

논문 2012-49-11-7

Bilateral Filter를 이용한 적응적 언샤프 마스크

(Adaptive Unsharp Masking using Bilateral Filter)

김 학 구*, 이 동 복*, 송 병 철**

(Hak Gu Kim, Dong Bok Lee, and Byung Cheol Song)

요 약

본 논문에서는 선명도가 향상된 영상의 오버슈트와 계단현상을 줄이기 위해 에지 보존 스무딩 필터인 bilateral filter를 이용한 적응적 언샤프 마스크 기법을 제안한다. Unsharp masking(UM)을 포함한 기존의 선명도 개선 기법들은 영상의 고주파정보를 강하게 강조하지만, 종종 오버슈트, 잡음증폭, 계단현상 등 여러 문제점들을 야기한다. 제안한 선명도 개선 방법은 bilateral filter를 활용하여 에지를 잘 보존하고, 에지의 방향성에 따라 가중치를 더 세밀하게 조절한다. 따라서 선명도는 향상시키고 오버슈트, 계단현상 문제를 효과적으로 줄일 수 있었다. 기존의 적응적 언샤프 마스크 기법과 제안하는 방법의 결과영상을 비교하여 실험을 수행한 결과, 제안하는 알고리즘이 적절하게 선명도를 개선함을 보여주었고 오버슈트와 계단현상도 많이 감소됨을 알 수 있었다.

Abstract

In this paper, adaptive unsharp masking using bilateral filter, edge-preserving smoothing filter is proposed to reduce the overshoot and jaggling artifact in sharpening images. Previous image enhancement methods including unsharp masking(UM) can emphasize high-frequency details strongly, but often cause several artifacts such as overshooting, noise, jaggling and so on. Proposed image enhancement method preserves edges well because of using bilateral filter and sensitively controls a weight according to edge's directions. Therefore, it enhances sharpness and effectively reduces overshoot and jaggling artifacts. Simulation results comparing output of previous AUM with proposed method show that proposed algorithm makes images properly enhanced, and we know that overshoot and jaggling artifacts are many reduced.

Keywords : contrast enhancement, adaptive sharpening, bilateral filter

I. 서 론

과거 TV는 단지 방송을 보는 도구에 불과했지만 최근 TV는 UDTV (Ultra Definition Television), 3DTV, 스마트TV 등 다양한 콘텐츠들을 소화할 수 있는 멀티미디어적인 기기로 관심 받고 있다. 특히 TV의 크기가

커지고 화질이 좋아지면서 TV를 통해 영화를 감상하더라도 스크린 못지않은 뛰어난 영상을 느낄 수 있게 되었고, 현재 세계 TV시장은 기존의 HDTV보다 더 고해상도의 UDTV를 준비하고 있다. 그리고 TV뿐만 아니라 스마트폰과 태블릿PC등의 출현으로 모바일기기에서도 화면이 커지고 화질을 중요시하는 시대가 되었다. 그래서 화질의 선명도는 이러한 기기들의 스펙을 좌우하는 큰 척도 중의 하나가 되었고, 현재 선명도 개선에 관한 많은 연구들이 진행되고 있다.

영상의 선명도를 개선하는 방법에는 기본적으로 Laplacian filtering 기법^[1]과 unsharp masking (UM)기법 등이 있다^[2]. 이런 기본적인 방법들은 강한 선명도

* 학생회원, ** 평생회원, 인하대학교 전자공학부 (School of Electronic Engineering, Inha University)

※ 이 논문은 2012년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구이며 (2012000446), LG전자(주)의 지원에 의하여 수행되었음.

