
개선된 영상생성 모델과 적응적 필터를 이용한 칼라 영상 보정방법

Color Image Compensation Method using Advanced Image Formation Model and Adaptive Filter

최호형*, 윤병주**

경북대학교 정보통신학과*, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부**

Ho-Hyung Choi(chhman2000@msn.com)*, Byoung-Ju Yun(bjisyun@ee.knu.ac.kr)**

요약

일반적으로 PDA, 모바일 폰 카메라, PC 카메라 등으로 촬영된 영상은 촬영 장비의 생동 폭의 한계로 인해 낮은 영상 대비를 갖는 영상들이 획득된다. 이러한 이유로 영상 개선 방법은 여러 가지의 영상 촬영 장비를 이용해 촬영된 영상들의 개선을 위해 필요하다. 영상 개선을 위한 몇 가지의 방법들이 제안되었으나, 후광효과(halo-artifact), 회색계의 왜곡(graying-out), 칼라 잡음(color noise) 등의 영상 왜곡이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 논문은 레티넥스 기반 영상 향상 방법을 제안하며, 회색계의 왜곡을 줄이기 위해 HSV 칼라 좌표계를 사용하며, 후광효과를 줄이기 위해 영상을 전역조명성분, 국부조명성분, 반사 성분으로 나누는 개선된 영상 생성모델을 적용한다. 실험 결과는 제안한 방법이 다른 방법들 보다 성능이 우수함을 보여준다.

■ 중심어 : | 후광효과 | 회색계의 왜곡 | 적응적 스무딩 방법 | 개선된 영상 생성 모델 | 칼라 잡음 |

Abstract

Color rendition method is necessary for improving the low contrast images which are achieved by PDA, mobile phone camera or PC camera. There are some methods for color rendition. However, after correcting the color, image quality degradations, such as graying-out, halo-artifact and color noise, may occur. In order to overcome these problems, this paper proposes a retinex-based color rendition method. The proposed method uses the HSV color coordinate system to avoid the graying-out, and the advanced image formation model to reduce the halo-artifact in which the image is divided into three components as the global illumination, the local illumination, and reflectance. The experiment results show that the proposed method yields better performance of color correction over the conveniently method.

■ keyword : | Halo-artifact | Graying-out | Adaptive Smoothing Method | Advanced Formation Model | Color Noise |

I. 서론

PDA, 휴대폰, 디지털 카메라 등을 포함한 다양한 영상 촬영 장비를 이용하여 많은 종류의 영상을 획득하게

된다. 하지만, 이러한 장비들의 생동 폭의 한계로 인해 실제 촬영된 영상은 일반적으로 빈약한 가시성과 낮은 대비를 갖는다. 이로 인해 영상의 중요한 특징들을 인

* 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2009-0073044)

접수번호 : #090805-007

접수일자 : 2009년 08월 05일

심사완료일 : 2009년 10월 23일

교신저자 : 윤병주, e-mail : bjisyun@ee.knu.ac.kr

간의 시각을 통하여 식별하는데 어려움이 발생하고, 컴퓨터비전 알고리즘이나 패턴 인식을 이용한 영상 분석이 어렵게 된다. 그리하여 다양한 영상처리 기술들이 개발되었다[1-6]. 히스토그램 기반 또는 감마 조정 기반 칼라 영상 보정 방법들은 일반적으로 영상 대비를 개선하기 위해 사용된다. 이들 방법들을 이용하여 비교적 간단하고 효과적으로 영상 대비를 개선할 수 있다. 하지만 영상의 영역 대비는 이러한 방법들에 의해서는 조정될 수 없다. 대표적으로, 감마 조정에 의한 톤커버는 회망하지 않는 영상 대비를 야기한다. 최근에, 이러한 문제점들을 해결하기 위해 SSR (Single-Scale Retinex) [1], MSR(Multi-Scale Retinex)[2], JND 기반 방법[3][4]을 포함한 다양한 칼라 영상 보정 방법들이 제안되었다.

SSR[1]은 중심/주변 레티넥스 (center/surround retinex)의 수행으로 정의한다. 그러나 공간필터의 크기에 의존하며, 그것은 다양한 영역 압축 혹은 톤 렌디션을 제공할 수 있다. 즉, 선형적인 가우시안 형태의 저역 통과필터(LPF)의 유효영역이 작을 경우 얻어진 조명성분은 좁은 영역에서 스무딩 되어 윤곽선 부근의 좁은 영역에 후광효과(halo-artifact)가 발생하게 되며, 국부 영역의 영상대비가 증가하게 된다. 반대로, 선형적인 가우스 형태의 저역통과필터 유효영역이 크다면, 유효영역이 작을 경우와 반대의 개념의 결과가 발생한다. 국부영역과 전역영역의 영상대비를 동시에 증가시키기 위해 MSR[2]이 제안되었으며, 이는 SSR에서 사용한 LPF를 적용하고, 적용 결과에 대한 가중 합으로 결과 영상을 만들어 낸다. MSR은 SSR과 비교했을 때 후광효과가 줄어들었지만, 완벽하게 제거하지는 못하였다. 또한 SSR과 MSR에서는 R, G, B 성분이 각각 독립적인 로그 신호(channel-independent logarithm)로 개선되었기 때문에, 각각의 화소에서 RGB 비율이 변하게 된다. 그러므로 출력영상의 색상변화가 발생하며, 이를 회색계의 왜곡(graying-out)이라 한다. 위에서 언급한 방법들은 [5]에서 발견할 수 있다. 또한 [6]에서 영상 대비를 향상시키기 위한 새로운 방법이 제안되었다. [6]에서 영역 대비는 기존의 방법들보다 많이 개선되었으나 여전히 후광효과와 회색계의 왜곡이라는 문제점을 해

