

# Jagging Artifact 억제 기법

## The Method for Removing Jagging Artifact

權 寧 辰<sup>†</sup> · 梁 承 竣<sup>\*</sup> · 李 寅 煥<sup>\*\*</sup>

(Young-Jin Kwon · Seung-Joon Yang · In-Hwan Lee)

**Abstract** - Digital display products are gradually becoming diversified and pursuing high-quality image display. Digital TV supports various video signal formats from conventional SD to digital HD because the format conversion of video image is required. Traditional format conversion of the video image is achieved by a 1-dimensional linear interpolator applying both horizontal and vertical direction. Jagging artifact can be expressed as the linkage of line segments in several directions. In this paper, we present the method that removes jagging artifact effectively using PCA (Principle Component Analysis) and reserve the detail in a given image.

**Key Words** : Jagging artifact, PCA, Directional interpolation

### 1. 서 론

일반적인 영상 신호의 크기 변환 방식은 nearest neighbor interpolation, bi-linear interpolation, bi-cubic interpolation 등이 있다. 이 중 보편적으로 사용되고 있는 bi-cubic interpolation은 4-tap interpolator를 가로 방향과 세로 방향 각각 적용하여 크기 변환을 하는데, 사선 방향의 edge에서는 원 영상의 sampling을 강조하여 잘못된 high-frequency를 발생시켜서 영상에서는 jagging artifact로 보여진다. [1]

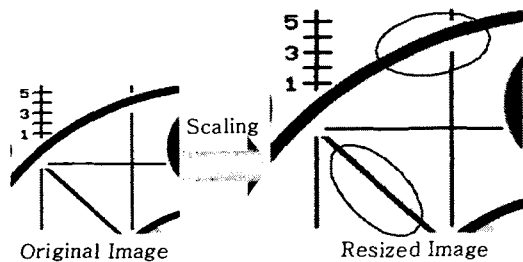


그림 1. 크기 변환 시 발생하는 jagging artifact  
Fig. 1. Jagging artifact due to resize

그림은 영상 신호의 크기 변환 시 발생하는 jagging artifact를 보여준다. 원 영상에서는 매끄럽게 보이는 사선 방향의 edge가 크기 변환을 거치면서 톱니 모양으로 거칠게 보인다. 이런 jagging artifact를 억제하기 위하여 다양한 접근

이 이루어져왔다.

Directional interpolation은 가로 방향과 세로 방향을 함께 고려하는 two-dimensional interpolator로써, 영상에서 edge의 방향을 고려하여 jagging artifact를 억제하면서 크기 변환을 하는 것이다. [2][3] Li는 local covariance를 이용하여 interpolation coefficient를 계산하였는데, jagging artifact를 효과적으로 억제하지만 픽셀 당 4X4 행렬의 역행렬을 계산하는 등 연산량이 많다는 단점을 가지고 있다. [3]

Level set은 픽셀값을 변화시키면서 contour를 부드럽게 하는 알고리즘으로써, Morse는 level set을 이용하여 크기 변환 시 발생하는 jagging artifact를 억제하는 방법을 제안하였다. [4] 원 픽셀은 처리하지 않고, 크기 변환 과정에서 생성된 픽셀만을 처리하여 corner와 세밀한 질감을 가진 영역을 무너뜨리지 않으면서 jagging artifact를 억제하지만, 원 픽셀과 생성된 픽셀의 구분이 모호한 정수배가 아닌 크기 변환에서는 corner와 세밀한 질감을 무너뜨린다.

본 논문에서는 PCA를 이용하여 jagging artifact를 억제하는 방법을 제안한다. [5]

제안한 방법은 Directional interpolation의 일종으로써, edge의 방향을 찾아서 edge 방향으로 smoothing을 하는 것이다. 영상의 국부적인 영역에 PCA를 적용하여 eigenvalue와 eigenvector를 계산하고, eigenvalue를 고려하여 국부적인 영역이 edge인지 corner 및 세밀한 질감을 가진 영역인지 구분하여 LPF gain을 계산한다. Edge 방향을 가리키는 eigenvector 방향으로 계산된 LPF gain만큼 smoothing을 하여 jagging artifact를 억제한다. Eigenvalue를 고려하여 corner 및 세밀한 질감 영역에서는 smoothing이 되지 않도록 하였고, eigenvector를 이용하여 정확하게 edge 방향을 검출하여 jagging artifact를 억제하였다.