접수일자: 2012년4월27일, 수정완료일: 2012년9월14일

개선효과를 이끌어내지만 물결현상 또는 계단현상을 생성하고 잡음에 민감한 특징을 가진다. 그리고 이미 강한 대비 (contrast)를 가지는 부분에서 오버슈트를 야기한다. 이런 여러 가지 결점을 보완하기 위해 많은 알고리즘이 제안되었다^[3~10]. Garnica 등은 물결 현상을 해결하기 위해 각 픽셀 주변의 분산을 이용하여 에지를 예측한 후, MHN (Maximum Homogeneity Neighbor) 필터를 이용해 부드럽게 하는 방법을 제안하였다^[3]. Kam 등은 잡음의 증폭을 최소화하며 선명도를 높이기 위해 fuzzy network을 이용한 방법을 제안하였고^[4], Horiuchi 등은 SUSAN 필터를 이용한 잡음제거 기법을 선명도 개선과정에 더하여 평탄한 지역의 잡음을 감소시키는 방법을 제안하였다^[5]. 또한, Tegenbosch와 Beller 등은 선명도를 개선할 때 종종 발생할 수 있는 오버슈트 문제를 해결하기 위하여 에지 픽셀 주변의 최대값, 최소값, peaking 값 중 중간 값을 취하는 방식의 일명 LTI (Luminance Transient Improvement)라고 불리는 기법을 제안하였다^[6~7]. Polesel 등은 영역 내 에지 특성에 따라 UM의 강도를 조절하는 adaptive unsharp masking (AUM)기법을 제안하였다^[8]. 이 기법은 평탄한 영역에서는 잡음이 증폭되지 않고, 에지 부분은 효과적으로 개선하는 방식으로써 낮은 복잡성과 적은 연산 량으로 우수한 화질을 보였다. 하지만 여전히 강한 에지에서의 오버슈트 문제와 다양한 에지의 각도에 잘 대처하지 못해 발생하는 계단 현상이 존재하였다. 최근 Zaafouri 등은 영상의 밝은 영역에서는 원본 영상으로부터 에지를 추출하고, 어두운 영역에서는 반전 영상으로부터 에지를 추출하는 언샤프 마스킹 기법을 제안했다^[9].

본 논문에서는 여러 방향에 대한 에지를 보존하면서 계단현상을 완화하기 위해서 bilateral filtering을 이용한 UM 방법을 제안하고자 한다. 첫째, bilateral filter를 활용해 고주파정보를 추출하여 기존 기법보다 에지가 잘 보존되고 계단현상이 완화된 이상적인 고주파모델을 만들어낸다. 둘째, 선명도를 높이기 위해 원본영상에 더해줄 고주파성분의 가중치 (scaling factor)를 계산한다. 여기에서 가중치는 앞에서 이상적으로 추출된 고주파 성분과의 오차를 최소화하도록 그리고 이전 픽셀과의 상관관계를 고려해 픽셀단위로 최적화를 수행하여 계산된다. 마지막으로 이렇게 구해진 고주파성분과 원본을 더해 선명도 개선된 결과 값을 얻는다. 그 결과, 선명도

는 개선되면서 기존기법 대비 잡음과 계단현상에 더 강하고 시각적으로 편안한 결과를 얻을 수 있었다.

II. 제안 기법

1. 기존 기법

그림 1과 같이 AUM^[8]은 크게 4단계로 이루어져 있다. 본 절에서는 각 과정을 간략하게 설명하여 기존 방법의 전체적인 개념을 소개한다.

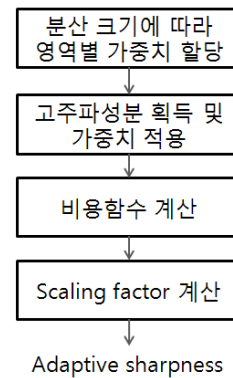


그림 1. 적응적 언샤프 마스킹을 이용한 화질개선 기법.

Fig. 1. Image enhancement via adaptive unsharp masking method.

가. 분산 크기에 따라 영역분류 및 가중치 할당

중심픽셀 과 주변 영역과의 분산 $v_i(n,m)$ 을 계산하여 영역 내에서의 두드러진 정도를 측정한다. 그리고 계산된 분산 값이 τ_1 이하인 평탄한 영역 (low contrast), 분산 값이 τ_1 과 τ_2 사이인 중간 대비영역 (medium contrast), 마지막으로 분산 값이 τ_2 이상인 높은 대비 (high contrast)를 가지는 영역, 이렇게 세 영역으로 분류한다. 세 영역에는 다음 식과 같이 서로 다른 크기의 가중치 값 $\alpha(n,m)$ 이 주어진다.

$$\alpha(n,m) = \begin{cases} 1. & \text{if } v_i(n,m) < \tau_1 \\ \alpha_{dh} (> 1). & \text{if } \tau_1 \leq v_i(n,m) < \tau_2 \\ \alpha_{dl} (1 < \alpha_{dl} < \alpha_{dh}). & \text{if } v_i(n,m) \geq \tau_2 \end{cases} \quad (1)$$

이렇게 하여, 높은 대비를 가지는 부분에서는 오버슈트를 막기 위해 중간 크기의 가중치 값 $\alpha_{dl}(n,m)$ 을, 중간 대비에서는 높은 가중치 값 $\alpha_{dh}(n,m)$ 을, 평탄한 영역에서는 잡음에 강하게 하기 위해 1이라는 값을 할당하여 시각적으로 볼 때, 잡음은 억누르고 선명도의

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

그림 2. 일반적인 고주파대역통과 필터.
Fig. 2. General high pass filter.

세기를 전체적으로 균형 있게 높이는 결과를 얻고자 했다.

