
명도 표면 스트레칭에 의한 화질 개선 기법

김도현* · 정호영** · 차의영*

Contrast Enhancement Technique by Intensity Surface Stretching

Do-Hyeon Kim* · Ho-Young Jung** · Eui-Young Cha*

이 논문은 2단계 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었음

요 약

본 논문은 디지털 카메라로 촬영된 영상의 화질을 향상시키기 위해 영상의 명도 표면을 생성하여 이를 스트레칭하는 대비 개선 기법을 제안한다. 제안된 명도 표면 스트레칭 기법은 가우시안 함수에 의해 상부 명도 표면과 하부 명도 표면을 생성하여 출력 영상의 최대 명도 범위로 스트레칭함으로써 입력 영상의 대비를 개선하게 된다. 다양한 조명 환경에서 획득한 디지털 컬러 사진을 대상으로 기존의 화질 개선 알고리즘인 히스토그램 스트레칭, 명도 표면 스트레칭, 히스토그램 평활화, 감마 조정, 레티넥스 기법과 제안한 화질 개선 기법의 성능을 비교 평가하였다. 실험 결과 제안한 영상 개선 기법은 다른 방법들에 비해 CPP 성능이 우수하였으며 인간 시각의 관점에서 자연스럽게 화질을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper proposes a contrast enhancement technique which stretches the intensity surfaces of image to improve the quality of the digital photos. The proposed method enhances the contrast of image by stretching the intensity surface of the original image to the maximum range of the output image in proportion to the distances between the original intensity surface and upper, lower intensity surface, respectively. The upper and lower intensity surfaces are generated from the original intensity surface by gaussian smoothing.

In the experiments, digital color images in a variety of illumination conditions were used and the proposed method was compared with other several existed image enhancement algorithms, which are histogram stretching, surface stretching, histogram equalization, gamma correction and retinex. It was proved that the experimental results were more natural visually without deterioration of gradation.

키워드

영상 화질 개선, Contrast enhancement, Image quality enhancement

I. 서 론

최근 디지털 카메라가 널리 보급되고 멀티미디어 컨텐츠(contents)가 증가하면서 디지털 영상의 화질 개선

방법에 대한 중요성이 부각되고 있다. 카메라는 인간의 눈과는 달리 영상을 획득할 때 주변 조명 및 환경에 따라 노출(exposure)과 초점(focus), 화이트 밸런스(white balance) 등이 민감하여 영상의 화질에 영향을 주게 된

* 부산대학교
** LG, Philips LCD

다. 적절한 노출을 설정하여 촬영하더라도 디지털 카메라에서 일반적으로 사용되는 CCD, CMOS 등의 촬상 소자의 다이내믹 레인지(dynamic range)가 필름의 그것보다 상대적으로 좁기 때문에 어두운 영역과 밝은 부분의 세밀한 밝기 변화를 제대로 표현해주지 못하는 경우가 많다[1-3]. 특히, 어두운 피사체 영역과 밝은 배경 영역간의 밝기 차가 크게 나타나는 역광 사진의 경우 피사체의 대비(contrast)가 떨어지는 화질 저하 현상이 자주 나타나게 된다. 따라서 밝은 배경 영역과 어두운 피사체 영역의 대비를 개선하면서 자연스러운 영상으로 재구성할 수 있는 화질 개선 방법이 필요하다.

본 논문에서는 이러한 관점에서 역광(back-light) 사진이나 실내(indoor) 사진 등 디지털 카메라로 촬영된 영상의 화질을 왜곡없이 자연스럽게 향상시키기 위한 방법으로 명도 표면을 생성하여 스트레칭하는 대비 개선 기법을 제안한다.

II. 화질 개선 알고리즘

영상 화질 개선에 대한 대표적인 방법으로는 히스토그램 스트레칭(histogram stretching), 명도 표면 스트레칭(surface stretching), 히스토그램 평활화(histogram equalization), 감마 조정(gamma correction), 레티넥스(retinex) 기법 등이 있다.

