성이 다른 선형필터 보다 좋은 특성을 또한 가지고 있다.<sup>[7]</sup>

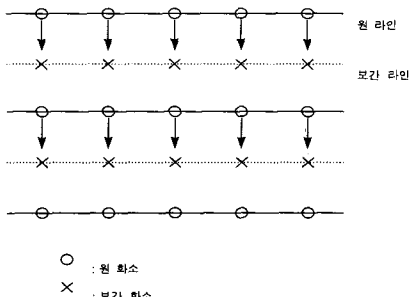


그림 1. ZOI 방법  
Fig. 1. The method of ZOI.

2. FOI(First Order Interpolation)

FOI 알고리즘은 인접한 라인 상하의 화소값을 평균하여 계산하며, 계산방법은 그림2와 같다. FOI 알고리즘은 라인 평균 필터(Line average filter), 수직 필터(Vertical filter)라고도 하며, 윤곽선의 경계값(Threshold)의 차가 클 경우 윤곽선의 열화가 심하게 되어 전체적으로 이미지를 흐릿하게 만드는 단점이 있다. 또한 하드웨어 측면에선 두 개의 라인 메모리(Line memory)가 필요하여 ZOI 보다 비용면에서 비싸다.

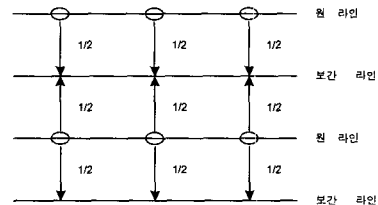


그림 2. FOI 알고리즘 방법  
Fig. 2. The method of FOI algorithm.

그림 2를 차분 방정식으로 나타내면 다음과 같이 표현된다.

$$y(n) = 0.5x(n-1) + 0.5x(n+1) \tag{1}$$

y(n)는 보간 처리된 라인의 화소값을 나타내며, x(n-1)는 (n-1)라인에 위치하는 화소값을 의미한다. 그리고 x(n+1)는 (n+1)라인에 위치하는 화소값을 나타낸다. 이 방식은 복합 영상 신호를 휘도 신호와 색도 신호로 분리한 후에 처리되며, 움직임 적응형 보간 방식에서 동화 처리 모드에서 적용되는 방식이다.

3. ELA (Edge based line average)

ELA 알고리즘은 보간 하고자 하는 화소의 주변 6개의 화소를 사용하여 보간을 하는 방식이며, 그림 3과 같이 수직과 대각선 두 방향으로 화소의 방향성 상관 관계를 계산하여 에지 방향을 검출하고, 검출된 방향으로 두 화소값을 평균하여 보간하게 된다. 이 방법은 각 화소의 상관관계를 기초로 하여 방향에 의존하는 독립 보간 알고리즘으로 잘 알려져 있다. 즉, 보간 하고자 하는 화소를 대칭으로 공간방향의 각 화소의 상관도를 알아내어 계산하는 방법으로 공간방향의 상관만을 이용하는 방법이다. 따라서 시간축을 이용한

움직임 보상이나 움직임 예측 방법보다 연산량이 적으며 실시간 구현에도 적합하다.<sup>[2] [4]</sup> 수평 방향 윤곽선의 경우 공간상에서 처리하는 알고리즘의 경우엔 수평 방향의 윤곽선을 검출한다는 것은 거의 불가능하다. 따라서 다른 방향에서 고려한 방법이 제안되었다. 즉, 시간축을 고려한 경우와 움직임 예측 및 보상을 이용한 경우이며, 이러한 방식은 많은 연산량을 필요로 하게 된다.<sup>[7]</sup> 그러나 ELA 알고리즘은 상당히 적은 연산량을 사용하여 실시간 구현에 있어 더 유리하다. 그림 3에서 각 방향의 화소 상호간의 상관관계를 구하여 방향을 결정한다. 각각의 방향을 a, b, c 라고 한다면 다음 식(2)와 같이 계산하여 가장 높은 상관 관계를 갖는 방향을 찾는다.

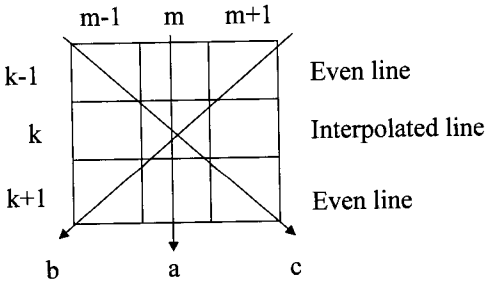


그림 3. ELA 알고리즘을 위한 3x3 윈도우  
Fig. 3. A 3x3 window for ELA algorithm.

$$a = |x(k-1, m) - x(k+1, m)| \quad (2)$$

$$b = |x(k-1, m+1) - x(k+1, m-1)|$$

$$c = |x(k-1, m-1) - x(k+1, m+1)|$$

각 방향에 대한 값을 계산한 후 가장 작은 값을 갖는 방향 즉, 두 라인에서 상관관계가 가장 큰 화소를 찾은 다음 이들 중에 가장 작은 차의 값을 갖는 방향의 두 화소 값을 평균한다. 예를 들어, 만약 a 가 가장 작은 차의 값을 갖는다면 보간될 값 (k, m)은 식(3)과 같이 계산한다.

$$(k, m) = |x(k-1, m) + x(k+1, m)|/2 \quad (3)$$

즉 각각에 대한 방향에 ELA 알고리즘을 적용하여 정리하면 다음과 같다.