나. 고주파성분 획득 및 가중치 적용

[8]에서는 지역적 에지 세기를 계산하기 위해서 그림 2와 같이 가장 일반적인 고주파대역 필터를 사용하였다. 이 필터를 통해 얻어진 영상의 고주파정보 $g_x(n,m)$ 에 앞의 과정 가에서 정한 영역별 가중치 값 $\alpha(n,m)$ 을 곱하여 고주파정보 $g_d(n,m)$ 을 얻는다.

$$g_d(n,m) = \alpha(n,m)g_x(n,m) \tag{2}$$

다. 비용함수 계산

최종결과 영상 $y(n,m)$ 은 입력영상 $x(n,m)$ 에 영상의 고주파 정보를 더하는 UM 방법으로 얻어진다. 여기서 말하는 고주파 정보란 수평, 수직 방향으로 라플라스 연산자를 취한 값인 $z_x(n,m)$ 와 $z_y(n,m)$ 에 영역의 에지세기에 따라 적응적으로 계산된 가중치 $\lambda_x(n,m)$, $\lambda_y(n,m)$ 를 곱한 값을 의미한다. 이 가중치 값을 구하기 위해서 먼저 비용함수를 정의해야 한다. 비용함수는 식 (3)과 같이 우리가 추정한 결과영상 $y(n,m)$ 의 고주파정보 $g_y(n,m)$ 와 실제 고주파정보 $g_d(n,m)$ 의 차이 제곱의 평균으로 정의한다.

$$J(n,m) = E[e(n,m)^2] = E[(g_d(n,m) - g_y(n,m))^2] \tag{3}$$

라. Scaling factor 계산

비용 함수를 최소로 하는 가중치를 계산하기 위해 최적화 알고리즘을 사용한다. 최적화 알고리즘에는 크게 steepest-descent method, Gauss-Newton method, Levenberg-Marquardt method 등이 있다.^{12~13)} 먼저, steepest descent method는 2차 미분 값을 사용하지 않고 1차 미분을 이용한 방법이다. 현재의 값에 이동 비율과 방향을 더해주면 다음의 값이 된다는 개념이다.

이동방향은 최대 급경사의 반대 방향이며, 그 방향으로 이동하면서 원 함수의 최소값을 찾는 방식이다. 다음으로 Gauss-Newton method과 Levenberg-Marquardt method는 비선형 최소 자승법으로 기존의 newton method에서 변형된 방식이다. 두 방법은 비용함수의 2차 근사모델을 만든 뒤, 이를 미분하여 2차 근사 모델이 0이 되도록 하는 최소값을 찾는 방법이다. 자세한 내용은 [12~13]을 참고하면 된다. 기존의 Polesel의 방법 [8]에서는 Gauss-Newton method을 이용해 식(3)을 최소로 하는 가중치 $\lambda_x(n,m)$, $\lambda_y(n,m)$ 를 계산한다. 그리고 이 값을 $z_x(n,m)$, $z_y(n,m)$ 과 곱한 뒤, 입력 영상 $x(n,m)$ 에 더하여 식 (4)와 같이 결과 영상 $y(n,m)$ 을 얻는다.

$$y(n,m) = x(n,m) + \lambda_x(n,m)z_x(n,m) + \lambda_y(n,m)z_y(n,m) \tag{4}$$

2. 제안하는 방법

우리는 여전히 대각선 방향으로의 강한 에지에서 발생하는 계단 현상 문제를 해결하고자 일반적인 고주파대역 통과 필터가 아닌 bilateral filter^[15]를 활용하여 에지의 방향성을 고려한 고주파 참조영상 $g_x(n,m)$ 을 생성하는 방법을 제안한다. 또한, Levenberg-Marquardt method를 사용하여 가중치가 좀 더 빠르게 수렴하여 안정적인 값을 갖도록 하였다. 제안하는 방법은 그림 3과 같다. 먼저, 분산을 계산하여 분산 크기에 따라 영역을 나누고, 나뉜 영역에 해당하는 가중치 값을 영상의 고주파 성분에 곱하여 원하는 결과영상 모델을 생성한다.

우리는 이 고주파 모델을 생성할 때, bilateral filter를 활용하여 에지가 잘 보존되도록 추출한다. 두 번째 단

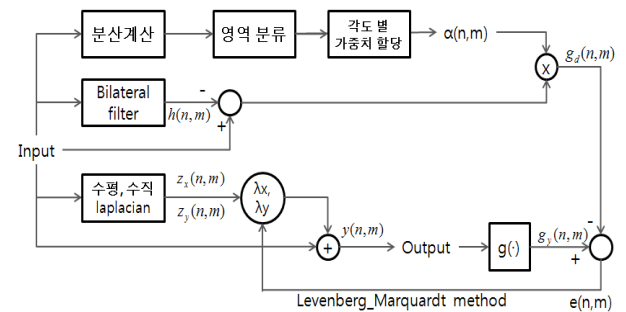


그림 3. 제안하는 알고리즘의 블록도.
Fig. 3. The block diagram of the proposed algorithm.