본 논문의 내용은 다음과 같다. II장에서는 PCA 기법을 이용하여 크기 변환 시 발생하는 jagging artifact를 억제하는 방법에 관해서 설명하였다. III 장에서는 제안한 방법에 대한

<sup>†</sup> 교신저자, 非會員 : 삼성전자 DM 연구소 연구원  
E-mail : yi0107.kwon@samsung.com

<sup>\*</sup> 非 會 員 : 삼성전자 DM 연구소 책임 연구원

<sup>\*\*</sup> 正 會 員 : 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수  
接受日字 : 2004年 11月 16日  
最終完了 : 2005年 2月 21日

실험 결과를 보여주고, 마지막으로 IV 장에서는 결론을 맺는다.

## 2. Jaggging Artifact Remover

그림 2는 제안한 방법의 전체 흐름도이다.

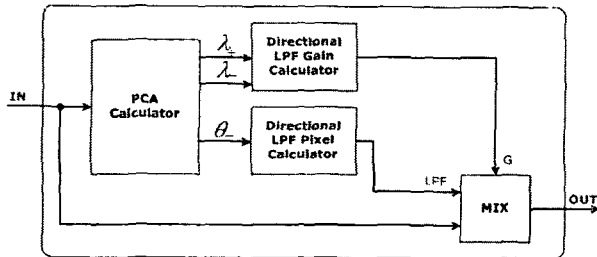


그림 2. Jaggging Artifact Remover 전체 흐름도  
Fig. 2. Block diagram of jaggging artifact remover

PCA Calculator는 영상의 국부적인 영역에서 PCA 기법을 이용하여 eigenvalue와 eigenvector를 산출하고, Directional LPF Gain Calculator는 eigenvalue를 이용하여 gain(G)를 계산한다. Directional LPF Pixel Calculator에서는 eigenvector 방향으로 low-pass filtering을 하여 LPF를 계산하고, 최종적으로 MIX부에서는 gain(G)를 고려하여 입력 픽셀(IN)과 LPF를 혼합하여 결과(OUT)를 산출한다.

### 2.1 PCA(Principle Component Analysis) Calculator

PCA 기법은 data 분석과 압축에 널리 사용되는 통계학적 분석 기법으로써, high-dimensional feature space를 가지는 dataset에서 feature 간 correlation이 least square 관점에서 최소로 줄어드는 새로운 feature space를 정의한다.

본 논문에서는 일정 범위 내 픽셀을 data로 하고, 픽셀의 수평방향 미분값과 수직방향 미분값을 feature로 정의하여 2-dimensional feature space에서 PCA 기법을 적용하여, 두 개의 eigenvalue ( $\lambda_{+/-}$ )와 eigenvector ( $\theta_{+/-}$ )를 획득한다. Larger eigenvalue ( $\theta_{+}$ )는 gradient 방향을 가리키며, larger eigenvalue ( $\lambda_{+}$ )는 gradient 방향으로의 variation을 나타낸다. Smaller eigenvector( $\theta_{-}$ )는 edge 방향을 가리키며,  $\theta_{+}$ 와 는 수직을 이룬다. Smaller eigenvalue( $\lambda_{-}$ )는 edge 방향으로의 variation을 나타낸다.

### 2.2 Directional LPF Gain Calculator

Eigenvalue는 국부적인 영역의 특성을 보여준다.

Flat region	Edge	Corner
$\lambda_{+} \approx \lambda_{-} \approx 0$	$\lambda_{+} \gg \lambda_{-}$	$\lambda_{+} \approx \lambda_{-} \gg 0$

그림 3. Eigenvalue에 따른 영역 특성  
Fig. 3. The characteristics of the region

$\lambda_{+} \approx \lambda_{-} \approx 0$ 는 gradient 방향과 edge 방향의 variation이 거의 없는 것으로, 어떤 edge와 corner도 포함하지 않은 평탄한 영역이다.

$\lambda_{+} \gg \lambda_{-}$ 는 gradient 방향으로만 큰 variation을 가지는 영역으로써 edge를 포함한 영역이다.

$\lambda_{+} \approx \lambda_{-} \gg 0$ 는 gradient 방향과 edge 방향 둘 다 큰 variation을 가지는 corner에 해당한다.

Corner와 같은 세밀한 부분은 유지하면서 edge에서 발생하는 jaggging artifact를 억제하기 위해, eigenvalue의 비를 이용하여 directional lpf gain(G)를 설계한다.

