

# 적응형 언샤프 마스크를 위한 지역적 밝기 기반의 가중치 맵 생성 기법

황태훈<sup>†</sup>, 김진현<sup>\*\*</sup>

## A Weight Map Based on the Local Brightness Method for Adaptive Unsharp Masking

Tae Hun Hwang<sup>†</sup>, Jin Heon Kim<sup>\*\*</sup>

### ABSTRACT

Image Enhancement is used in various applications. Among them, unsharp masking methods can improve the contrast with a simple operation. However, it has problems of noise enhancement and halo effect caused by the use of a single filter. To solve this problems, adaptive processing using multi-scale and bilinear filters is being studied. These methods are effective for improving the halo effect, but it require a lot of calculation time. In this paper, we want to simplify adaptive filtering by generating a weight map based on local brightness. This weight map enables adaptive processing that eliminates the halo effect through a single multiplication operation. Through experiments, we confirmed the suppression of the halo effect through the result image of the proposed algorithm and existing algorithm.

**Key words:** Image Enhancement, Unsharp Masking, Halo Effect

### 1. 서 론

화질 개선 기법은 다양한 영상 기기에서 취득된 영상의 가시성을 높이려는 목적으로 사용된다. 화질 개선 기법으로는 대조비 강화가 대표적이며, 실제로 다양한 분야에서 유용하게 사용되고 있다[1,2]. 이러한 기법은 영상의 밝기 정보를 이용하여 화질을 개선하며, 대표적인 방법으로는 히스토그램을 사용하여 영상의 동적 범위를 넓혀주는 기법[3,4], 인간의 시각 작용을 모델링 한 레티넥스(Retinex) [6]이론 기반의 SSR(Single Scale Retinex) 기법[7], 영상의 고주파 성분을 구하고 원본 영상에 더하여 영상의 경계 영역에서 대비를 강조하는 언샤프 마스크(Unsharp Masking)[5] 기법, 샤프닝 필터(Sharpening Filter)

의 계수를 수정하는 기법[20] 등이 있다. 이중 언샤프 마스크 기법은 간단한 연산으로 영상의 대비 강화를 할 수 있어 다양한 분야에 쉽게 적용할 수 있다. 언샤프 마스크 기법은 크기가 큰 단일 필터를 사용할 경우 연산을 전역적으로 처리하기 때문에 대비차가 큰 경계 영역에서 후광효과(Halo Effect)와 같은 문제가 발생하며 이는 부자연스러운 결과 영상을 만들어 낸다. 문제의 해결을 위하여 다해상도 기법[8-10]과 영역의 화소 값에 따른 적응적 처리 기법[11-14]이 사용되고 있다. 다해상도 기법[18,19]은 이미지 피라미드(Image Pyramid)를 사용하여 영상의 대조비를 강화하였으나 이미지 피라미드의 특성상 피라미드 층수에 비례하여 많은 연산 량을 필요로 한다. 화소 값에 따른 적응처리에 많이 사용되는 양방향 필터의

※ Corresponding Author : Jin Heon Kim, Address: (02713) Bukakwan 513, Seogyong-ro 124, Seongbuk-gu, Seoul, Korea, TEL : +82-2-940-7747, FAX : +82-2-940-7114, E-mail : jinheon@skuniv.ac.kr  
Receipt date : Jul. 15, 2018, Approval date : Jul. 23, 2018

<sup>†</sup> Graduate School of Electronic & Computer Eng., Seokyeong University  
(E-mail : xognsd82@gmail.com)

<sup>\*\*</sup> Graduate School of Electronic & Computer Eng., Seokyeong University

경우 물체의 경계 부근과 그렇지 않은 부분을 적응적 처리가 가능하며 이는 기존의 알고리즘보다 우수한 성능을 보여준다[14,15]. 하지만 양방향 필터링 시 주변 화소 값에 따라 필터의 계수가 바뀌며 이러한 연산에는 많은 시간이 소비된다.