계로 수평, 수직 방향의 에지 성분과 초기 가중치를 곱하여 만들어진 고주파 성분을 원본에 더하는 UM 방법을 통해 중간 결과영상을 얻는다. 마지막으로 중간 결과영상과 미리 구해진 이상적인 결과 모델의 차이를 계산하고, Levenberg-Marquardt method를 통해 이 비용 함수의 크기를 최소로 하는 가중치를 반복적으로 계산하여 최종적으로 결과영상을 얻어낸다.

가. Bilateral filter를 이용한 고주파정보 추출

아무리 좋은 최적화 알고리즘을 사용하더라도 따라가고자 하는 고주파 영상에 계단 현상이 존재한다면 얻어진 결과영상에서도 이 현상을 피할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 bilateral filter를 사용하여 에지의 방향성을 고려한 고주파 영상 모델을 생성하는 방식을 제안한다. Bilateral filter는 영상 내 에지를 보존하고 잡음을 위주로 뭉개는 대표적인 스무딩 필터이다. Bilateral filter를 적용한 결과 $\mathbf{h}(\mathbf{x})$ 는 아래의 식들로 얻어진다.

$$h(\mathbf{x}) = \frac{1}{k(\mathbf{x})} \sum_{\mathbf{y} \in \Omega} c(\mathbf{x}, \mathbf{y}) s(\mathbf{I}(\mathbf{x}), \mathbf{I}(\mathbf{y})) \mathbf{I}(\mathbf{y}) \quad (5)$$

$$k(\mathbf{x}) = \sum_{\mathbf{y} \in \Omega} c(\mathbf{x}, \mathbf{y}) s(\mathbf{I}(\mathbf{x}), \mathbf{I}(\mathbf{y})) \quad (6)$$

$$c(i, j) = \exp\left(-\frac{\|i - j\|^2}{2\sigma_d^2}\right) \quad (7)$$

$$s(u, v) = \exp\left(-\frac{\|u - v\|^2}{2\sigma_r^2}\right) \quad (8)$$

위의 식에서 \mathbf{x} , \mathbf{y} 는 각각 현재 픽셀의 위치와 이웃 픽셀의 위치를 의미하고 $\mathbf{I}(\mathbf{x})$ 와 $\mathbf{I}(\mathbf{y})$ 는 해당 위치에서의 픽셀 값을 의미한다. 그 다음 $c(\cdot)$ 는 픽셀 위치들 간의 인접도를, $s(\cdot)$ 는 픽셀 값들의 유사도를 뜻한다. 출력 결과는 $c(\cdot)$ 와 $s(\cdot)$ 의 적응적인 컨볼루션을 통해서 계산된다. 이러한 bilateral filter의 특징을 이용해 식 (9)와 같은 방법으로 계산하여 이상적인 고주파정보 $g_x(n, m)$ 을 얻어낸다.

$$g_x(n, m) = k(x(n, m)) - h(n, m) \quad (9)$$

$x(n, m)$ 은 원본영상이고, k 는 고주파정보에 곱해지는 가중치 값, $h(n, m)$ 은 bilateral filtering 된 영상을 말

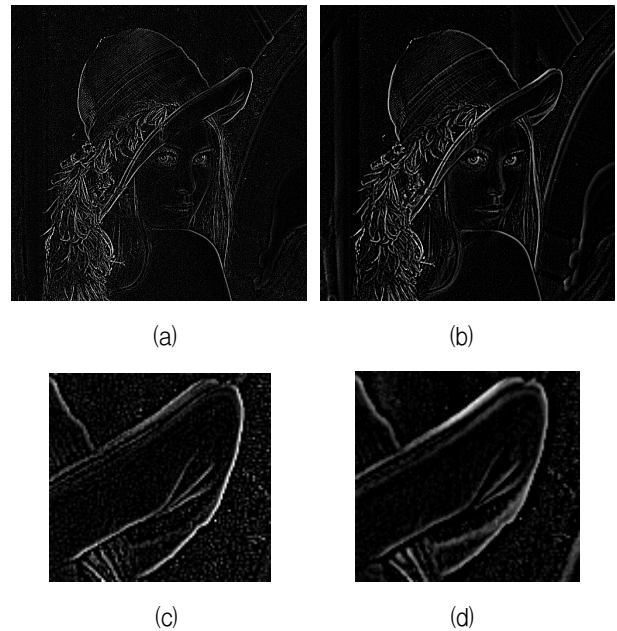


그림 4. (a) [8]에서의 g_x , (b) 제안하는 기법의 g_x ,
(c) (a) 내의 사선 에지, (d) (b) 내의 사선 에지.
Fig. 4. (a) g_x of [8], (b) g_x of the proposed method,
(c) diagonal edge in (a), (d) diagonal edge in (b).