결하지 못하였다. JND 기반 방법[3][4]은 다른 레티넥스 기반 기법보다 우수한 성능을 보이며, 이 방법은 다양한 각도에서 JND (Just Noticeable Difference) 기반 비선형 LPF를 적용하였다.

JND 기반 방법을 포함한 대부분의 레티넥스 기반 기술은 국부적인 윈도우 내에서 기하학적 혹은 대수학적 평균을 찾는 것에 의해 국부영역의 휘도를 계산한다. 이들 방법들은 선형/비선형적인 공간 필터를 사용한다. 이러한 기술들을 사용하여 영상을 향상하면 높은 영상 대비를 갖는 주변 영역에서 후광효과가 발생한다. 즉, 국부 영역의 평균 휘도가 밝은 영역에서 어두운 화소의 영향으로 인해 과도한 추정이 이루어지기 때문에 윤곽선 영역의 밝은 영역에서 후광효과가 발생하게 된다. 반대로, 국부영역의 평균 휘도가 어두운 영역에서 밝은 화소의 영향으로 인해 과소 추정이 일어난다. 그러므로 강한 윤곽선 부근에서 후광효과가 발생하게 된다.

위에서 언급한 것과 같이 기존에 제안된 다양한 영상 보정 방법들을 적용하게 되면 후광효과, 회색계의 왜곡, 칼라 잡음 등을 포함한 문제들이 여전히 존재하게 된다.

본 논문에서는 회색계의 왜곡을 제거하기 위해 HSV 칼라 좌표계를 사용하며, 후광효과를 줄이기 위해 개선된 영상 생성모델을 사용한다. 개선된 영상 생성모델에서는 영상을 전역조명성분, 국부조명성분, 반사성분으로 나눈다. 제안한 방법에서 전역조명성분은 영상의 V 성분에 가우시안 필터를 적용함으로써 획득한다. 국부조명성분은 적응적 스무딩 방법 (adaptive smoothing method) [7][8]을 적용하여 획득한다. 국부조명성분은 물체에 직접적으로 비치는 빛으로 정의하며, 물체의 특정 영역에서 강한 값을 갖게 된다. 이 현상은 빛의 반사량과 반사각도가 급격하게 변하는 윤곽선 영역에서 후광효과와 원인이 된다. 그러므로 후광효과는 국부조명성분의 적절한 처리를 통해서 줄일 수 있다. 제안된 기법에서는 적응적 스무딩 필터를 사용하여 의미 있는 영역에 대해서 평균값을 취함으로써 후광효과를 줄였다. 또한 반사 성분은 입력 V성분에서 앞에서 구한 전역조명성분과 국부조명성분을 나누어 줌으로써 획득된다. 개선된 결과 영상은 이들 세 가지 성분에 감마 조정을 수행한 후 이들의 곱으로 얻는다.

II. 제안한 방법

1. 제안한 영상보정 방법

일반적으로 칼라 영상 $f_i(x, y), i \in R, G, B$ 은 조명성분과 반사성분의 곱으로 표현된다[3][4].

$$f_i(x, y) = l_i(x, y)r_i(x, y), i \in R, G, B \quad (1)$$

조명성분 $l_i(x, y)$ 은 밝기의 변화가 천천히 일어나고 주파수 스펙트럼은 저주파 영역에 분포하게 된다. 반사성분 $r_i(x, y)$ 은 급격하게 변하며, 주파수 스펙트럼은 고주파 영역에 분포한다. 기존의 SSR과 MSR의 경우, 위에서 언급한 일반적인 영상 생성 모델을 적용하며, 이를 적용하여 영상을 향상한 경우 결과 영상에서 후광효과가 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 제안한 방법에서는 영상을 전역조명성분, 국부조명성분, 반사성분으로 나누는 개선된 영상 생성모델을 적용한다.

$$f(x, y) = l_G(x, y)l_L(x, y)r(x, y) \quad (2)$$

전역조명성분은 밝기성분이 넓은 영역에서 변화하며, 국부조명성분은 좁은 영역에서 변화한다.