1.1. 히스토그램 스트레칭 (Histogram Stretching)

히스토그램 스트레칭은 입력 영상의 명도값 분포 범위를 출력 영상에서의 최대, 최소 명도 범위로 스트레칭해주는 방법으로 식 (1)과 같이 표현된다.

$$O(x,y) = \frac{MAX_O - MIN_O}{MAX_I - MIN_I} (I(x,y) - MIN_I) + MIN_O \quad (1)$$

여기서, MAX_I, MIN_I 는 입력 영상의 최소, 최대 명도값이며 MAX_O, MIN_O 는 출력 영상의 최소, 최대 명도값을 나타낸다. 일반적으로 8bit gray level에서는 $MIN_O = 0, MAX_O = 255$ 가 된다.

히스토그램 스트레칭 방법은 명도값 분포를 최대, 최소값에 따라 비례적으로 스트레칭하는 방법이므로 전체적으로 어둡거나 밝은 영상에 대해 효과적이지만 쌍봉우리 형태의 히스토그램 분포를 가지는 영상이나 $MIN_I \approx 0, MAX_I \approx 255$ 인 영상에 대해서는 대비 개선의

효과가 미비하다.

1.2. 명도 표면 스트레칭 기법(Intensity Surface Stretching)

명도 표면 스트레칭 기법[4]은 주변 이웃 픽셀과의 명도차가 크지 않은 대비가 낮은 영역의 명도차를 좀 더 두드러지게 변환하기 위해 명도 표면을 사용한다. 이 방법은 원영상의 명도값보다 밝은 명도값으로 이루어진 상부 명도 표면 $U(x,y)$ 와 어두운 명도값으로 이루어진 하부 명도 표면 $L(x,y)$ 을 생성한 다음 각각 출력 영상의 최대값과 최소값으로 스트레칭하면서 이에 비례하는 값으로 두 표면 사이에 존재하는 원영상의 명도값을 변화시킴으로써 영상의 대비를 개선하게 된다.

$$O(x,y) = \frac{MAX_O - MIN_O}{U(x,y) - L(x,y)} (I(x,y) - L(x,y)) + MIN_O \quad (2)$$

여기서, MAX_O, MIN_O 는 각각 최종 출력 영상의 최대, 최소값이며 $U(x,y), L(x,y)$ 는 각각 입력 영상에 상부 하부에 존재하는 명도 표면이다.

명도 표면 스트레칭 기법은 상부 명도 표면과 하부 명도 표면이 어떻게 생성되는가에 따라 출력 영상의 화질이 결정되며 각각의 명도 표면과 입력 영상의 명도 표면 사이의 거리에 따라 영상의 밝기가 결정된다. 또한, 명도값에 의한 스트레칭이 아니라 명도 표면에 의한 스트레칭이므로 이웃 픽셀과의 밝기 정보가 영향을 주어 지역적으로 대비가 낮은 영역의 화질 개선에 매우 효과적이다.

1.3. 히스토그램 평활화 (Histogram Equalization)

히스토그램 평활화[5,6]는 입력 영상의 히스토그램 분포를 균등하게 되도록 처리하여 명암값의 발생 빈도를 비슷하게 만들어 영상의 대비를 증가시키는 방법이다. 평활화 기법은 명도값 변환 함수 $y = F(x)$ 를 정의하고 변환 y 가 균일한 분포를 갖도록 하는 것이다. 이를 위해 먼저 히스토그램의 각각의 명도값에 대해 빈도를 구하고 이 빈도수를 누적하여 축적 히스토그램을 구한다. 다음으로 축적 히스토그램을 전체 화소수로 나누어 정규화하고 마지막으로 정규화된 축적 히스토그램에 최대 명암도 값을 곱하게 되면 입력 명도값에 대한 출력 명도값이 매핑되게 된다.

평활화 기법은 영상 내에서 대비가 서로 다른 국부 영역들의 대비를 동시에 증가시키는 것은 어려우며 히스토그램 면적에 비례하여 입력 영상의 명도값이 변환되므로 넓은 영역에 분포하는 단순한 배경 부분에 대한 대

비가 과도하게 증가될 수 있으며 히스토그램 분포 형태가 많이 변형되어 변환된 영상이 매우 부자연스러운 경우가 자주 발생한다.