한다. 그림 4에서 볼 수 있듯이, 여러 방향에 대한 고주파 성분이 더 뚜렷하고 대각선 에지에서는 계단 현상이 현저하게 줄어든 것을 확인할 수 있다. 본 논문은 라플라스 연산자를 취해 구해진 가중치 값이 이렇게 얻어진 이상적인 고주파성분에 근접하도록 만드는 가중치를 계산하여 최종 결과를 얻어낸다. 우리가 얻고자하는 영상의 고주파 성분이 여러 방향에 대해 뚜렷해지고 계단 현상이 사라졌기 때문에, 이렇게 개선된 목적 영상을 상대로 최적화를 수행하여 얻어진 결과 역시 좋은 선명도 개선 효과를 보이게 된다.

나. 에지 각도에 따른 선명도 세기 조절

우리는 인간의 시각 체계에 근거하여 선명도의 강도를 조절하고자 한다. Essock 등은 사람의 눈은 두드러져 보이는 영역의 방향에 따라 인지하는 민감도가 다를 것을 실험적으로 밝혀냈다^[14]. 이 사실에 따르면 사람의 눈은 45도 또는 135도에 가까운 경사진 영역에 특히 민감하며, 수직과 수평 영역에는 상대적으로 덜 민감하다. 이를 oblique effect라고 한다. 실제로 원본 자체의 선명도가 강한 대각선 에지 영역에서는 계단 현상과 오버슈트가 다른 영역에 비해 눈에 더 잘 띄었다. 따라서 본

논문에서는 고주파정보가 강하고 45도와 135에 가까운, 즉 비스듬한 경사일수록 가중치를 조금씩 낮추는 방법을 아래 식 (10)과 같이 제안한다.

$$\begin{cases} k = 4.25 + 0.1 \frac{|45^\circ - \theta|}{10}, & 0 \leq \theta \leq 90^\circ \\ k = 4.25 + 0.1 \frac{|135^\circ - \theta|}{10}, & 90 < \theta \leq 180^\circ \end{cases} \quad (10)$$

k 는 식 (9)에서의 가중치 값이다. 식 (10)에서 첫 번째와 두 번째 줄은 조건에 해당하는 각도의 모든 에지에 적용되는 것이 아니다. 저 각도에 해당되는 동시에 강한 에지를 가지는 영역에 대해서만 적용된다. 그 이유는 해당 경사의 강한 에지에서 여러 결함들이 눈에 잘 띄기 때문이다. 그러므로 45도 경사를 갖는 에지라도 그 세기가 약하다면 눈에 거슬릴 확률이 낮으므로 $k=4.7$ 로 높은 가중치 값을 할당한다.

다. Levenberg-Marquardt Method를 이용한 최적화

본 논문에서는 비용함수 $e^2(n, m)$ 의 크기를 줄일 수 있도록 하는 $g_y(n, m)$ 를 구하고자 한다. $g_y(n, m)$ 는 아래의 식 (11)과 같다.

$$g_y(n, m) = g_x(n, m) + \Lambda^T(n, m)G(n, m) \quad (11)$$

$$G(n, m) = [g_{zx}(n, m), g_{zy}(n, m)]^T \quad (12)$$

$$\Lambda(n, m) = [\lambda_x(n, m), \lambda_y(n, m)]^T \quad (13)$$

여기에서 $g_{zx}(n, m)$, $g_{zy}(n, m)$ 은 $z_x(n, m)$, $g_{zy}(n, m)$ 의 고주파 정보를 뜻한다. 비용함수 $e^2(n, m)$ 의 크기는 가중치 $\Lambda(n, m)$ 에 달려있다. 비용함수를 최소화로 만드는 $\Lambda(n, m+1)$ 을 구하기 위해 본 논문은 Levenberg-Marquardt method을 사용했다. 이 방법은 Gauss-Newton method에 감쇠방법을 추가하여 좀 더 안정적이고 적절한 근사화가 이루어지도록 한 방법이다. 감쇠 방법이란 매 단계마다 실제 값에 대한 근사 값의 정확도인 이득 율(Q)을 통해 감쇠 매개변수 ρ 값을 조절하여 항상 안정적으로 근사 값을 구해주는 방법이다.

$$\Lambda(n, m+1) = \Lambda(n, m) + \Delta \quad (14)$$

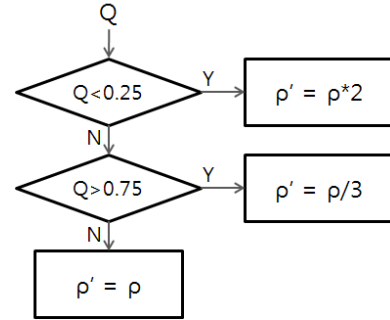


그림 5. Marquardt의 감쇠법 알고리즘.