제안한 방법에서 향상된 영상은 전역조명성분, 국부조명성분, 반사성분에 감마 조정 후 이들의 곱으로 주어지며 다음과 같다.

$$\hat{f}(x, y) = (\hat{l}_G(x, y)^\alpha \hat{l}_L(x, y)^\beta r(x, y)^\gamma) \quad (3)$$

여기서 α, β, γ 는 감마 조정을 위한 상수 값이다. 감마 조정은 개선된 영상의 생동 폭을 조정하기 위해 사용된다.

가. 전역조명성분

전역조명성분은 선형적인 가우시안 저역통과 필터를 이용하여 구할 수 있으며 다음과 같다.

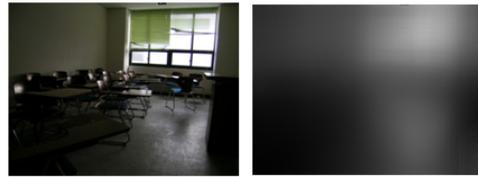
$$\hat{l}_G(x, y) = LPF_G(f(x, y)) \quad (4)$$

전역조명성분($\hat{l}_G(x, y)$)을 얻을 때에는 시간 효율성을 위해서 유효 폭 조정이 가능한 라플라시안 피라미드(Laplacian pyramid)[9]방법을 사용하였고, 다음과 같이 표현된다.

$$\hat{l}_G(x, y) = \sum_{m, n \in W_1} h(m)h(n)f^{k-1}(x+2^{k-1} \cdot m-2^k, y+2^{k-1} \cdot n-2^k)$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, K_G \quad (5)$$

여기에서 $h(m)$ 과 $h(n)$ 은 수평/수직 방향 선형 가우시안 필터이며, W_1 는 1차원 윈도우, K_G 는 반복 횟수이다. [그림 1]은 V성분에서 얻은 전역조명성분을 보여준다. [그림 1(a)]는 원영상이며, [그림 1(b)]는 전역조명성분이다.



(a) (b)
그림 1. 전역조명 성분 예시
(a) 원영상, (b) 전역조명성분

나. 국부조명성분과 반사성분

대부분의 레티넥스 기반 기술은 국부영역 내의 기하학적 혹은 대수학적 평균을 찾는 것에 의해 국부영역의 밝기 값을 계산한다. 이들 기술들은 공간영역에서 선형적 혹은 비선형적인 평균 필터를 사용하며, 일반적으로 높은 영상 대비를 갖는 에지 부근에 후광효과를 발생시킨다. 국부 평균 밝기 값이 어두운 화소의 영향으로 인해 과도추정이 이루어지기 때문에 후광효과는 윤곽선 부근의 밝은 영역에서 발생하게 된다. 또한 평균 밝기 값이 어두운 영역에서도 밝은 화소의 영향으로 인해 과도추정이 이루어져서 후광효과가 발생하게 된다.

후광효과는 의미 있는 영역에 대해서만 평균값을 구함으로써 줄일 수 있다. 즉 어두운 영역에서의 과도추정과 밝은 영역에서 과도추정을 피할 수 있다. 따라서 국부조명성분을 사용하여 후광효과라는 문제를 해결할 수 있다. 국부조명은 물체에 직접적으로 비치는 빛으로 정의하며, 물체의 특정 영역에서 강한 값을 갖는다.

컴퓨터 그래픽스에 따르면[10], 전반사는 일정한 각도에서 부드러운 표면으로부터 반사되는 빛으로 정의한다. 거울과 같은 이상적인 반사에서 투사각은 전반사

의 각도와 같으며 [그림 2]에서 보는 것과 같다. 벡터 R 이 전반사의 방향이고, 벡터 V 가 관찰자가 보는 각도라면, 이상적인 전반사는 R 과 V 가 같을 때이다. 그러나 실제 물체에서 (완전하게 반사되어지지 않을 때) 전반사는 R 과 V 가 같지 않아도 관측될 수 있다. 즉, 전반사는 ϕ 의 범위 내에서 관측된다. 표면 반사의 물리적인 현상은 전반사에서의 확산 비율의 조정에 의해서 나타낼 수 있다. 전반사는 난반사와 주변반사의 비율에 의해서 표현되며 다음과 같다.

$$I = k_d I_a + k_d I_p (N \cdot L) + k_s I_p \cos^n \phi \quad (6)$$

$$= k_d I_a + I_p (k_d (N \cdot L) + k_s \cos^n \phi)$$

여기에서 I 는 전반사이며, I_a 와 I_p 는 주변의 빛과 한 점에서 빛의 밝기를 각각 나타낸다. ϕ 는 관찰방향(V)과 반사 방향(R)사이의 각도이고, n 은 표면의 불완전 정도를 나타낸다. V 는 관찰 벡터이고, k_d 와 k_s 는 각각 난반사와 주변반사 계수를 나타낸다.