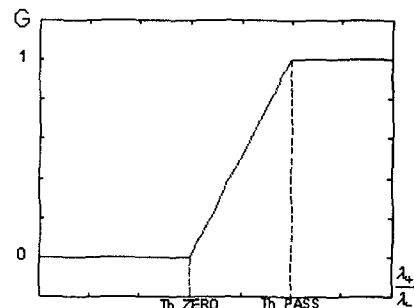


그림 4. Eigenvalue의 비에 따른 directional lpf gain(G)  
Fig. 4. Directional lpf gain curve

그림은 eigenvalue의 비에 따른 G를 설계한 것이다. Eigenvalue의 비가 Th\_ZERO 이하의 값을 가지면 corner라고 간주하여 G를 0으로 두어 directional lpf pixel의 gain이 0이 되고, eigenvalue의 비가 Th\_PASS 이상의 값을 가지면 edge라고 간주하여 G를 1로 하여 directional lpf pixel의 gain이 1이 된다.

실험 결과 Th\_ZERO는 4~8, Th\_PASS는 8~12 범위에서 제안한 방법이 효과적으로 작용한다는 것을 알았다.

### 2.3 Directional LPF Gain Calculator

Directional lpf pixel(LPF)은 PCA Calculator에서 계산된  $\theta_{-}$  방향으로 low-pass filtering을 하여 계산한다.

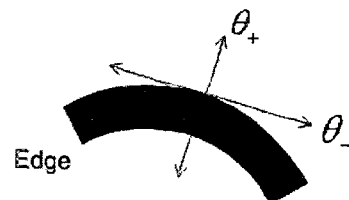


그림 5. Edge영역에서의 Edge 방향과 gradient 방향  
Fig. 5. Edge and gradient direction in edge region

그림은 PCA Calculator에서 계산된 edge 방향( $\theta_{-}$ )을 보여준다. 최종적으로 MIX부에서는 입력 픽셀(IN), directional lpf pixel(LPF), directional lpf gain(G)를 고려하여 결과 픽셀(OUT)을 계산한다. OUT은 G를 고려한 IN과 LPF의 weighted sum의 형태로 표현이 된다.

$$OUT=(1-G)*IN+G*LPF \quad (식1)$$

3. 실험 및 실험 결과

본 논문에서는 제안한 방법의 성능을 알아보기 위해 크기 변환된 영상과 캠코더 영상에서 실험을 하였으며, 정량적인 성능 평가 방법을 이용하여 제안한 방법과 기존 방법의 성능을 비교 평가하였다.

PCA를 적용하기 위해 5X5 블록 내 수평방향 미분값과 수직방향 미분값을 이용하였고, (Th\_PASS, Th\_ZERO)=(6,10)의 고정된 값을 적용하였다.

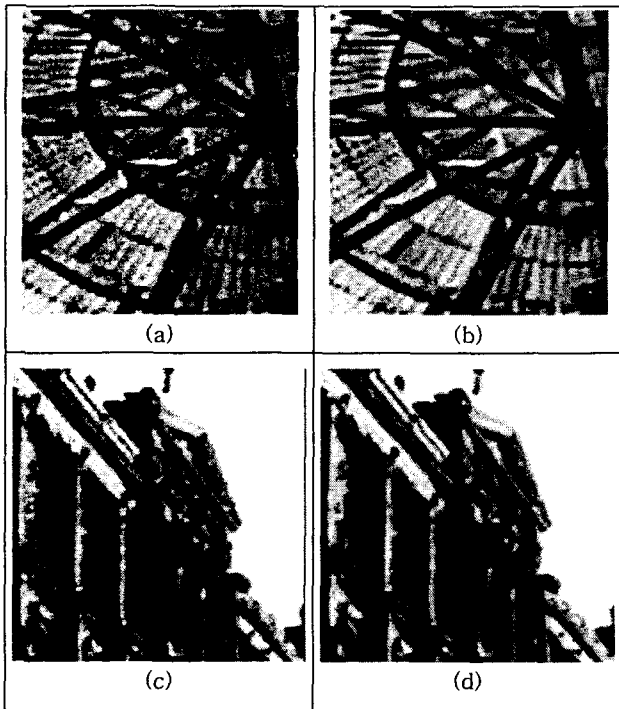


그림 6. 크기 변환 된 영상에서의 적용 결과  
(a), (c) 원 영상  
(b), (d) 제안한 방법을 적용한 결과 영상

Fig. 6. Result in resized image  
(a), (c) original image  
(b), (d) result image

그림 (a),(c)는 bi-cubic interpolation을 이용하여 가로, 세로 각각 2배 확대한 영상이다. Bi-cubic interpolation을 이용하여 영상 확대를 하면 수평 수직 edge가 아닌 사선 방향의 edge에서는 jagging artifact가 발생한다. 확대된 영상의 제안한 방법을 적용하면 그림 (b),(d)처럼 jagging artifact를 억제하여 edge가 매끄럽게 한 방향의 선으로 보여지는 것을 알 수 있다.