본 논문에서는 주변의 밝기성분을 이용한 가중치 맵을 설계하여 적용함으로써 기존의 적응적 필터링의 연산 복잡성을 한 번의 곱셈 연산으로 단순화하였다. 또한, 기존의 언샤프 마스킹 기법의 문제인 후광 효과와 잡음강조 문제를 해결하고 영상의 대조비를 개선하는 적응적 언샤프 마스킹 방법을 제안한다. 영상의 대조비를 강화하기 위해서는 기존의 언샤프 마스킹 기법과 같은 방법으로 입력 영상에 저주파 성분을 감하여 고주파 성분을 구한다. 이 고주파 성분에는 실제로 강조되어야 하는 영역과 잡음강조, 후광효과를 유발하는 영역이 함께 포함되어있기 때문에 이 두 영역을 구분하고 문제가 되는 영역을 억제한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 제안하는 방법의 원리를 기술하기 위해 언샤프 마스킹 기법과 언샤프 마스킹 기법의 문제인 잡음강조와 후광효과를 소개한 다음, 3장에서 제안하는 방법을 소개한다. 제안하는 방법은 기존의 언샤프 마스킹 기법을 사용하여 강조되어야 하는 고주파 영역을 원본 영상에서 분리, 후광효과 억제, 영상의 대조 강화의 순서로 서술한다. 4장에서는 제안한 방법과 기존 기법들의 성능을 몇 가지 영상과 객관적인 지표를

통하여 제안한 방법의 성능을 평가하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

## 2. 이 론

### 2.1 언샤프 마스킹

언샤프 마스킹은 샤프닝 기법으로 입력 영상의 고주파 성분을 취득하고 이를 입력 영상에 더해 선명도를 강화하는 기법이다. 이는 마치 마하 밴드(Mach Band) 효과처럼 어두운 곳과 밝은 곳의 차이를 더욱 강하게 하여 대조 강화 현상을 만들어 낸다. 언샤프 마스킹 기법의 과정은 아래의 식과 같이 표현할 수 있다.

$$R(x,y) = I(x,y) + H(x,y) \tag{1}$$

위의 수식(1)에서  $R(x,y)$ 는 선명도가 강화된 영상이고,  $I(x,y)$ 는 입력 영상이다.  $H(x,y)$ 는 입력 영상과 저주파 영상의 차이로 대비 개선을 위한 영상이며 아래와 같은 수식을 통해 구할 수 있다.

$$H(x,y) = I(x,y) - G(x,y) \tag{2}$$

고주파 성분을 구하기 위한 저주파 성분  $G(x,y)$ 는 보통 가우시안 필터를 사용하여 구한다. 가우시안 필터의 수식은 아래와 같다.

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \tag{3}$$



Fig. 1. Change of image according to  $\sigma$ . (a) Input image. (b)  $\sigma = 1$ . (c)  $\sigma = 3$ . (d)  $\sigma = 5$ . (e)  $\sigma = 10$ .

식(3)에서  $\sigma$ 는 가우시안 함수의 모양을 결정하는 상수로 취득할 수 있는 저주파를 조절할 수 있다. 이 값은 영상의 스케일(Scale)과 밀접한 연관이 있어 큰 값을 가지면 영상을 멀리서 보는 효과를 내어 큰 기동과 같은 넓은 거리의 에지 성분을 강조할 수 있다. 그와 반대로 작은 값을 가지면 영상을 가까이서 보는 효과를 내어 사람의 머리카락과 같이 짧은 거리로 변하는 에지 성분을 강조할 수 있다.

### 2.2 잡음강조 및 후광효과

언샤프 마스크 기법은 대조비 개선 방법으로 많이 사용되지만, 시그마값에 따라 필터의 크기가 커지면서 후광효과가 발생하는 문제점이 있으며 갑작스레 변하는 잡음 또한 같이 강조되어 결과 영상의 품질을 떨어뜨린다. 아래의 영상은 시그마 크기에 따라 발생하는 후광효과를 보인다.

후광효과를 없애기 위해 대비 강화 영상의 값을 낮추어 입력 영상에 더하는 경우 대비 강화가 거의 되지 않는, 입력 영상과 유사한 결과 영상을 얻을 수 있다. 후광효과가 없는 결과 영상이라도 대비 강화를 위해 전역적으로 값을 상승시킬 경우 눈에 보이지 않던 후광효과가 나타나 인위적인 결과 영상을 만들어 낸다. 이러한 이유로 인해 후광효과를 제거하기 위해서는 전역적인 처리보다는 지역적으로 후광효과 영역만을 억제하는 알고리즘이 필요하다.

## 3. 제안한 방법

### 3.1 제안한 알고리즘의 개요

본 논문에서는 언샤프 마스크 기법으로 영상의 대조를 강화 시 발생하는 후광효과와 잡음강조를 단순

하고 효과적으로 억제하는 알고리즘을 제안한다. Fig. 2에서 제안하는 알고리즘의 전체적인 흐름도를 나타내었다.