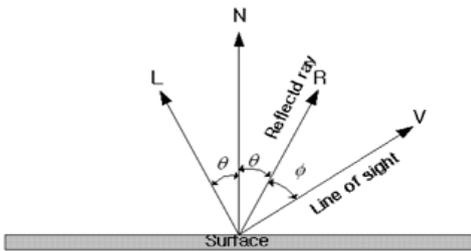


그림 2. 표면에 반사되는 빛

식(6)에서 전반사에 대한 한 점에서의 빛은 대수학적으로 표현된다. 람베르트 코사인 법칙에 의해서 $\cos \phi = R \cdot V$ 이므로, 식(6)을 표현하면

$$I = k_d I_a + I_p (k_d (N \cdot L) + k_s (R \cdot V)^n) \quad (7)$$

이다.

컴퓨터 그래픽스에서 국부조명성분은 한 점에서의 전반사성분을 이용해서 표현된다. 국부조명성분의 고려 하에서 후광효과는 국부조명성분의 적절한 처리를 통해서 줄일 수 있으며, 적응적 스무딩 방법은 국부조명성분을 얻기 위해 적용한다.

적응적 스무딩 방법은 잡음을 제거하고 영상의 특징

을 보존하기 위해서 제안되었으며, 잡음과 특징영역은 영상 밝기 값의 불연속성을 측정하여 찾을 수 있다.

제안한 방법에서 국부조명성분을 얻기 위한 입력영상은 다음과 같다.

$$f_1^{(0)}(x, y) = \frac{f(x, y)}{\widehat{I}_G(x, y)} \quad (8)$$

적응적 스무딩 방법의 중심 내용은 입력 영상의 불연속 정도를 반영하는 3×3 평균 마스크에 대한 반복적인 컨볼루션을 통해서 영상이 스무딩 된 것이다. 즉 평균 마스크는 각각 입력 영상의 불연속 정도에 의존하게 된다.

적응적 스무딩의 적용에 의해서 국부조명성분 $I_L(x, y)$ 은 식 (8)을 기반으로 입력 영상 $f_1^{(0)}(x, y)$ 이 스무딩 됨으로써 얻어진다. $(t + 1)$ 번째 단계에서 얻어진 국부조명성분 $I_L^{(t+1)}(x, y)$ 은 다음과 같다.

$$I_L^{(t+1)}(x, y) = \frac{1}{N^{(t)}} \sum_{i,j=-1}^1 f_1^{(t)}(x+i, y+j) w^{(t)}(x+i, y+j) \quad (9)$$

$$N^{(t)} = \sum_{i,j=-1}^1 w^{(t)}(x+i, y+j) \quad (10)$$

여기에서 $N^{(t)}$ 와 t 는 정규화와 반복 횟수를 각각 나타낸다. 불연속 값 $w^{(t)}(x, y)$ 는

$$w^{(t)}(x, y) = g(d^{(t)}(x, y)) = e^{-\frac{|d^{(t)}(x, y)|^2}{2k^2}} \quad (11)$$

이다. 여기에서 k 는 상수 값이고, $d^{(t)}(x, y)$ 는 기울기의 크기를 나타낸다.

k 가 큰 값이면 모든 불연속성은 사라지며, 그 결과는 가우시안 필터를 적용한 결과와 같다. 반면, k 가 작으면 모든 불연속성은 보존되거나 스무딩이 이루어지지 않는다.

k 값을 결정하기 위해서 실험 영상에서 후광효과가 발생하는 경우를 살펴보았다. MSR에서는 어두운 영역의 평균 화소 값이 67이고 밝은 영역의 평균 화소 값이 136인 에지 영역에서 후광효과가 나타나고, JND 기반 방법에서는 어두운 영역의 평균 화소 값이 76, 밝은 영역의 평균 화소 값이 223인 에지에서 발생하였다. 영상 실험을 통해서 평균 밝기 차가 약 100인 에지 영역에서

발생함을 알 수 있었다. 따라서 제안된 기법에서는 k 값을 100으로 설정하였으며, [그림 3]은 밝기 값의 차이가 100인 계단 신호에 대해서 가우시안 필터와 적응적 스무딩 방법을 적용한 결과를 보여준다. [그림 3(a)]는 입력 계단 신호이며, [그림 3(b)]는 가우시안 필터를 적용한 결과 신호이다. 어두운 영역에서 원래의 신호보다 크기 때문에 개선된 신호는 후광효과 발생의 원인이 된다. [그림 3(c)]의 적응적 스무딩 방법인 경우 윤곽선 주변 영역의 어두운 경계부근의 밝기 값이 원 신호보다 작아짐을 볼 수 있다. 즉, 가우시안 필터를 적용하였을 때 발생하는 과소/과도 추정을 줄여서 후광효과를 줄일 수 있다.

식 (11)에서 변환함수 $g(\cdot)$ 는 음수가 아닌 단조 감소함수이며, $g(0) = 1$ 이며, $g(d^{(t)}(x, y)) \rightarrow 0$ 이다.