그림 (a)는 캠코더 영상으로써 하나의 CCD array에서 RGB 성분을 추출해야 하는 캠코더의 특성으로 인하여 edge에서 jagging artifact가 발생한다. 그림 (b)를 보면 jagging artifact를 효과적으로 억제하는 것을 알 수 있다.

제안한 방법의 성능을 정량적으로 평가하기 위해서, 다음

과 같은 절차를 거쳐 실험을 하였다.

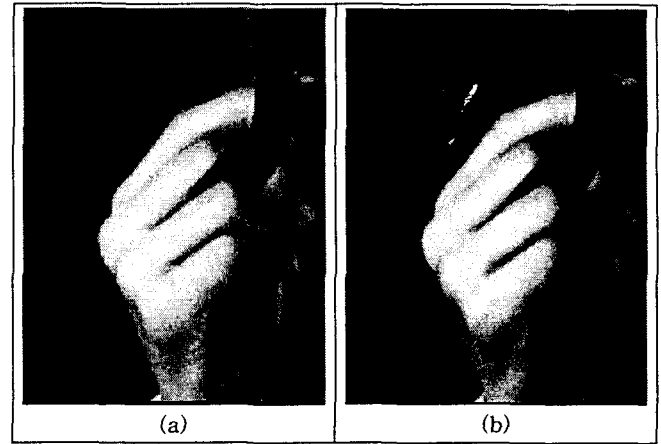


그림 7. 캠코더 영상에서의 적용 결과  
(a) 원 영상 (b) 제안한 방법을 적용한 결과 영상  
Fig. 7. Result in 1-CCD camcorder image  
(a) Original image (b) Result image

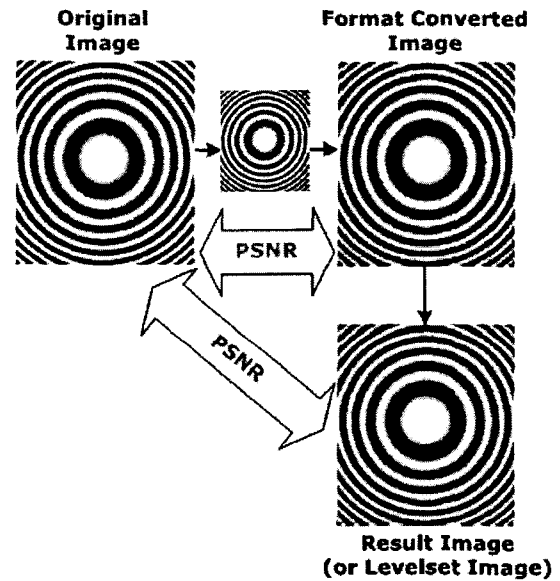


그림 8. 정량적 성능 평가 방법  
Fig. 8. Quality Test

Jagging artifact는 크기 변환 시 발생하는 화질 열화로써, 원 영상을 down-sampling과 up-sampling을 거쳐서 원 영상과 같은 크기를 가지는 크기 변환된 영상을 만든다. 크기 변환된 영상과 원 영상의 PSNR을 계산하고, 크기 변환된 영상의 제안한 알고리즘을 적용한 결과 영상과 원 영상의 PSNR을 계산하였다. 기존 방법과 성능 비교를 위해 Morse가 제안한 방식 [4]도 적용하였다. 제안한 방법은 DTV, Camcorder와 같은 영상처리 제품에 적용되는 것을 목적으로 하여, 복잡도가 높아서 하드웨어로 구현하기 어려운 New edge-directed interpolation [3]과 Aqua image interpolation [6]과는 비교 평가하지 않았다.

표 1. 정량적 성능 평가 표

Table 1. Quality Test Table

	PSNR (크기변환된 영상)	PSNR (제한한방법)	PSNR (Morse방법)
Zoneplate	21.94 dB	22.99 dB	22.58 dB
Lena	28.15 dB	28.36 dB	28.04 dB
Camera	25.48 dB	25.67 dB	25.55 dB

표를 보면 크기 변환된 영상보다 제한한 방법을 적용한 영상에서 PSNR이 상승하는 것을 알 수 있다. 또한 Morse의 방법보다도 PSNR이 높아서 크기 변환 시 발생하는 jagging artifact를 보다 효과적으로 억제하는 것을 보여준다.