먼저, 입력 영상의 RGB 색 공간을 HSV 색 공간으로 변환한다. HSV 색 공간에서 명도(Value)에 대한 저주파를 구하고 이를 입력 영상의 명도 값에 곱하여 고주파 영역, 즉 대조비가 강화되어야 하는 영역을 구한다. 하지만 여기에는 강조되어야 하는 영역뿐 아니라 후광효과와 잡음강조를 유발하는 영역이 포함되어 있다. 이를 바로 명도 값에 가산할 경우 결과 영상이 인위적인 느낌을 줄 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 강화되어야 하는 영역은 유지하고 후광효과를 억제하는 과정을 거친다.

### 3.2 언샤프 마스크를 이용한 대조비 강화 영역 생성

3차원 RGB 색 공간에서 언샤프 마스크 기법을 적용하게 되면 색상 왜곡 문제가 발생할 수 있으며 결과 영상을 예측할 수 없다. 본 논문에서는 입력 영상의 RGB색 공간을 HSV 색 공간으로 변환하여 사용한다. RGB 색 공간을 HSV 색 공간으로 변화하기 위해 한 화소에서의 R, G, B 중 최댓값과 최솟값, 두 값의 차이를 이용하여 계산한다. 이 값을 구하는 수식은 아래와 같다.

$$C_{max} = \max(R, G, B) \tag{4}$$

$$C_{min} = \min(R, G, B) \tag{5}$$

$$C_{diff} = C_{max} - C_{min} \tag{6}$$

위의 식 (4),(5),(6)에서 구한 값을 이용하여 RGB 공간에서 HSV 공간으로 변형하기 위한 수식은 아래와 같다.

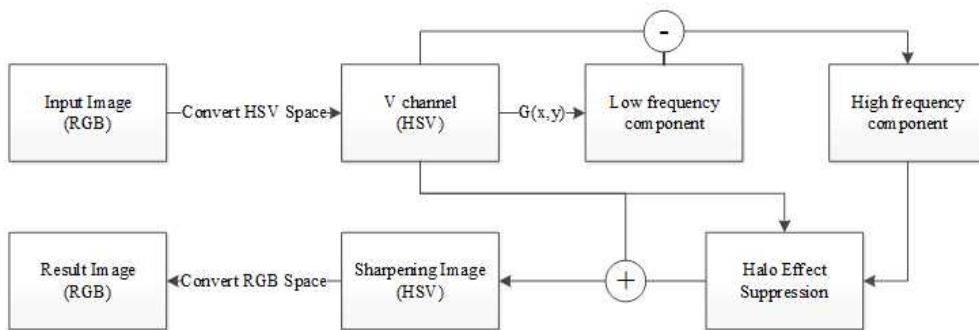


Fig. 2. Flowchart for Halo Effect Suppression algorithm.

$$H = \begin{cases} 0^\circ, & C_{diff} = 0 \\ 60^\circ \times \left(\frac{G-B}{C_{diff}} \bmod 6\right), & C_{max} = R \\ 60^\circ \times \left(\frac{B-R}{C_{diff}} + 2\right), & C_{max} = G \\ 60^\circ \times \left(\frac{R-G}{C_{diff}} + 4\right), & C_{max} = B \end{cases} \quad (7)$$

$$S = \begin{cases} 0, & C_{max} = 0 \\ \frac{C_{diff}}{C_{max}}, & C_{max} \neq 0 \end{cases} \quad (8)$$

$$V = C_{max} \quad (9)$$

위의 식 (7),(8),(9)를 사용하여 입력 영상을 HSV 색 공간으로 변환하고 명도에 대하여 식 (1)을 적용하여 영상에서 강조되어야 하는 영역이 생성된다.

### 3.3 잡음강조와 후광효과 억제

명도에 대하여 종래의 언샤프 마스크 기법을 적용하면 영상의 대조가 강화되지만 원하지 않는 영역에서의 후광효과와 잡음강조가 발생할 수 있으며, 특정 부분이 과도하게 노출될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 두 가지 지표를 통하여 과도한 노출과 후광효과 및 잡음강조를 억제한다.