마지막으로 반사성분 $\hat{r}(x, y)$ 은 입력영상을 전역조명성분 $\hat{l}_G(x, y)$ 과 국부조명성분 $\hat{l}_L(x, y)$ 의 곱을 나누어 줌으로써 구할 수 있으며 다음과 같다.

$$\hat{r}(x, y) = \frac{f(x, y)}{\hat{l}_G(x, y)\hat{l}_L(x, y)} \quad (12)$$

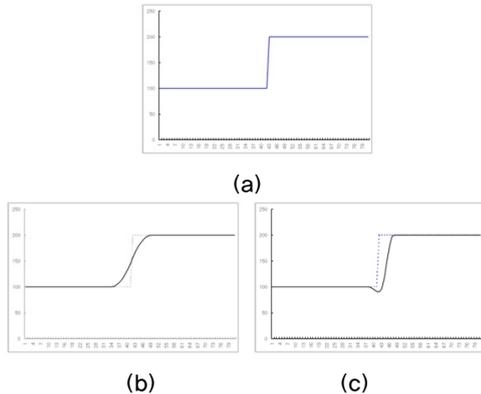


그림 3. 적응적 스무딩 방법 적용결과
(a) 입력 계단 신호, (b) 가우시안 필터 적용 결과,
(c) 적응적 스무딩 방법 적용 결과

[그림 4]는 1차원 계단 신호를 근간으로 하여 JND 기반 방법과 제안한 방법 사이의 차이를 보여준다. [그림 4(a)]에서 보는 것과 같이 JND 기반 방법에서 구한 국부조명성분과 반사성분은 제안한 방법의 두 가지 성분

과 비교했을 때보다 광범위한 영역에서 변함을 알 수 있다. 앞에서 설명된 것과 같이 어두운 영역에서 밝은 화소로 인해 과소한 추정뿐만 아니라 밝은 영역에서 어두운 화소로부터 과도한 추정이 발생하게 된다. 반면, [그림 4(b)]에서 보는 것과 같이 제안된 기법에서는 과도/과소 추정을 피할 수 있다. 그러므로 개선된 신호에서 후광효과를 피할 수 있다.

[그림 5]는 얻어진 국부조명성분과 반사 성분을 나타낸다. [그림 5(a)]는 국부조명성분으로 좁은 영역에서 서서히 변하며, [그림 5(b)]는 반사성분으로 급격하게 변하며, 스펙트럼은 고주파 영역에 분포하게 된다.

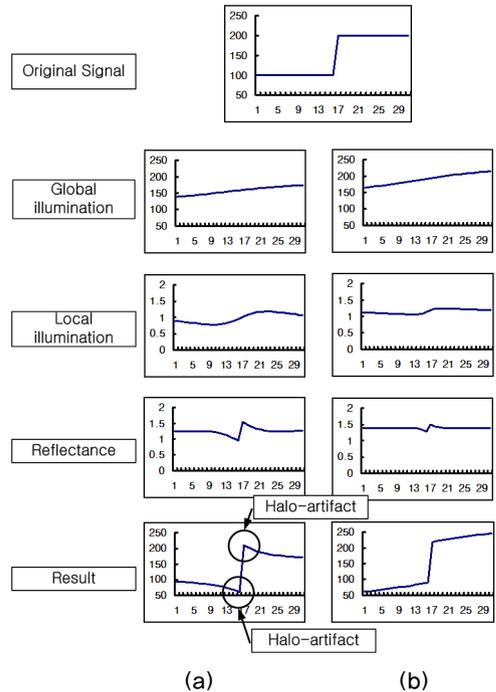


그림 4. 스무딩 방법 비교
(a) JND 기반 방법, (b) 제안한 방법

2. 화질 측정(Visual quality measurement)

향상된 영상의 향상 정도는 주관적일 수밖에 없지만 향상 정도의 정략적, 개관적인 향상도 측정을 위해서 VCM (Visual Contrast Measure)[11]을 도입한다. VCM은 다음과 같이 표현된다.

$$VCM = 100 \times \frac{R_v}{R_t} \quad (13)$$

여기에서 R_v 는 임의의 영상에서 문턱치 이상인 영역의 수를 나타내며, R_t 는 나누어진 영역의 총 영역수를 나타낸다. 따라서 VCM 값이 보다 높다는 것은 보다 우수한 영상 대비를 갖고 있다는 것을 의미한다.



(a)



(b)

그림 5. 얻어진 국부조명성분과 반사성분
(a) 국부조명성분, (b) 반사성분

3. 잡음 측정(Noise measurement)

영상의 밝기 값의 분포가 $N(\mu, \sigma^2)$ 의 정규분포를 따른다고 가정함과 동시에 영상에 있어서 잡음이 존재할 때 이들 잡음들은 영상 내의 밝은 영역과 어두운 영역에 균일하게 존재한다고 가정한다. 따라서 $1 - \sigma$ 내에 잡음이 존재한다고 가정했을 때 [그림 6]에서 보는 것과 같이 영역 내에서 영상 밝기 x 는 평균 μ 와 표준편차 σ^2 을 갖는 정규 분포를 갖는다고 가정한다.