- 1) 우선 식(2)에 따라 각 방향에 대해서 상관관계가 가장 높은 a, b, c를 찾는다.
- 2) 보간될 값은 a, b, c에 대해 다음과 같다.

$$a = |x(k-1, m) + x(k+1, m)|/2 \quad (4)$$

$$b = |x(k-1, m+1) + x(k+1, m-1)|/2$$

$$c = |x(k-1, m-1) + x(k+1, m+1)|/2$$

이와 같이 ELA 알고리즘은 수평 윤곽선이 통과할 경우에는 판단기준이 없으므로 수직방향이나 대각선 방향 윤곽선으로 계산하기 때문에 이미지에 열화가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 ELA의 단점인 수평과 수직 방향의 윤곽선을 시각적 측면과 주관적인 PSNR을 개선시킨 ADI 보간 알고리즘을 제안한다.

### III. 제안한 ADI 보간 알고리즘 및 VLSI 구조제안

#### 1. 제안한 ADI 보간 알고리즘

제안한 ADI 보간 알고리즘은 기존의 ELA 보간 알고리즘의 단점을 두 가지 측면에서 고려하여 이미지를 시각적, 객관적으로 개선시켰다.

- (1) 수평 방향에서 기존의 ELA 보간 알고리즘은 화소 보간시 윤곽선 방향을 검출하여 검출한 방향의 두 화소를 평균하여 보간값으로 적용하였다. 즉, 수직방향 90°와 대각선 방향 각각 45°, 135°대해서만 고려하여 보간 화소 값을 계산하였다. 따라서 그림 4와 같은 형태의 윤곽선일 경우 이를 대각선 방향으로 계산을 하여 윤곽선 형태가 손상된다.

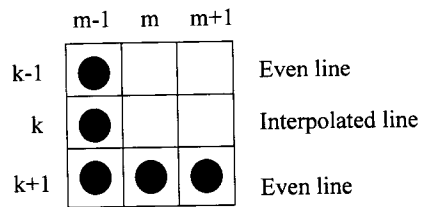


그림 4. 수평 방향 윤곽선 1 의 예  
Fig. 4. The example of horizontal direction edge.

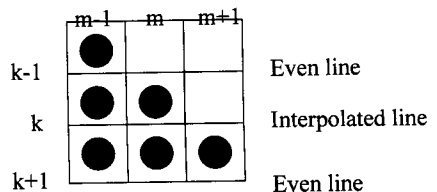


그림 5. 135° 대각선 형태 윤곽선의 예  
Fig. 5. The example of 135° diagonal edge.

그림 4의 수직 방향 윤곽선과 그림 5의 135° 대각선 윤곽선 형태를 가정한다면 비월주사 될 경우 그림 6과 같은 형태가 되기 때문에 기존의 ELA 알고리즘은 그림 7과 같이 대각선 방향으로 값을 보간 할 수 밖에 없다. 이러한 경우 시각적으로 열화가 있는 이미지가 나타날 수 있으며, 대형화면에서는 더욱 큰 문제가 될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 수평 방향 윤곽선을 위해 4가지 형태로 윈도우를 분류한 다음 윤곽선 형태를 파악한다.

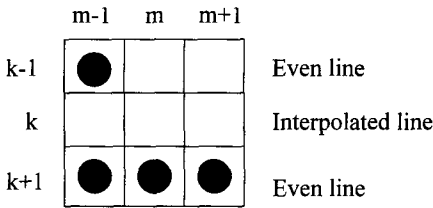


그림 6. 비월주사된 경우의 윤곽선의 예  
Fig. 6. The example edge of interlaced scan rate.

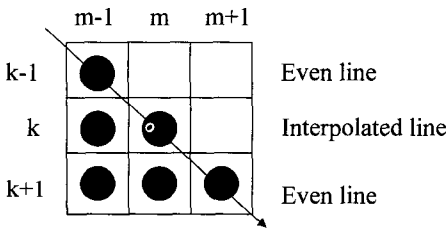


그림 7. 비월주사일 경우 ELA 적용결과  
Fig. 7. The result of ELA in the case of interlaced scan rate.

(2) 수직 방향에서 기존의 ELA 방법은 두가지 형태의 보간값을 가질 수 있다. 즉 그림 8과 같다면 비월 주사된 형태는 그림 9와 같이 된다. 기존의 ELA의 경우는 각각의 방향에 따라 그림 10과 같은 잘못된 윤곽선 형태를 보간 할 수도 있으며, 그림 11과 같이 원래의 수직 윤곽선 형태를 보간 할 수 있는 두 경우가 존재한다. 따라서 그림 10과 같은 시각적인 열화가 발생하는 ELA 방법의 경우에 제안한 ADI 알고리즘은 시각적으로 개선시켰다.

(3) 실제 보간 계산시 수평 방향으로 윤곽선이 통과하는지, 못하는지는 알 수가 없다. 왜냐하면 라인이 없기 때문이다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서 윤곽선은 특별한 경우를 제외하고는 연속적인 특성이 있음에 착안하여 수평 및 수직방향의 윤곽선 형태인지 아닌지를 판단하는 판단 기준으로 삼았다. 또한 위에서 언급했듯이 수직 방향 윤곽선 형태일 경우 FOI 방

법이 좋은 특성을 가지고 있기 때문에 수직 방향 윤곽선 형태로 판단된다면 FOI 방법이 사용된다. 또한 수평 윤곽선 형태 1로 판단된다면 FOI 방법을 사용하여 화소값을 보간한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 여러 가지 윤곽선 형태를 파악하기 위해 윈도우를 5x3으로 확장하여 수평 방향 및 수직 방향, 대각선 방향 윤곽선 형태를 구별하여 보간한다.

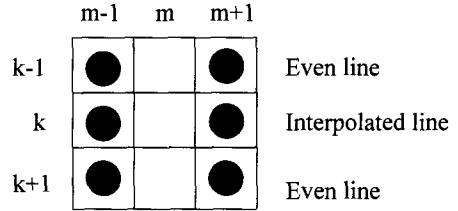


그림 8. 비월주사된 경우의 윤곽선의 예  
Fig. 8. The example edge of interlaced scan rate.