#### 3.3.1 계조 값에 따른 적응적 대조비 강화

영상에서 계조 값이 평균에서 멀어질수록 영상의 대조를 강화할 수 있는 범위가 점점 줄어든다. 이는 같은 대조 강화 값을 가지더라도 평균에서 멀어진 영역에 적용하게 되면 과노출 혹은 그 반대의 결과 영상을 얻을 수 있다. 그와 반대로 계조 값이 평균에 가까워질수록 대조 강화를 적용할 수 있는 노출 범위가 충분하다. 계조 값에 따라 적응적으로 대조비 강화를 하기 위한 가중치 맵은 아래의 수식과 같다.

$$W_{exposure} = e^{-\frac{(I-0.5)^2}{2 * 0.2^2}} \quad (10)$$

위의 식(10)의 I는 식 (9)를 통해 계산된 V 채널의 영상을 의미한다. 식을 통해 나온 결과는 평균에 가까울수록 높은 가중치 값을 가지며 평균에서 멀어질수록 낮은 값을 가진다. 이 가중치 영상을 대조비 강화 영상에 적용하면 과노출되는 영역의 발생을 억제할 수 있다.

#### 3.3.2 잡음강조와 후광효과 억제 지표

샤프닝 된 영상에서 후광효과가 발생하는 이유는

크기가 큰 필터를 사용 시 중심 픽셀과 주변 픽셀의 밝기 차이가 극명하게 나는 영역에서 발생한다. 언샤프 마스크는 입력 영상에서 저주파 성분을 감하게 되는데 이때 밝기 차이가 극명하게 나는 영역에서는 이 차이가 매우 커 강한 대조비 강화를 하게 된다. 이러한 영상을 적용하게 되면 불필요한 대조비 강화가 진행되며 주변으로 후광효과가 발생한다. 이는 밝기 차이가 극명하게 나는 부분의 대조비 강화 값을 억제하면 이 문제를 해결할 수 있다. 주변 영역과의 차를 계산하는 필터는 아래의 수식을 통해 생성할 수 있다.

$$V_{diff}(x,y) = O(x,y) - G(x,y) \quad (11)$$

식 (11)에서 O는 원본 필터로 식 (3)에서 생성한 저주파 필터와 크기는 같지만 모든 필터의 계수가 0이며 필터의 중심 값만 1을 가지는 필터이다. 이를 통해 주변과 중심 화소의 밝기 차를 구할 수 있다. 밝기 차는 대조비 강화 값이 아주 큰 위치에서 대조비 강화를 억제하는 가중치로 적용할 수 있다. 가중치는 아래의 수식을 통해 계산할 수 있다.

$$W_{Contrast} = e^{-\frac{(V_{diff}-0.2)^2}{2 * 0.2^2}} \quad (12)$$

식 (12)를 통해 나온 결과는 대조비가 지나치게 강화되는 위치에서는 낮은 값을 가진다. 이 가중치를 적용하면 지나치게 강화되어 발생하는 결과인 후광효과와 잡음강조를 억제할 수 있다.

식 (10)과 (12)를 통해 생성된 두 가지 가중치를 사용하여 식 (2)에서 구한 대조비 강화 영상에 곱함으로써 적용하게 되면 강조되어야 할 영역은 남아있고 후광효과를 야기하는 영역은 억제된다. 이는 최종적으로 아래의 수식과 같다.

$$W_{Suppress} = W_{Contrast} * W_{Exposure} \quad (13)$$

$$H'(x,y) = W_{Suppress} * H(x,y) \quad (14)$$

수식 (13)에서 최종적으로 출력되는 가중치 영상은 후광효과와 노이즈 강조 영역을 억제하며, 이를 식(14)에 적용함으로써 얻는 최종 출력은 후광효과가 제거된 고주파 영상이다. 이를 원본 영상에 더하여 대조비가 강화된 영상을 얻을 수 있다.

## 4. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 제안한 방법의 우수성을 검증하기

위해 기존의 언샤프 마스크 기법과 S.C.F. Lin의 기법[21]을 제안하는 알고리즘과 비교분석 하였다. 실험에 사용된 영상은 Jana Machajdik and Allan Hanbury이 IAPS(Internation Affective Picture System)발표에 사용된 영상 데이터 100개를 사용하였다[16].