그러므로 정규분포에 대해서 잡음의 영역은 밝은 잡음에 대한 상위 16%와 어두운 잡음에 대해 하위 16%에 존재하므로 상위와 하위의 문턱치는

$$upper\ threshold = \mu + \sigma \quad (14)$$

$$\begin{cases} \text{if } f(x, y) > upper\ threshold, & \text{white noise count} \\ \text{otherwise} & \text{uncounted} \end{cases}$$

$$lower\ threshold = \mu - \sigma \quad (15)$$

$$\begin{cases} \text{if } f(x, y) < lower\ threshold, & \text{darknoise count} \\ \text{otherwise} & \text{uncounted} \end{cases}$$

이다. 여기에서 $f(x, y)$ 는 입력영상이다. μ 와 σ 는 밝기 영상의 밝기 값을 평균과 표준 편차를 각각 나타낸다.

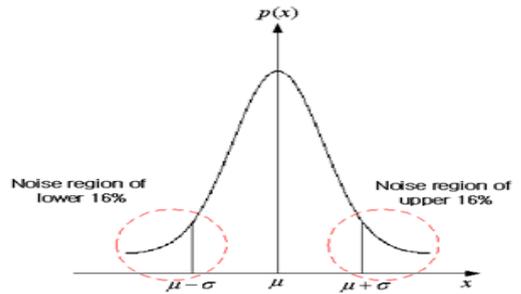


그림 6. 정규 분포

III. 실험 및 결과

제안한 칼라 영상 보정 방법의 성능을 평가하기 위해 나사(NASA)의 홈페이지로부터 다운 받은 영상과 PDA와 모바일 폰으로부터 촬영된 영상을 사용하였다. 전역조명성분을 얻기 위해 $h[m] = h[n] = \{0.25, 0.5, 0.25\}$ 의 계수를 갖는 비선형적 저역통과 필터를 사용하였으며, 필터링은 9번 반복 수행하였다.

화소 값의 생동 폭을 조절하기 위해 감마 조절을 하였으므로 감마 조절을 위한 상수 값에 따른 개선된 영상 화질을 점검하여야 한다. 그리하여 [그림 1(a)]의 원 영상에 대하여 감마 조절을 위한 상수 값에 따른 최대 VCM 값을 계산한다.

[그림 7]에서 보는 것과 같이 감마조정을 위한 상수 값들의 범위는 [0 ~ 1]이다. 전역조명성분에서 조정 값이 0.34와 0.47일 때 최대 VCM 값을 얻었고, 국부조명성분의 경우, 조정 값이 0.25와 0.56 사이 일 때 최대 VCM 값을 얻었다. 반사성분에서 최대 VCM 값은 0.23 ~ 0.42일 때이다. 이러한 실험을 기반으로 하여 실제 실험에 사용된 감마 조정을 위한 조정 값은 각각 $\alpha = 0.47$, $\beta = 0.30$, $\gamma = 0.30$ 으로 결정하였다.

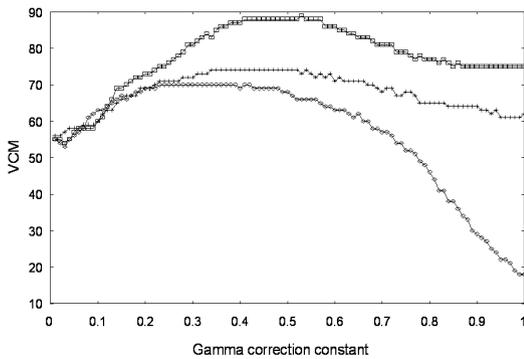


그림 7. 감마 상수 값의 변화에 따른 VCM값 결과 (—○—: 전역조명성분, -□- : 국부조명성분, —◇—: 반사성분)

표 1. VCM 계산 결과

	Red	Green	Blue
Fig.8a	40	42	46
b	24	24	33
c	58	43	86
d	77	36	96
Fig.10a	72	71	72
b	72	69	68
c	83	83	86
d	92	89	89

[표 1]은 원 영상, MSR, JND 기반 방법, 제안한 방법에 대한 VCM 값을 보여준다. [표 1]에서 보는 것과 같이 제안한 방법은 다른 방법들에 비해 높은 VCM 값을 갖는다.

[그림 8]은 영상 향상 결과 영상이다. [그림 8(a)]는 원 영상이며, 빈약한 조명으로 인해 세부적인 영상 정

보를 인간의 시각으로 인지하지 못한다. [그림 8(b)]는 MSR을 적용한 결과 영상으로 책상과 벽의 색에 회색계의 왜곡이 발생하였다. [그림 8(c)]는 JND기반 방법을 적용한 결과 영상으로 회색계의 왜곡 없이 국부영역, 전역영역의 영상대비가 잘 개선되었다. 그러나 책상 윗부분의 영역에서 칼라 잡음이 발생하였다. [그림 8(d)]는 제안한 방법을 적용한 결과 영상이다. 국부영역, 전역영역의 영상 대비가 잘 개선되었을 뿐만 아니라 칼라 잡음도 [그림 8(c)]에 비해 현저하게 줄어들었음을 알 수 있다.