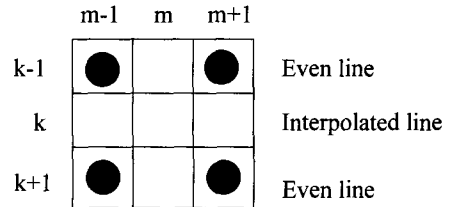


그림 9. 비월주사일 경우 ELA 적용결과  
Fig. 9. The result of ELA in the case of interlaced scan rate.

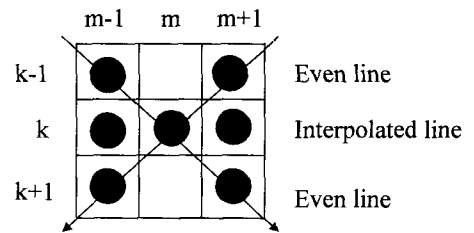


그림 10. 비월주사된 경우의 윤곽선의 예  
Fig. 10. The example edge of interlaced scan rate.

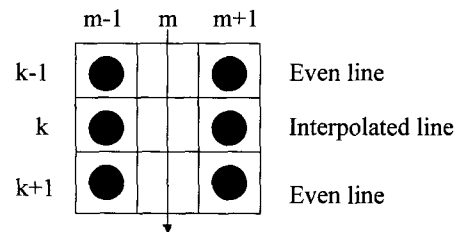


그림 11. 비월주사일 경우 ELA 적용결과  
Fig. 11. The result of ELA in the case of interlaced scan rate.

제안한 ADI 보간 방법은 그림 12와 같이 윈도우 크기를 5x3으로 확장하여 윤곽선 방향을 파악한다.

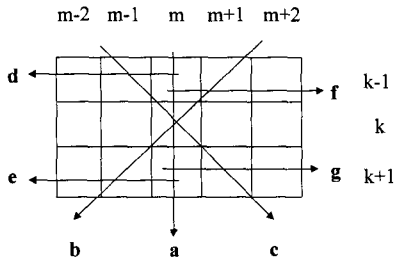


그림 12. 제안한 5x3 윈도우  
Fig. 12. A proposed 5x3 window.

제안한 ADI 보간 알고리즘은 기존의 ELA 형태를 가지면서 화소 보간시 확장된 윈도우의 d, e, f, g의 화소 상관 관계를 구하여 윤곽선 형태를 파악한다. 제안한 ADI 보간 알고리즘을 적용하기 전에 두 가지의 가정을 정의한다. 하나는 5x3 윈도우에 존재하는 윤곽선 형태는 선형적이라는 것이며, 또 다른 하나는 계산 처리는 좌측에서 우측으로 진행된다는 것이다. 이러한 가정으로부터 4 개의 수직 방향 윤곽선 형태를 그림 13과 같이 나타낼 수 있다.

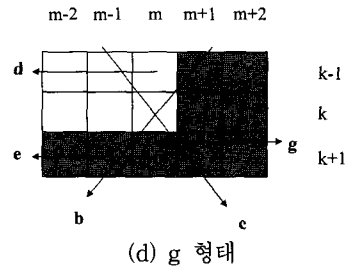
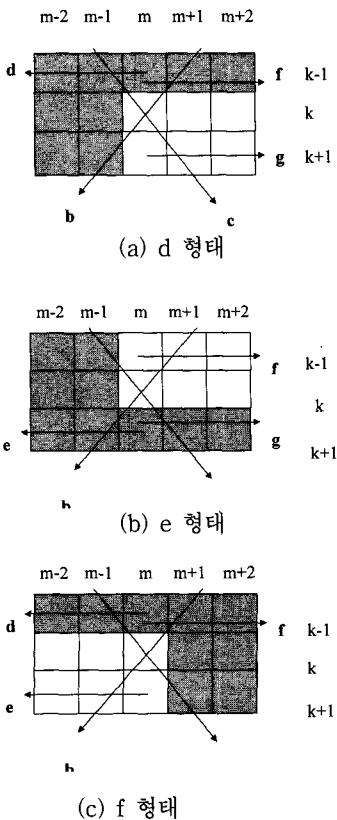


그림 13. 수평 방향 윤곽선 1 형태의 예  
Fig. 13. The example of horizontal direction 1 edges.

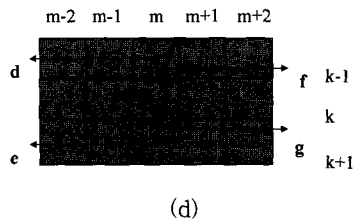
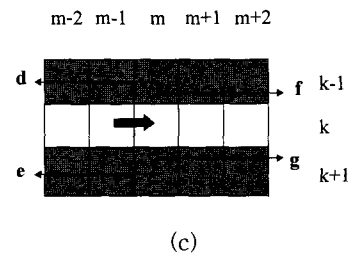
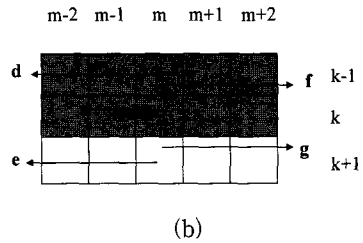
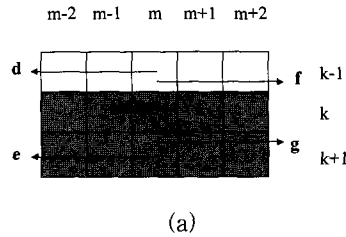


그림 14. 수평 방향 윤곽선 2 경우의 예  
Fig. 14. The example of horizontal direction 2 edges.