4.1 결과 영상과 평가 지표를 통한 비교

본 논문에서는 평가 지표와 결과 영상을 통하여 정성적 평가와 정량적 평가를 수행하였다. 평가 지표로는 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio), AMBE(Absolute Mean Brightness Error), SSIM(Structural Similarity)을 사용하였다. PSNR과 SSIM은 각각 원본과 픽셀의 유사도[17], 구조적 유사도[11]를 나타낸다. 이 값을 통하여 원본의 구조가 얼마나 잘 유지되었는지를 정량적인 지표를 통해 확인할 수 있으며 이는 후광효과와 잡음강조를 얼마나 억제하였는지 알 수 있다. PSNR과 SSIM 수치가 높다면 원본 영상을 잘 유지하였다는 말이 되지만 이는 대조 강화가 크게 일어나지 않았기 때문으로도 해석할 수 있다. 이 때문에 대조 강화 정도를 측정하기 위해 원본

Table 1. Average performance for proposed algorithm and conventional algorithms

Algorithm	PSNR	AMBE	SSIM
proposed method	29.1628	1.428	0.9767
S.C.F. Lin et al.	26.6657	2.295	0.8918
Unsharp Mask	22..0012	0.102	0.8708

영상과의 평균 밝기 차인 AMBE를 사용하였다. 이 값이 PSNR, SSIM 수치와 함께 높을 때 원본 영상을 잘 유지한 상태로 대조 강화를 하였다고 볼 수 있다. 아래의 Fig. 3은 제안한 알고리즘과 기존의 언샤프 마스크 알고리즘을 비교한 결과 영상이며, 아래의 Table 1은 100개의 영상에 대한 PSNR, SSIM, AMBE 평균값을 나타낸 표이다.

실험결과 영상을 통하여 제안한 알고리즘이 기존의 언샤프 마스크 기법보다 과노출과 후광효과가 억제되었음을 확인하였다. 또한, PSNR과 SSIM 수치는 각각 32.5%, 12% 정도 향상되었으며, 이는 기존의 방법에 비해 더욱 원본 영상을 잘 유지하며 대조비 강화를 하였음을 의미한다. AMBE 값은 평균적으로 10배 이상 높아졌으며 이는 기존의 알고리즘보다 강

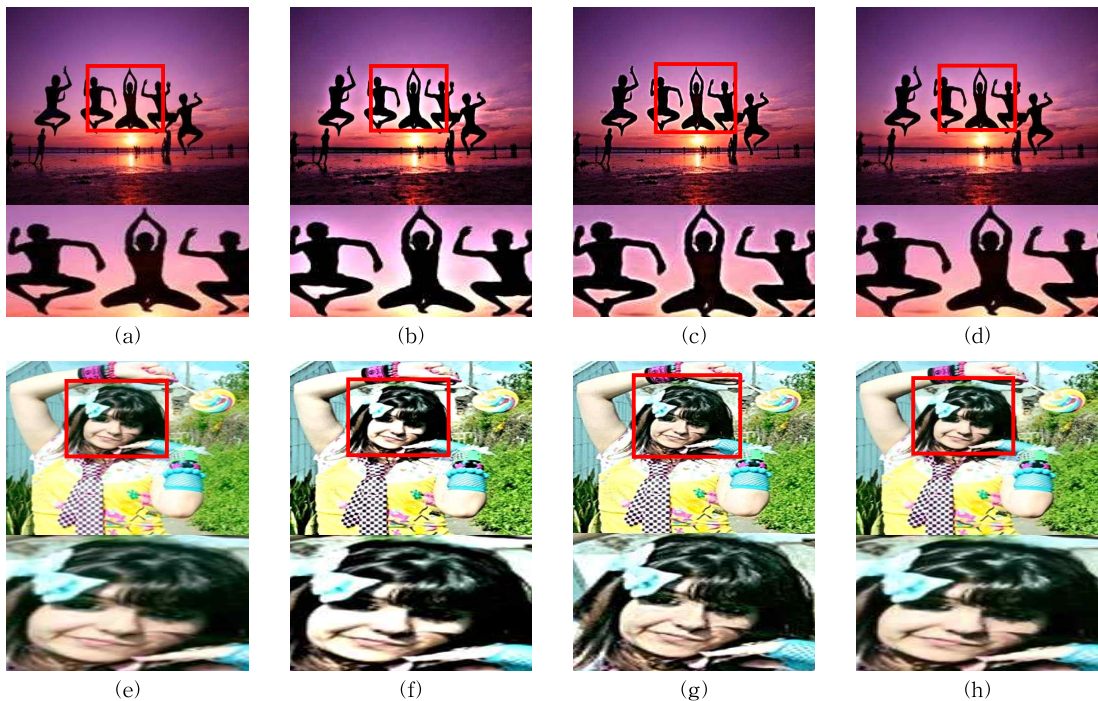


Fig. 3. Input Image: (a, e), Experiment results of Unsharp Mask: (b, f) S.C.F. Lin et al.: (c, g) proposed method: (d, h).