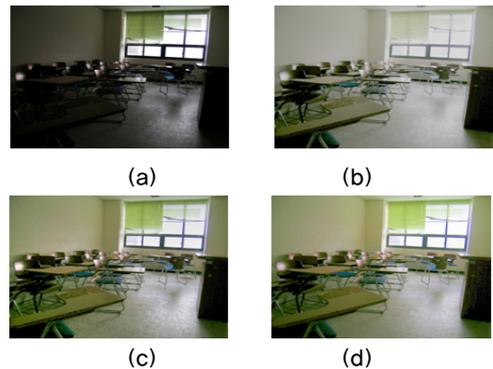


그림 8. 실험 결과 영상(Classroom)
(a) 원 영상, (b) MSR, (c) JND기반 방법, (d) 제안한 방법

[그림 9]는 칼라 잡음이 존재하는 일부 영역을 확대한 영상이다. [그림 9(a)]는 JND기반 방법을 적용한 결과 영상이며, [그림 9(b)]는 제안한 방법으로 적용한 결과 영상이다. 제안된 기법을 적용한 영상에서의 잡음이 현저히 줄어들음을 알 수 있다.

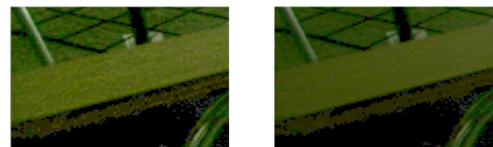


그림 9. 영상 잡음에 대한 비교
(a) JND 기반 방법, (b) 제안한 방법

[표 2]는 식 (14)와 (15)를 기반으로 잡음을 측정된 결

과이다. JND기반 방법과 제안한 방법을 비교 했을 때 15.01%의 잡음이 줄어들었다.

[그림 10(b)]는 MSR의 방법의 결과 영상으로, 타이어와 어린이의 영상 칼라에 회색계의 왜곡이 발생하였으며, [그림 10(c)]는 JND기반 방법의 결과 영상으로 회색계의 왜곡 없이 국부 영역 혹은 전역영역의 영상 대비가 잘 개선되었지만, 타이어와 타이어 사이에 후광효과가 발생하였다. 반면 [그림 10(d)]는 제안한 방법의 결과 영상이며, 국부영역 혹은 전역영역의 영상 대비가 잘 개선되었으며 타이어와 타이어사이의 후광효과도 제거되었다.

표 2. 잡음 측정 결과

	잡음 화소의 개수					
	> upperthreshold			< lowerthreshold		
	Red	Green	Blue	Red	Green	Blue
JND	374	141	231	376	52	192
Proposed	382	164	150	230	42	193

[그림 11]은 후광효과가 발생한 특정 영역을 확대한 영상이다. [그림 11(a)]는 JND기반 방법을 적용한 결과 영상으로 후광효과가 발생한 것을 볼 수 있다. 반면 [그림 11(b)]는 제안한 방법의 결과 영상이며, [그림 11(a)]와 동일한 영역에서 후광효과가 제거되었음을 알 수 있다.

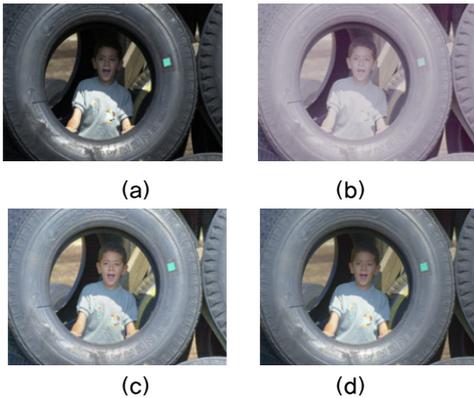
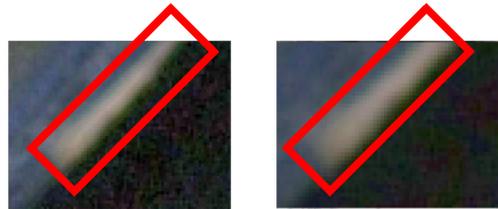


그림 10. 실험 결과 영상(NASA)
(a) 원 영상, (b) MSR, (c) JND기반 방법, (d) 제안한 방법

[표 3]은 기존의 방법의 시간에 대해서 비교한 결과이며, [그림 8]은 640x480의 크기 영상이며, [그림 10]은 2000x1312의 크기영상이다. [표 3]에서 보는 것과 같이 JND-based 방법에 비해 다소 시간이 소요됨을 알 수 있다.