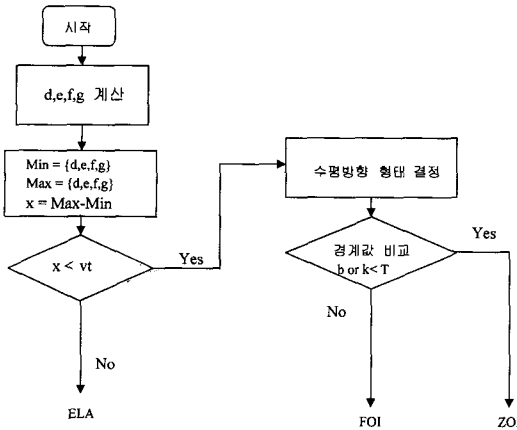


그림 15. 제안한 ADI 알고리즘 순서도  
Fig. 15. Flowchart of Proposed ADI algorithm.

그림 15와 같이 5x3 윈도우에서 d, e, f, g를 식(5)과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned}
 d &= |x(k-1, m-2) - x(k-1, m)| \\
 e &= |x(k+1, m-2) - x(k+1, m)| \\
 f &= |x(k-1, m) - x(k-1, m+2)| \\
 g &= |x(k+1, m) - x(k+1, m+2)| \\
 Max &= \{d, e, f, g\}, \quad Min = \{d, e, f, g\} \\
 x &= |Max - Min|
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

d, e, f, g의 4방향에 대해 상관도를 구하여 최대값과 최소값을 찾아, 그 차값 x를 구한다. 만약 x가 주어진 vt값보다 작다면 5x3 윈도우 안의 화소들은 거의 같은 색도의 화소값을 가지고 있다고 판단하여 수평 I이나 수평 방향 2의 윤곽선이 있다고 판단한다. 그렇지 않은 경우 즉 vt 보다 크거나 같은 경우는 기존의 ELA 방법이 사용된다. a, b, c 계산식은 식(6)와 같다.

$$\begin{aligned}
 a &= |x(k-1, m) - x(k-1, m)| \\
 b &= |x(k-1, m+1) - x(k+1, m-1)| \\
 c &= |x(k, m-1) - x(k+1, m+1)|
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

제안한 ADI을 요약하면 먼저 그림13의 수평 1 방향 (a), (b), (c), (d) 형태를 파악하고 그 차값이 주어진 vt와 비교해서 vt 보다 작으면 수평 1 방향과 수평 방향 2 윤곽선 형태로 파악한다. 그렇지 않다면 즉 vt 보다 크다면 기존의 ELA가 사용되며, vt 값보다 작은 경우 그림14의 (a), (b), (c), (d) 형태의

윈도우를 파악하고 상하 평균값의 차로 경계값을 판별한다. 경계값 판별은 주어진 T값과 비교를 한다. 만약 T보다 작다면 ZOI 방법이 크거나 같은 경우는 FOI이 사용된다. 예로 그림13의 (a)의 d 형태라면 식(7)으로 화소의 경계값을 판별한다. 식(6)의 b값을 이용할 수도 있으나 식(7)식을 사용하면 기존에 계산된 값을 이용하므로 하드웨어상의 복잡도를 감소시킬 수 있다.

$$\begin{aligned}
 h &= \{x(k-1, m) + x(k-1, m)\} / 2 \\
 i &= \{x(k+1, m) + x(k+1, m+2)\} / 2 \\
 k &= |h - i|, k < T \quad \text{또는} \quad b < T
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

본 논문에서는 기존의 공간 선형필터를 그대로 이용하여 ELA 방법의 단점을 시각적, 객관적인 면에서 개선하고자 하였으며, 하드웨어 설계시 기존의 공간 선형 필터를 그대로 사용함으로써 하드웨어의 복잡도를 줄이는데 연구의 초점을 맞추었다. 즉 기존의 공간 선형 필터들의 장점만을 최대도 이용하고자 하였다.

2. 제안한 ADI 보간 알고리즘의 VLSI 구조

그림 16은 제안한 ADI 보간 알고리즘의 블록도이다. 그림 16에 보인 것과 같이 기존의 공간 선형 필터를 최대한 이용하는 방법을 사용하고 있다. 기존의 ELA 보다 계산의 복잡도가 증가되었지만 보간할 화소값의 계산을 별도로 하지 않아도 되므로 하드웨어 설계시 복잡도를 줄일 수 있다. 그림 16은 휘도 레벨에 기준한 블록도이므로 컬러 신호 사용시 하드웨어 구조는 최소 3 배가 증가됨을 알 수 있다.

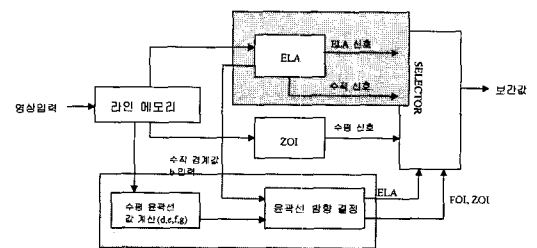


그림 16. 제안한 ADI 알고리즘에 대한 블록도  
Fig. 16. The block diagram of proposed ADI algorithm.

기존의 ELA 블록과 비교해서 ZOI 부분과 윤곽선 방향 결정 부분, 수평 윤곽선 값 계산 블록이 증가되었지만, ZOI 화소값은 기존의 ELA부분에서 계산 값

을 사용하므로 별도의 화소값 계산이 필요하지 않다. 즉, 윤곽선 방향 블록만 기존의 ELA에 비해 증가되었다.