Table 2. Comparison of computation time of two algorithms

Algorithm	Sum of Computation times (s)	Average (s)
proposed method	4.30	0.043
S.C.F. Lin et al.	33.8	0.338

한 대비 강화 효과임을 확인할 수 있다. 또한, AMBE 수치를 통해 S.C.F. Lin의 기법보다 대비 강화 효과가 부족한 것을 확인하였지만, PSNR, SSIM 수치를 통해 원본의 구조가 잘 유지되었음을 확인하였다.

#### 4.2 연산속도 비교

기존의 적응적 언샤프 마스크 기법의 연산 단순화를 검증하기 위해 S.C.F. Lin[21]의 알고리즘과 제안한 알고리즘의 연산속도를 비교하였다. 실험 환경은 Intel Core i7-7700 CPU 3.60 GHz, 16GB RAM, Windows 10 64bit, 개발 툴은 Matlab 2017을 사용하였다. 비교를 위한 Lin의 알고리즘은 MathWorks의 코드[22]를 참고하였다. 아래의 Table 2는 크기가 다른 100개의 영상의 연산속도를 비교한 결과이다.

실험결과 기존의 적응적 언샤프 마스크 기법보다 연산속도가 8배 이상 단축되었음을 확인하였다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 기존의 언샤프 마스크 기법의 고질적인 문제인 후광효과와 잠음강조 문제의 해결방법으로 지역적 밝기 기반의 가중치 맵을 사용한 적응적 언샤프 마스크 기법을 도입하였다. 제안된 방법은 화소 값에 따른 대조비 표현 범위 지표와 지나치게 강한 대조비 강화를 억제하는 지표를 이용하여 가중치 맵을 생성하였고, 이를 바탕으로 대조비가 강화된 영상에서 후광효과를 억제하였다. 실험결과를 통해 기존의 언샤프 마스크 기법보다 후광효과와 과노출이 된 영역이 줄어들었으며 PSNR과 SSIM은 각각 32.5%, 12% 정도 개선되었으며 AMBE는 10배 이상 개선되었다. 이는 원본의 구조를 최대한 유지하면서 대조비를 강화하였다고 볼 수 있다. S.C.F. Lin의 알고리즘과 비교하였을 경우 대비 강화 효과는 다소 부족하지만, 연산 시간을 대폭 감소한 것을 확인하였다. 하지만 제안한 알고리즘의 결과 영상에는 여전히 조급의 후광효과가 있음을 확인하였다. 이는 향후 연구

로 다중 필터를 이용한 언샤프 마스크 기법에 적용하면 제안한 알고리즘보다 개선될 것으로 보인다.

### REFERENCE

- [1] X.R. Tian, "The Application of Adaptive Unsharp Mask Algorithm in Medical Image Enhancement," *Proceeding of IEEE Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference*, pp. 1368-1370, 2011.
- [2] G. Scognamiglio, G. Ramponi, A. Rizzi, and L. Albani, "A Rational Unsharp Masking Method for TV Applications," *Proceeding of 1999 International Conference on Image Processing*, pp. 247-251, 1999.
- [3] C.R. Nithyananda, A.C. Ramachandra, and Preethi, "Review on Histogram Equalization based Image Enhancement Techniques," *Proceeding of International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques*, pp. 2512-2517, 2016.
- [4] A. Rosenfeld and P.D.I. Torre, "Histogram Concavity Analysis as an Aid in Threshold Selection," *Journal of IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics*, Vol. SMC-13, No. 2, pp. 231-235, 1983.
- [5] R.C. Gonzalez and R.E. Wood, *Digital Image Processing: International Edition*, Pearson Education Korea Publishers, Korea, 2009.
- [6] E.H. Land and J.J. McCANN, "Lightness and Retinex Theory," *Journal of the Optical Society of America*, Vol. 61, No. 1, pp. 1-11, 1971.
- [7] A.S. Parihar and K. Singh, "A Study on Retinex Based Method for Image Enhancement," *Proceeding of 2018 2nd International Conference on Inventive Systems and Control*, pp. 619-624, 2018.
- [8] J.Y. Kim and J.H. Kim, "Adaptive Unsharp Masking Filter Design Based on Multi-Scale Retinex for Image Enhancement," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 21, No. 2, pp.