(a) (b)
그림 11. 후광 효과에 대한 비교
(a) JND 기반 방법, (b) 제안한 방법

표 3. 기존의 방법의 시간에 대한 비교 결과

	MSR	JND-Based	Proposed
[그림 8]	33.5	0.719	1.110
[그림 10]	291.92	6.407	9.047

IV. 결론

본 논문에서는 열화된 칼라 영상의 화질 개선을 위해 칼라 영상 보정 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 회색계의 왜곡을 제거하기 위해서 HSV칼라 좌표계를 사용하였으며, 후광효과를 제거하기 위해서 전역조명성분, 국부조명성분, 그리고 반사성분으로 나누는 개선된 영상 생성모델을 사용하였다. 전역조명성분은 영상의 V성분에 비선형적인 가우시안 필터를 적용하였다. 국부조명성분을 얻기 위해 적응적 스무딩 방법을 사용함으로써, 후광효과는 화소의 밝기 값의 의미 있는 영역에 대해서 계산함으로써 줄어들었다. 실험 결과에서 개선된 영상은 회색계의 왜곡에서 자유로워 졌다. 또한 실험에서 제안한 방법은 JND 기반 방법에 비해 15.01%만큼의 잡음을 줄였다.

제안한 방법은 PDA, 모바일 폰 등을 포함한 이동 영상 촬영장비의 영상 화질 개선을 위해 제안되었으나, 이동 영상 촬영 장비뿐만 아니라 의료 분야의 촬영 장비에도 적용될 수 있을 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

[1] Daniel J. Jobson and Zia-ur Rahman, "Properties and Performance of a Center/Surround Retinex," IEEE Trans. Image Process, Vol.6, No.3, pp.451-492, 1997(3).

[2] D. J. Jobson, Z. Rahman, and G. A. Woodell, "A Multiscale Retinex for Bridging the Gap between Color Images and The Human Observation," IEEE Trans. Image Process, Vol.6, No.7, pp.965-976, 1997(7).

[3] 최두현, 장익훈, 김남철, "개선된 영상생성 모델에 기반한 칼라 영상 향상," 대한전자공학회 논문지 제43권, 제6호, pp.65-84, 2006(11).

[4] D. H. Choi, I. H. Jang, M. H. Kim, and N. C. Kim, "Color image enhancement based on single-scale retinex with a JND-based nonlinear filter," in Proc. IEEE Int. Symp. Circuits and Syst., New Orleans, USA, pp.3948-3951, 2007(3).

[5] L. Meylan, D. Alleysson, and S. Süsstrunk, "Model of retinal local adaptation for the tone mapping of color filter array images," J. Opt. Soc. Am. A, Vol.24, No.9, pp.2807-2816, 2007(9).

[6] I. S. Jang, K. H. Park and Y. H. Ha, "Color Correction by Estimation of Dominant Chromaticity in Multi-Scaled Retinex," Jurnal of Imaging Science and Technology, Vol.53, No.5, 050502-050502-11, 2009.

[7] C. Ke, "Adaptive Smoothing Via Contextual and Local Discontinuities," IEEE Transactions on Pattern analysis and machine intelligence, Vol.27, No.10, pp.1552-1567, 2005(10).

[8] Y. K. Park and J. K. Kim, "A New Methodology of Illumination Estimation/ Normalization for Robust Face Recognition," IEEE international Conference on image Processing, 2007(9).

[9] Peter J. Burt and Edward H. Adelson, "The Laplacian Pyramid as a Compact Image Code,"

IEEE Transaction on communications, Vol.COM-31, No.4, 1983(4).

[10] Alan Watt, *3D Computer Graphics*, third edition Addison Wesley, 2000.

[11] Daniel J. Jobson, Zia-Ur Rahman, Glenna A. Woodell, and Glenn D. Hines, "A Comparison of Visual Statistics for The Image Enhancement of FORESITE Aerial Images with Those of Major image Class," Visual Information Processing XIV, Proc. SPIE, 6246, 2006.

저 자 소 개

최 호 형(Ho-Hyung Choi)

정회원



- 2001년 2월 : 경주대학교 컴퓨터 전자공학부(공학사)
- 2003년 2월 : 경주대학교 컴퓨터 전자공학과(공학석사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 경북대학교 정보통신학과 박사과정

<관심분야> : 컬러 영상처리, 패턴인식, SVM 알고리즘

윤 병 주(Byoung-Ju Yun)

정회원



- 1993년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 1996년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
- 2002년 2월 : 한국과학기술원 전자전산학과(전기 및 전자공학 전공)(공학박사)

▪ 1996년 ~ 2003년 : 하이닉스 반도체 시스템 IC 사업부 선임 연구원

▪ 2003년 ~ 2005년 : 경북대학교 차세대정보통신연구소 기금교수(조교수대우)

▪ 2005년 ~ 현재 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 기금교수(부교수대우)

<관심분야> : 멀티미디어 신호처리, 영상 압축, H.264, SVC, HCI, 패턴인식