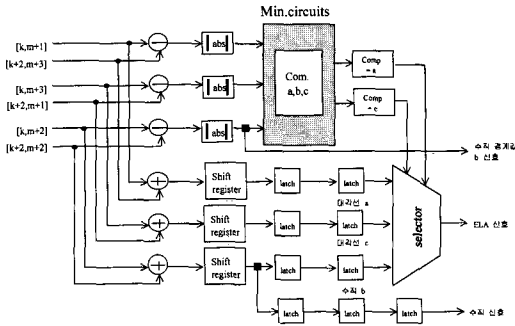


그림 17. ELA 블록의 VLSI 구조  
Fig. 17. The VLSI architecture of block for the ELA.

그림 17은 기존의 ELA 방법에 대한 VLSI 구조이며 윤곽선 방향 판단에 따라 미리 계산된 각각의 방향에 대한 값을 출력해야만 한다.<sup>[15]</sup>

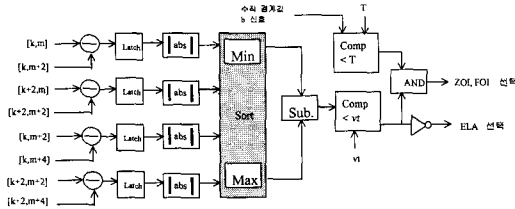


그림 18. 윤곽선 방향 결정 블록의 VLSI 구조  
Fig. 18. The VLSI architecture of block for decide direction edges.

그림 18은 제안한 ADI 알고리즘에 대한 블록도 부분 중 방향 결정을 해주는 블록도의 부분으로 어떤 보간 함수를 사용할 것인지를 결정해주는 제어 블록에 해당한다.

IV. 컴퓨터 모의 실험 및 결과 비교

본 연구에서는 기존에 제안된 간단한 하드웨어 구성이 가능한 공간 선형 필터들과 제안한 ADI 알고리즘을 컴퓨터 모의 실험을 통해서 비교하였다. 비교 방법은 화질을 객관적인 판단 기준으로 PSNR을 채택하였고 주관적인 판단기준으로는 영상의 윤곽선 보존 특성에 초점을 맞추어 평가하는 방법을 채택하여 비교한다.

객관적인 척도인 PSNR만으로 평가를 하지 못하는 이유는 PSNR은 원래의 신호에 처리한 신호가 얼마나 비슷한가를 평가하는 것인데 실제 영상 신호에서 보간을 함에 있어 보간된 영상이 원래의 영상에 얼마나 가까운가 보다는 얼마나 눈에 거슬리지 않는, 즉 눈으로 보기에 자연스러운 영상이 되느냐가 더 중요하기 때문에 주관적인 평가 기준이 필요하다. 실험에 사용된 이미지는 512x512 표준 정지화상 이미지에서 홀수(odd)라인을 제거하여 사용하였으며, 동화상에 대해서는 움직임이 적은 준 동화 360x240 크기의 세일즈맨 30프레임과 움직임이 빠른 동화 CCIR-601 규격인 720x480 크기의 풋볼 30프레임을 사용하였다. 물론 제한한 ADI 알고리즘이 움직임을 이용하거나 움직임을 추정하는 알고리즘이 아닌 공간 방향만을 이용한 방법이기 때문에 큰 의미가 없을 수도 있지만 실제 알고리즘이 사용되는 응용분야가 디스플레이 부분이기 때문에 실험을 하였다. 객관적 판단 기준인 PSNR 계산식은 식(8)으로 계산되었다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(255)^2}{MSE} [dB] \tag{8}$$

$$MSE = \frac{1}{NM} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} |I(i, j) - I'(i, j)|^2 \tag{9}$$

여기서 MSE는 Mean Square Error를 나타내며 I(i, j)는 원래의 화소값, I'(i, j)는 처리된 화소값을 나타낸다. 제안한 ADI 보간 알고리즘이 기존의 ELA방식을 개선하고자 하는 것이 목적이므로 제안한 ADI 보간 알고리즘과 기존의 ELA 방법을 중점적으로 성능을 비교한다. 주관적인 평가는 시각적인 방법으로 윤곽선 보존성에 초점을 맞추어 실시하며, 실제 재구성된 이미지의 가장 큰 평가 척도가 된다. 이는 PSNR이 아무리 좋더라도 윤곽 보존성이 좋지 않으면 시각적 판단을 기준으로 볼 경우 이미지 해상도가 좋지 않기 때문이다. 제안한 ADI 알고리즘은 vt = 25, T = 5일 경우의 모의 실험 결과이다.

표 1은 각각의 512x512 크기의 표준 이미지에 대한 ELA와 제안한 ADI 보간 알고리즘의 PSNR을 비교한 것이다. Lena 이미지에서는 제안한 ADI 알고리즘이 기존의 ELA보다 약 0.5dB정도 PSNR이 개선되었으며, Bridge 이미지와 Couple 이미지에서는 약 0.2dB 정도 개선이 되었다. 이는 Bridge 이미지와 Couple 이미지가 복잡하기 때문이며, Peppers 이미지



에서는 약 0.2dB정도가 나빠졌다. Peppers 이미지에  
서는 이미지 전체가 원만한 화소의 형태를 가지고 있  
기 때문에 제안한 ADI 보간 알고리즘 부분 중 ZOI  
방법이 많이 사용되었기 때문이다. 전체적으로 Lena  
이미지와 같은 복잡함과 평탄한 특성이 같이 있는 이  
미지에서 제안한 ADI 보간 알고리즘의 성능이 좋다고  
할 수 있다. 준 동화인 세일즈맨의 경우에는 정지화  
인 Lena 이미지에서 개선된 만큼의 약 0.4dB정도가  
개선되었으며, 빠른 동화인 풋볼의 경우에는 기존의  
ELA와 별 차이 없는 PSNR 분포를 보였다. 그림 20  
에 나타낸바와 같이 전체적으로 준 동화나 정지화상  
보다 전체적으로 PSNR이 떨어지며, 특히 13~23 프  
레이미에서 가장 좋지 않은 PSNR값이 나왔다. 원인은  
이 프레임들이 움직임이 큰 테클과 같은 동화이기 때  
문이다. 즉 프레임의 레이트를 따르지 못하기 때문이  
다.