- 108–116, 2018.
- [9] C.H. Lee, L.H. Chen, and W.K. Wang, “Image Contrast Enhancement Using Classified Virtual Exposure Image Fusion,” *Journal of IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 58, No. 4, pp. 1253–1261, 2012.
- [10] I.S. Jang, H.G. Ha, T.H. Lee, and Y.H. Ha, “Adaptive Color Enhancement based Multi-Scaled Retinex Using Contrast of the Input Image,” *Proceeding of 2010 International Symposium on Optomechatronic Technologies*, pp. 1–6, 2010.
- [11] T.H. Lee and W.J. Song, “Adaptive Windowing for Sharpness Enhancement and Halo Reduction,” *Proceeding of the Summer Conference of the Institute of Electronics and Information Engineers*, pp. 893–894, 2008.
- [12] Y. We and K.K. Ma, “Blurriness-Guided Unsharp Masking,” *Journal of IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 27, No. 9, pp. 4465–4477, 2018.
- [13] A. Polesel, G. Ramponi, and V.J. Mathews, “Image Enhancement via Adaptive Unsharp Masking,” *Journal of IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 9, No. 3, pp. 505–510, 2000.
- [14] H.G. Kim, D.B. Lee, and B.C. Song, “Adaptive Unsharp Masking Using Bilateral Filter,” *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, Vol. 19, Issue 11, pp. 56–63, 2012.
- [15] C. Feng and S.L. Dai, “Adaptive Depth Map Enhancement Based on Joint Bilateral Filter,” *Proceeding of 2014 IEEE Chinese Guidance, Navigation and Control Conference*, pp. 2568–2571, 2014.
- [16] Image Emotion-Download Image Data-set, <http://www.imageemotion.org/> (accessed Jul., 1, 2018).
- [17] S.D. Chen and A.R. Ramli, “Minimum Mean Brightness Error Bi-histogram Equalization in Contrast Enhancement,” *Journal of IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 49, No. 4, pp. 1310–1319, 2003.
- [18] Y.M. Baek, H.J. Kim, J.A. Lee, S.G. Oh, and W.Y. Kim, “Color Image Enhancement Using the Laplacian Pyramid,” *Proceeding of Pacific-Rim Conference on Multimedia*, pp. 760–769, 2006.
- [19] C.W. Ha, C.R. Choi, and J.C. Jeong, “Contrast Enhancement Algorithm Using Singular Value Decomposition and Image Pyramid,” *Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol. 38A, No. 11, pp. 928–937, 2013.
- [20] C.C. Yang, “Finest Image Sharpening by use of the Modified Mask Filter Dealing with Highest Spatial Frequencies,” *International Journal for Light and Electron Optics*, Vol. 125, No. 8, pp. 1942–1944, 2014.
- [21] S.C.F. Lin, C.Y. Wong, M.A. Rahman, T.R. Ren, N. Kwok, H. Shi, et al., “Intensity and Edge based Adaptive Unsharp Masking Filter for Color Image Enhancement,” *International Journal for Light and Electron Optics*, Vol. 127, No. 1, pp. 407–414, 2016.
- [22] Adaptive Scale Adjustment Design of Unsharp Masking Filters for Image Contrast Enhancement, <https://kr.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/60914-adaptive-scale-adjustment-design-of-unsharp-masking-filters-for-image-contrast-enhancement> (accessed Jul., 23, 2018).



황 태 훈

2018년 서경대학교 컴퓨터공학과  
졸업(공학사)  
2018년 현재 서경대학교 전자컴  
퓨터공학과 재학(석사과  
정)  
관심분야: 디지털영상처리, 컴퓨  
터 비전



김 진 현

1982년 고려대학교 공과대학 전  
기공학과 공학사  
1984년 고려대학교 대학원 전기  
공학과 공학석사  
1983년 동양정밀공업(OPC) 중앙  
연구소 연구원  
1986년 삼성종합기술원 선임연구원  
1989년 ZyMOS 한국지사 FAE  
1990년 고려대학교 대학원 전기공학과 공학박사  
1995년 현재 서경대학교 컴퓨터공학과 부교수  
관심분야: 디지털영상처리, 영상신호처리(ISP), 영상/비  
디오시스템