Fig. 5. Damped method proposed by Marquardt.

$$\Delta = [R(n, m) + \rho I]^{-1} 2\mu e(n, m)G(n, m) \quad (15)$$

$$R(n, m) = (1 - \beta)R(n, m - 1) + \beta G(n, m)G^T(n, m) \quad (16)$$

$R(n, m)$ 은 이전 픽셀에서의 에지를 고려한 자기 상관 행렬이고 본 논문에서는 $R(n, m)$ 에 감쇠 매개 변수 ρ 를 더해주는 방법을 사용하였다. 따라서 가중치의 변화량 Δ 를 계산할 때, $R(n, m)$ 의 행렬식이 존재하지 않거나 근사 값이 실제 값과 차이가 큰 경우에도 ρ 가 상황에 따라 ρ' 으로 갱신되면서 Δ 가 안정적으로 계산된다. 초기 값 ρ_0 는

$$10^{-3} \times \max\{g_{zx}^2(n, 1), g_{zx}(n, 1)g_{zy}(n, 1), g_{zy}^2(n, 1)\}$$

으로 정해지고, 감쇠 방법은 아래 그림 5와 같다.

III. 실험

본 논문에서는 기존의 Polesel 알고리즘^[8]과 향상된 UM 방법^[9] 그리고 제안하는 AUM의 성능을 비교하고자 다음과 같이 실험을 하였다. 그림 6과 같이 세 가지 영상에 대해 선명도 개선과 오버슈트 그리고 계단 현상을 관찰해보았다. 그림 7, 8은 그림 6(a) 영상의 일부



그림 6. 실험에 사용한 영상들.

Fig. 6. Images used in the experiment.

표 1. 각 알고리즘에서 사용된 파라미터 값들.
 Table 1. Parameters for each algorithm.

	Parameters
[8]	$\tau_1=60, \tau_2=200, \alpha_{dh}=4, \alpha_{dl}=3,$ $\mu=0.1, \beta=0.5$
[9]	$k=0.01$
Proposed	$\tau_1=60, \tau_2=200, \alpha_{dh}=4, \alpha_{dl}=3,$ $\mu=0.1, \beta=0.5, \sigma_d=2, \sigma_r=300$

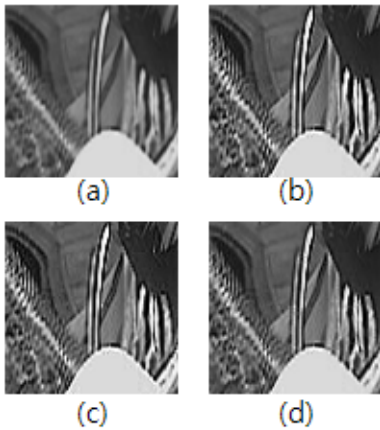


그림 7. (a) 원본영상, (b) [8], (c) [9], (d) 제안한 방법.
 Fig. 7. (a) Original, (b) [8], (c) [9], (d) Proposed.

영역을 원본 크기로 올려낸 것이다.

그림 7을 살펴보면 고주파 성분이 너무 강해서 [8]과 [9]의 경우 오히려 지저분하게 보이고 원본에 없던 계단 현상까지 나타남을 볼 수 있다. 하지만 제안한 방법의 결과는 높은 고주파영역에서 [8]과 [9]보다 자연스럽게 계단 현상도 많이 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 선명도는 두 기법보다 다소 낮아 보이나 원본과 비교했을 때 충분한 선명도 개선이 이루어졌음을 알 수 있다. 그림 8에서도 [8]과 [9] 방법에서 강한 계단 현상이 발생함을 확인할 수 있었다. 그러나 제안하는 방법에서는 에지 보존 필터인 bilateral filter를 이용한 고주파 정보 추출과 각도에 따른 가중치 조절 때문에 이러한 대각선 에지에서의 계단 현상을 최소화하였다. 결과적으로 제안하는 기법은 시각적으로 보다 자연스럽게 결함이 적은 결과를 이끌어낸다. 또한 원본에 비해 좋은 선명도 개선 효과를 가져와 시각적으로 또렷하고 동시에 거슬리지 않는 결과를 보인다.