시각적 판단 기준으로 화질의 성능비교를 하면 그림  
21에서 수평 방향 1 에지 형태에 대해 제안한 ADI  
알고리즘이 기존의 ELA 방법이 잘못 보간하는 윤곽  
선 형태를 개선시켰음을 볼 수 있다. 또한 Lena 이미  
지에서는 시각적으로 제안한 ADI 보간 알고리즘과 기  
존의 ELA와의 큰 차이를 느낄 수는 없으며, 특히 배  
경 부분에 제안한 ADI 보간 알고리즘이 적용되어 그  
림 22의 Lena 이미지에서는 대각선 방향의 윤곽선에  
서 차이를 느끼기 힘들다. 반면에 ZOI 방법은 Lena  
이미지에서 어깨 부분과 모자 부분에서 대각선 특성이  
좋지 못하여 많은 열화가 나타남을 알 수 있으며,  
FOI 방법 역시 대각선 특성이 좋지 못하여 많은 화질  
의 열화가 나타나고 있다. 따라서 ZOI 방법이나 FOI  
의 방법만을 단독으로 사용해서는 이미지의 시각적 특  
성에 큰 문제가 있음을 알 수 있다. 두 번째 Couple  
이미지에서는 그림 23에 나타나듯이 원 이미지와 비교  
할 경우(사각형 부분) 기존의 ELA 방법에 대해 수직  
방향 및 수평 방향의 화질열화를 개선시켰음을 알 수  
있다. 또한 Bridge 이미지에서도 수직 및 수평 특성이  
개선되었다. 그림 24의 준 동화인 세일즈맨 (10번째  
프레임)에서도 역시 수직 및 수평 특성이 기존의  
ELA가 좋지 못함을 알 수 있고 세일즈맨의 넥타이  
부분에서 기존의 ELA 방법 보다 블록 효과(blocking  
effect)를 더 줄였다. 따라서 제안한 ADI 방식이 기존  
의 ELA 방식의 단점인 수평 및 수직 방향 시각적 화  
질 열화 특성 및 PSNR을 향상 시켰음을 알 수 있다.

표 1. PSNR에 대한 각 방식 비교  
Table 1. The comparison of each methods  
by PSNR.

	Lena	Bridge	Couple	Peppers
ELA	35.9789dB	26.6718dB	30.7932dB	34.0391dB
Proposed	36.4889dB	26.8694dB	31.0343dB	33.8041dB

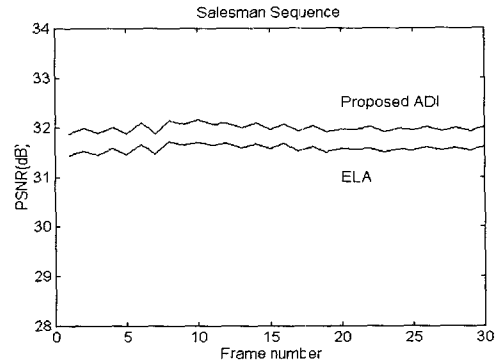


그림 19. 각 방식에 대한 PSNR 비교(세일즈맨 30프  
레이미)

Fig. 19. The comparison of each methods by  
PSNR(SALESMAN 30frames).

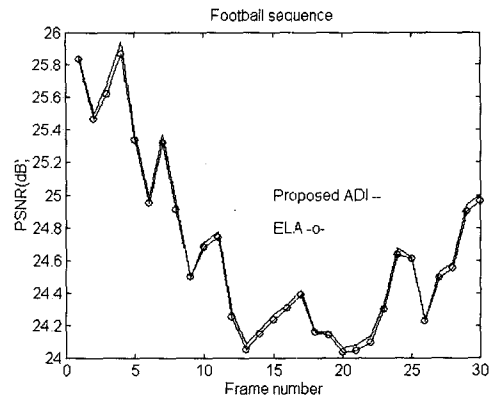
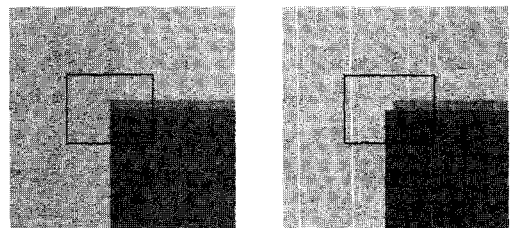
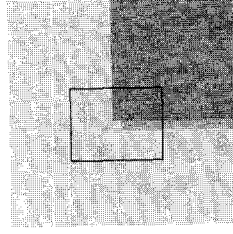
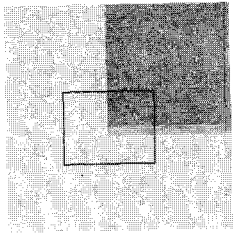


그림 20. 각 방식에 대한 PSNR 비교(풋볼 30프레임)  
Fig. 20. The comparison of each methods by  
PSNR(FOOTBALL 30frames).