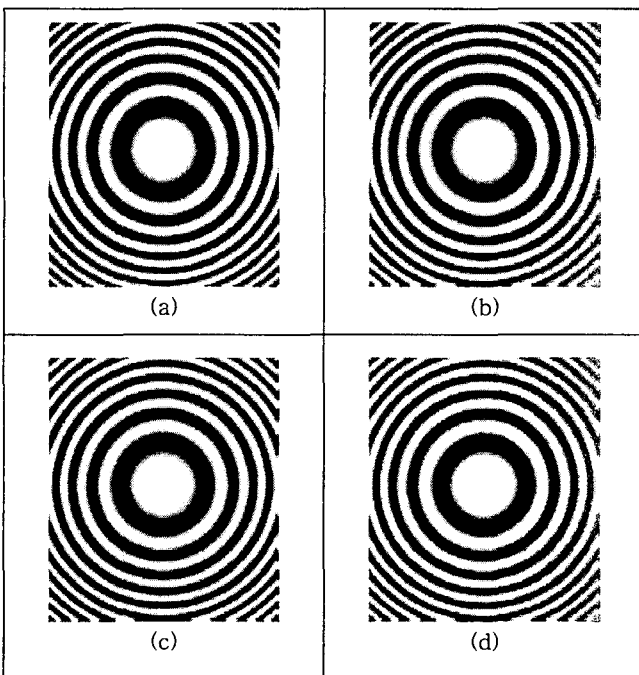


그림 9. 정량적 성능 평가 방법 결과 영상  
(a) 원 영상 (b) 크기 변환된 영상  
(c) 제안한 방법을 적용한 결과 영상  
(d) Morse 방법을 적용한 결과 영상

Fig. 9. The result of the quality test  
(a) Original image (b) Resized image  
(c) Result image of the proposed method  
(d) Result image of the Morse method

그림은 DTV 화질 평가용 실험 영상인 zone-plate 영상으로써, 정량적 성능 평가 과정에서 산출된 영상과 결과 영상 그리고 비교 평가를 위한 Morse 방법 적용 영상을 보여준다. 그림 (b)는 down-sampling과 up-sampling의 크기 변환 과정을 거치면서 jagging artifact를 포함하고 있으며, 그림 (c),(d)는 각각 제안한 방법과 Morse 방법을 적용하여 jagging artifact를 억제한 결과이다. Morse 방법은 edge의 방향을 고려하는 것이 아니라 곡률에 의해서 픽셀값을 변화시키는 것이라 정도의 각도는 곡률이 커서 jagging artifact를 억제하지만, 그보다 작은 각도

에서는 곡률이 작아서 jagging artifact를 제대로 억제하지 못하는 단점을 가지고 있다. 제안한 방법은 edge의 방향을 고려하기 때문에 정도의 각도뿐만 아니라 그보다 작은 각도에서 발생하는 jagging artifact도 효과적으로 억제한다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 PCA를 이용하여 jagging artifact를 억제하는 방법에 대하여 서술하였다. Eigenvalue를 이용하여 gain을 결정하고, eigenvector로 구해진 edge 방향으로 directional smoothing을 하여 jagging artifact를 억제하였다.

Eigenvalue를 이용하여 corner를 구분하여 corner가 무너지는 것을 막고, eigenvector를 이용하여 edge 방향을 보다 정확하게 검출하였으며, 크기변환 된 영상과 캡코더 영상 등 다양한 환경에서도 효과적으로 jagging artifact를 억제하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 2003년도 삼성전자 DM연구소의 지원에 의해 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] R. G. Keys, "Cubic Convolution Interpolation for Digital Image Processing," IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 29, no. 6, pp. 1153-1160, 1981.
- [2] K. Jensen and D. Anastassiou, "Subpixel edge localization and the interpolation of still images," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 4, pp.285 - 295, Mar. 1995.
- [3] X. Li and M. T. Orchard, "New edge-directed interpolation," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 10, no. 10, pp. 1521-1527, Oct. 2001.
- [4] B. Morse and D. Schwartzwald, "Image magnification using level set reconstruction," Proc. International Conf. Computer Vision (ICCV), pages 333 - 341, 2001.
- [5] I. Jolliffe, Principle Component Analysis. New York: Springer-Verlag, 1986.
- [6] D. D. Muresan, "Adaptively Quadratic (Aqua) Image Models," IEEE Trans. on Signal Processing, vol. 51, no. 5, pp. 2270-2279, April 2004.