그림 9에서는 그림 6 (b) 영상의 영역 중 대각선 방향에서의 에지를 보여주고 있다. 선명도 개선을 수행한

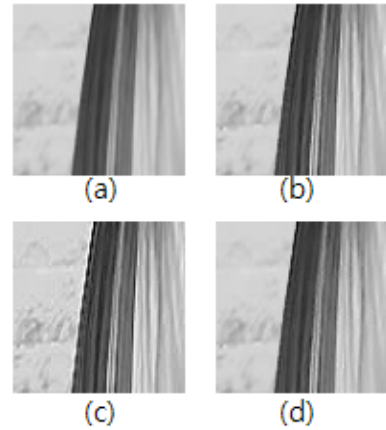


그림 8. (a) 원본영상, (b) [8], (c) [9], (d) 제안한 방법.
 Fig. 8. (a) Original, (b) [8], (c) [9], (d) Proposed.

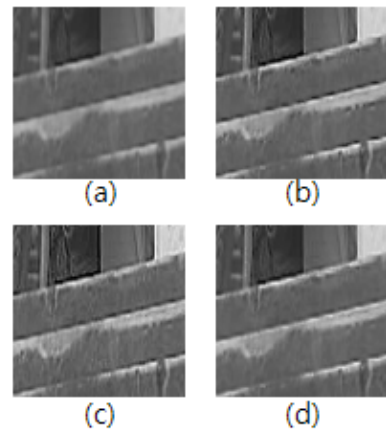


그림 9. (a) 원본영상, (b) [8], (c) [9], (d) 제안한 방법.
 Fig. 9. (a) Original, (b) [8], (c) [9], (d) Proposed.

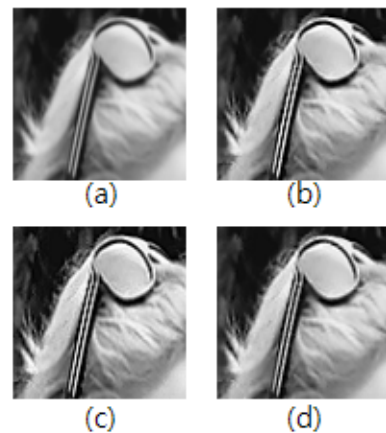


그림 10. (a) 원본영상, (b) [8], (c) [9], (d) 제안한 방법.
 Fig. 10. (a) Original, (b) [8], (c) [9], (d) Proposed.

뒤, 전체 영상을 보면 특히 대각선 영역의 계단 현상이 다른 곳보다 눈에 잘 들어온다. 제안하는 방법에서는 이렇게 사선의 강한 에지가 눈에 잘 들어온다는 점을

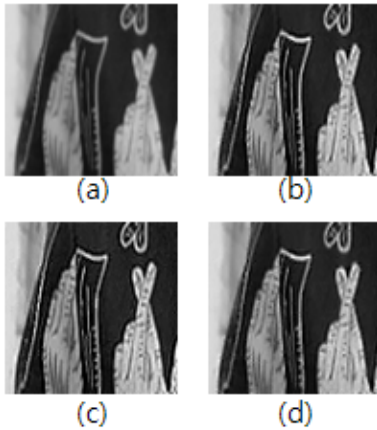


그림 11. (a) 원본영상, (b) [8], (c) [9], (d) 제안한 방법.
Fig. 11. (a) Original, (b) [8], (c) [9], (d) Proposed.

고려하여 선명도의 크기를 조절하여 개선하였기 때문에 마찬가지로 선명도 개선과 함께 결함이 눈에 덜 띄는 결과를 보여준다.

그림 10과 그림 11에서는 [9]가 다른 기법들에 비해 어두운 영역에서의 대비를 잘 개선 시켜주는 것을 볼 수 있다. 하지만 여전히 UM의 특성 상 계단 현상이나 잡음의 증가 등이 눈에 띈다. 일반 영상에 대한 실험에서도 제안하는 방법은 적절한 세기의 선명도 개선과 시각적 불편함을 일으키는 여러 현상들을 억제하는 결과를 보인다.

IV. 결 론

본 논문에서는 선명도 개선 기법을 수행할 때, 많이 발생하는 오버슈트와 계단 현상 문제를 해결하기 위해 bilateral filter를 이용한 언샤프 마스크 방법을 제안하였다. 제안한 기법은 bilateral filter를 통해 에지를 고려함으로써 기존 방법 대비 계단 현상을 줄이고, 사선 방향 에지의 가중치 값을 조절함으로써 눈에 거슬리는 오버슈트를 방지했다. 실험 결과, 제안한 기법이 시각적으로 우수한 선명도 개선효과를 보였다.