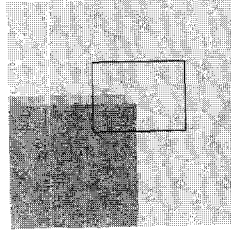
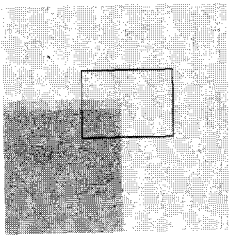


(a) d 형태일 경우 제안한 ADI (b) d 형태일 경우 기존의 ELA



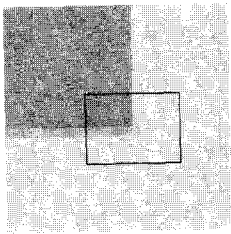
(c) e 형태일 경우 제안한 ADI

(d) e 형태일 경우 기존의 ELA



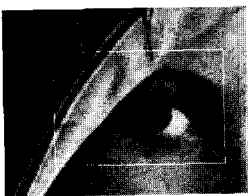
(e) f 형태일 경우 제안한 ADI

(f) f 형태일 경우 기존의 ELA

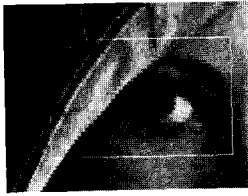


(g) g 형태일 경우 제안한 ADI (h) g 형태일 경우 기존의 ELA

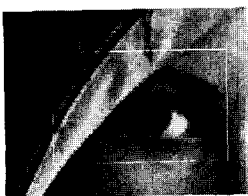
그림 21. 수평 방향 1 결과 비교  
Fig. 21. The result of horizontal direction 1.



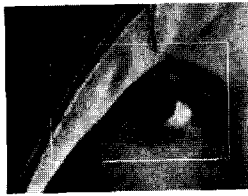
(a) Lena 원 이미지



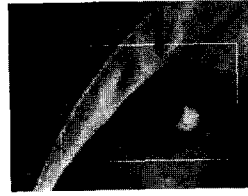
(b) ZOI 방법



(c) FOI 방법



(d) ELA 방법



(e) 제안한 ADI 방법

그림 22. 각 주사선 보간 알고리즘 비교 결과  
Fig. 22. The result of compared processing methods.



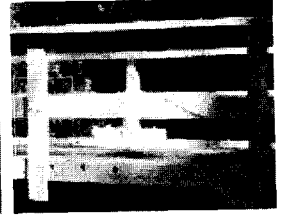
(a) Couple 원 이미지



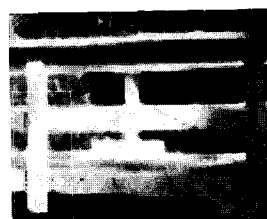
(b) ELA 방법



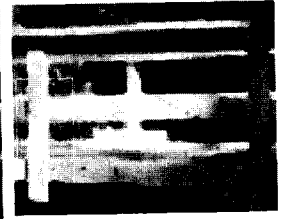
(c) 제안한 ADI



(d) Bridge 원 이미지



(e) ELA 방법



(f) 제안한 ADI 방법

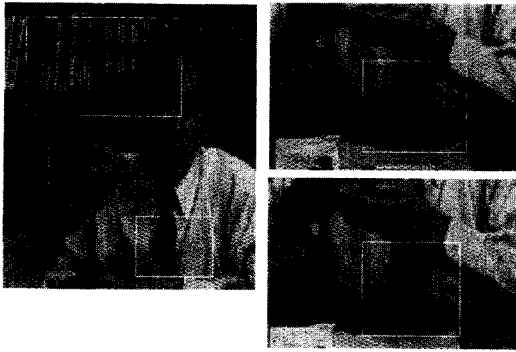
그림 23. 각 주사선 보간 알고리즘 비교 결과  
Fig. 23. The result of compared processing methods.



(a) 세일즈맨 원 이미지  
(10번 프레임)



(b) ELA 방법  
(10번 프레임)



(c) 제안한 ADI 방법 (10번 프레임) (d) 상 ELA, 하 제안한 ADI 방법(17번 프레임)

그림 24. 각 주사선 보간 알고리즘 비교 결과(세일즈맨 : 10,17번 프레임)

Fig. 24. The result of compared processing methods(Salesman : Frame number 10,17).

## V. 결 론

본 논문에서는 기존의 ELA(edge-based line average)방식의 주사선 보간 알고리즘이 가지고 있던 수평 및 수직 윤곽선을 시각적, 객관적 측면에서 개선시킨 적응 주사선 보간(Adaptive De-interlacing Interpolation : ADI) 알고리즘을 제안하였다. 제안한 ADI 보간 알고리즘은 기존의 ELA 알고리즘이 수평 및 수직 윤곽선 형태를 갖는 이미지에서 시각적으로 효과적인 윤곽선을 만들어 주지 못한다는 점에 착안하였다. 제안한 ADI 보간 알고리즘은 윈도우 크기를  $5 \times 3$ 으로 확장하고, 윤곽선의 연속적인 특성이 있다는 점에 착안하여 수평 및 대각선, 수직 윤곽선을 판단하여 적응적으로 보간 함수를 사용하였다. 제안한 ADI 보간 알고리즘의 컴퓨터 모의실험 결과 객관적 판단인 PSNR면에서  $512 \times 512$  크기의 Lena 이미지에서는 제안한 ADI 알고리즘이 기존의 ELA보다 약 0.5dB정도 PSNR이 개선되었으며, Bridge 이미지와 Couple 이미지에서는 약 0.2dB 정도 개선이 되었다. 이는 Bridge 이미지와 Couple 이미지가 복잡하기 때문이며, Peppers 이미지에서는 약 0.2dB정도가 나빠졌다. Peppers 이미지에서는 이미지 전체가 원만한 화소의 형태를 가지고 있기 때문에 제안한 ADI 보간 알고리즘 부분 중 ZOI 방법이 많이 사용되었기 때문이다.