하지만 제안하는 방법은 bilateral filter를 사용하여 연산량이 다소 많고, 왼쪽에서 오른쪽으로 한 줄씩 최적화연산을 수행한다는 점에서 기존 기법의 한계를 벗어나지 못했다. 따라서 앞으로의 연구는 적은 연산량으로 수행할 수 있는 적응적 선명도 개선을 목표로 할 것이다.

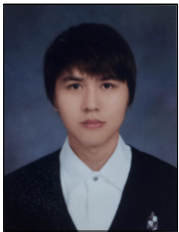
참 고 문 헌

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, 2nd Edition, Prentice Hall, Upper saddle River, N.j, 2002.
- [2] G. Ramponi, "A Cubic Unsharp Masking Technique for Contrast Enhancement," Signal Processing, vol. 67, pp. 211-222, 1998.
- [3] C. Garnica, F. Boochs and M. Twardochlib, "A New Approach to Edge-Preserving Smoothing for Edge Extraction and Image Segmentation," International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXIII, Amsterdam 2000.
- [4] H. S. Kam and M. Hanmandlu and W. H. Tan, "An Improved Image Enhancement Combining Smoothing and Sharpening," Proc. IEEE TENCON, vol. 1, pp. 36-40, 2003.
- [5] T. Horiuchi, K. Watanabe and S. Tominaga, "Adaptive Filtering for Color Image Sharpening and Denoising," Proc. IEEE International Conference on Image Analysis and Processing Workshops, pp. 196 - 201, Sept. 2007.
- [6] J. A. P. Tegenbosch and P. M. Hofman and M. K. Bosma, "Improving Non-Linear Up-Scaling by Adaptive to the Local Edge Orientation," Proc. SPIE VCIP, vol. 5308, pp. 1181-1190, 2004.
- [7] E. B. Bellers and J. Caussyn, "A High Definition Experience from Standard Definition Video," Proc. SPIE Image and Video Communications and Processing, vol. 5022, pp. 594-603, 2003.
- [8] A. Polesel, G. Ramponi, V. J. Mathews "Image Enhancement via Adaptive Unsharp Masking", IEEE Trans. Image Processing, vol. 9, no. 3, pp. 505-510, 2000.
- [9] A. Zaafouri, M. Sayadi, F. Fnaiech, "A Developed Unsharp Masking Method for Images Contrast Enhancement," Systems, Signals and Devices (SSD), 2011 8th International Multi-Conference on, pp. 1-6, March 2011.
- [10] 이태희, 송우진, "가변크기필터를 통해 halo artifact를 줄이는 sharpening," 대한전자공학회 하계종합학술대회, pp. 893-894, 2008.
- [11] 김병현, 장원우, 이성목, 김주현, 강봉순, "동화상에서 고속 연산을 고려한 선명도 향상 알고리즘의 개선," 대한전자공학회 하계종합학술대회, pp. 242-243, 2010.
- [12] Mordecai Avriel, Nonlinear Programming: Analysis and Methods, Dover Publishing, 2003.
- [13] K. Levenberg, "A Method for the Solution of Certain Problems in Least Squares," Quart. Appl.

Math., vol. 2, pp 164 - 168, 1994.

- [14] E. A. Essock, J. DeFord, B. C. Hansen, and M. J. Sinai, "Oblique Stimuli Are Seen Best (Not Worst!) in Naturalistic Broad-band Stimuli: A Horizontal Effect," Vision Research, vol. 43, no. 12, pp. 1329-1335, June 2003.
- [15] C. Tomasi and R. Manduchi, "Bilateral Filtering for Grey and Color Images," Proc. IEEE ICCV, pp. 839 - 846, 1998.

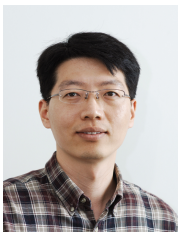
저 자 소 개



김 학 구(학생회원)
2012년 인하대학교 전자공학과
학사 졸업.
2012년~현재 인하대학교
전자공학과 석사 과정.
<주관심분야 : 영상처리, 선명도
개선, 3차원 영상처리>



이 동 복(학생회원)
2011년 인하대학교 전자공학과
학사 졸업.
2011년~현재 인하대학교
전자공학과 석사 과정.
<주관심분야 : 영상처리, 선명도
개선, 3차원 영상처리>



송 병 철(평생회원)
1994년 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 졸업 (학사).
1996년 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 졸업 (석사).
2001년 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 졸업
(공학박사).

2001년~2008년 삼성전자 디지털미디어연구소
책임연구원
2008년~현재 인하대학교 전자공학부 교수
<주관심분야: 영상 신호처리, 영상시스템/SoC>