전체적으로 Lena 이미지와 같은 복잡함과 평탄한

특성이 같이 있는 이미지에서 제안한 ADI 보간 알고리즘의 성능이 좋다고 할 수 있다. 준 동화인 세일즈맨의 경우에는 정지화인 Lena 이미지에서 개선된 만큼의 약 0.4dB정도가 개선되었으며, 빠른 동화인 풋볼의 경우에는 기존의 ELA와 별 차이 없는 PSNR 분포를 보였다. 또한 시각적 판단에서는 정지영상 이미지에서 기존의 ELA 방법 보다 수직 방향 및 수평 방향의 윤곽선 부분의 화질 열화 특성을 개선시켰음을 알 수 있다. 준 동화인 세일즈맨 (10번째 프레임)에서도 역시 수직 및 수평 특성이 기존의 ELA가 좋지 못함을 알 수 있고 세일즈맨의 벵타이 부분에서 기존의 ELA 방법 보다 블록 효과를 더 줄였다. 따라서 제안한 ADI 방식이 기존의 ELA 방식의 단점인 수평 및 수직 방향 시각적 화질 열화 특성 및 PSNR을 향상시켰음을 알 수 있다. 또한 제안한 ADI 보간 알고리즘의 하드웨어 구조를 제안하였다, 제안된 ADI 보간 알고리즘이 기존의 ELA에서 큰 복잡도의 증가는 아니기 때문에 영상 디스플레이 관련 분야에 원칩화(ASIC) 한다면 좋을 것이라 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] ACATS Technical Subgroup, "Grand Alliance HDTV System Specification Version 2.0", Draft document, Nov. 7. 1994.
- [2] Chung J. Kuo, Ching Liao, and Ching C. Lin, "Adaptive Interpolation Technique for Scanning Rate Conversion", IEEE Trans. Circuits and Systems. Video Technology, Vol. 6, No 3, pp.317-321, June. 1996.
- [3] R. Simonetti, S. Carrato, G. Ramponi, A. Polo Filisan, "Deinterlacing of HDTV Images for Multimedia Applications", International Workshop on HDTV '92 Proceedings, Vol. 2, pp.95-108, Nov, 18-20, 1992.
- [4] Myeong-Hwan Lee, Jeong-Hoon Kim, Jeong-Sang Lee, Kyeong-Keol Ryu, and Dong-Il Song, "A New Algorithm For Interlaced To Progressive Scan Conversion Based On Directional Correlations And Its IC Design", IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 2, No. 2, May, 1994.
- [5] 정 장훈, 최 윤식, "시각적 가중 필터를 이용한

- de-interlacing 기법 연구”, 대한 전자 공학회 추계 종합 학술대회 논문집(B) 제19권, 제2호, 1996
- [6] Yeong-Taeg Kim, "Deinterlacing Algorithm Based on Sparse Wide Vector Correlations", '96- SPIE Vol.2727. part 1/3, June, 1996.
- [7] 권 병현, 장 광수, 황 병원, "De-Interlacing Scan Conversion을 위한 Pseudomedian Filter의 특성", 한국 통신학회 논문지, Vol. 21, No. 5, 1996.
- [8] Soon-kak Kwon, Kang-soo Seo, Jae-kyoon Kim, Yung-gil Kim, "A Motion Adaptive Interlacing Method", IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 38, No. 3, Aug, 1992.
- [9] Carl Pantsios Markhauser, "Motion Adaptive Pro-Scan Converter With Two Dimensional Contour Enhancement", IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 36, No. 2, May, 1990.
- [10] Janne Juhola, Ari Nieminen, Juha Salo, and Yrjo Neuve, "Scan Rate Conversions Using Weighted Median Filtering", IEEE ISCAS '89. 1989.
- [11] Jouni Salonen and Seppo Kalli, "Edge Adaptive Interpolation for Scanning Rate Conversions", Proc. International Conference on HDTV'92, Kawasaki, Kanagawa, Japan, pp94.1-94.8, Nov. 1992.
- [12] Annie Nguyen and Eric Dubois, "Spatio-Temporal Adaptive Interlaced-to-Progressive Conversion". International Workshop on HDTV'92 Proceeding Vol. 2. pp.18-20, Nov, 1992.
- [13] T.Doyle and M.Looymans, "Progressive Scan Conversion using Edge Information", Signal Processing of HDTV, II, pp.711-721, 1990.
- [14] Daniele Bagni, Rosa Lancini, Stefano Lancini, Stefano Tubara, "HDTV Spatio-Temporal Upconversion", Signal Processing of HDTV, IV, pp.137-146, 1995.
- [15] P.Stammnitz, U.Höfker, "Hardware Implementation of the TV/HDTV Upconversion Filter for spatially scalable HDTV-Codex", Signal Processing of HDTV, IV, pp.147-157, 1995.

저 자 소 개



裴 竣 奭(正會員)

1996년 2월 호서대학교 정보통신 공학과(학사). 1998년 2월 호서대학교 정보통신공학과(석사). 주관심 분야는 영상신호처리



朴 魯 京(正會員)

1984년 2월 고려대학교 전자공학과(학사). 1986년 2월 고려대학교 전자공학과(석사). 1990년 2월 고려대학교 전자공학과(박사). 1988년 2월 ~ 현재 호서대학교 정보통신공학부 부교수. 주관심분야는

VLSI/CAD, 영상신호처리



文 大 賢(正會員)

1979년 2월 숭실대학교 전자공학과(학사). 1981년 2월 고려대학교 전자공학과(석사). 1988년 2월 고려대학교 전자공학과(박사), 1994년 2월 ~ 1995년 2월 North Carolina State Univ. 연구교수.

1984년 3월 ~ 현재 호서대학교 정보통신공학부 정교수. 주관심분야는 VLSI 신호처리, ASIC 설계, RF 집적회로 설계