1.4. 감마 보정 (Gamma Correction)

감마 보정 방법[5]은 밝기 변환 방법으로 멱함수(power function)를 사용하여 입력 영상의 명도값을 출력 영상의 명도값으로 매핑시켜 대비를 향상시키는 방법으로 식 (3)과 같이 정의된다.

$$y = c \cdot x^\gamma \tag{3}$$

여기서, c 는 스케일 상수이며, γ 는 지수로 $\gamma > 1$ 이면 아래로 볼록하고 $\gamma < 1$ 이면 위로 볼록한 곡선이 된다. 따라서, $\gamma < 1$ 인 경우 명도값이 낮은 영역에서 좁은 범위의 입력 명도값 분포가 넓은 범위의 출력 명도값으로 매핑되므로 어두운 영역의 대비 개선의 효과가 있게 되고, $\gamma > 1$ 인 경우에는 명도값이 높은 영역에서 좁은 범위의 입력 명도값 분포가 넓은 범위의 출력 명도값으로 매핑되어 밝은 영역의 대비 개선이 이루어지게 된다. 반면 $\gamma < 1$ 인 경우 명도값이 높은 영역이나, $\gamma > 1$ 인 경우 명도값이 낮은 영역은 오히려 대비가 낮아지게 된다.

1.5. 레티넥스 (Retinex)

레티넥스 기법[7-10]은 영상의 밝기와 인지 감각 사이에는 로그 관계를 가진다는 이론과 영상의 밝기는 조명 성분과 반사 성분의 곱으로 이루어진다는 인간 시각 모델을 바탕으로 하여 조명 성분의 영향을 줄임으로써 대비를 강조하는 방법이다.

레티넥스 기법은 SSR(Single Scale Retinex), MSR(Multi Scale Retinex), MSRCR(MSR Color Correction)을 거친다.

SSR은 조명성분을 제거하고 물체의 반사 성분만을 추출하는 과정으로 식 (4)와 같이 정의된다.

$$R_i(x,y) = \log I_i(x,y) - \log [F(x,y) * I_i(x,y)] \tag{4}$$

여기서, $I_i(x,y)$ 는 RGB 채널에서 i 번째 색상 성분 ($i \in \{R, G, B\}$)을 말하며 *는 convolution 연산을 의미한다. $F(x,y)$ 는 조명 성분 추정을 위한 Gaussian surround 함수로 식 (5)와 같이 정의된다.

$$F(x,y) = K \cdot \exp[-(x^2 + y^2)/c^2] \tag{5}$$

여기서, c 는 Gaussian center 상수이며 상수 K 는 다음 식 (6)에 의해 결정된다.

$$\iint F(x,y) dx dy = 1 \tag{6}$$

이때, 고정된 c 값을 사용하는 것은 적절치 않으므로 여러 개의 c 에 의해 가중치 합으로 표현한 것이 MSR이다.

$$R_{MSR_i} = \sum_{n=1}^N w_n R_{n_i}, \sum_{n=1}^N w_n = 1 \tag{7}$$

여기서, N 은 서로 다른 c 상수를 갖는 SSR의 회수를 말하며 w_n 는 n 번째 가중치, R_{n_i} 는 n 번째 SSR 결과이다.

MSR은 컬러 영상에서 각 채널별의 상관 관계를 고려하지 않기 때문에 색상에 대한 복원이 필요하다. 컬러 복원식은 식 (8)과 같이 컬러 채널에 따라 정의된다.

$$C_i(x,y) = \beta \cdot \log \left[\alpha \cdot \left(I_i(x,y) / \sum_{i=R,G,B} I_i(x,y) \right) \right] \tag{8}$$

여기서, α 는 offset을 비선형적으로 조정하는 상수이며, β 는 gain 상수이다.

최종적으로 컬러 복원식에 의한 레티넥스 출력 결과 MSRCR은 식 (9)와 같이 정의된다.

$$R_{MSRCR_i}(x,y) = C_i(x,y) \cdot R_{MSR_i}(x,y) \tag{9}$$

레티넥스 기법은 영상에서 어두운 영역에 있는 객체들의 변별력은 뛰어나 그레이 영상을 사용한 산업 및 군사용도의 영상 개선에는 효과적이지만 컬러 영상인 경우 인간 시각의 관점에서 매우 부자연스러운 경우가 많아 인물 사진이나 풍경 사진 등 디지털 사진의 영상 개선에는 부적합한 경우가 많다. 또한, 조명 성분 추정을 위해 시간이 많이 소요되는 단점이 있다.

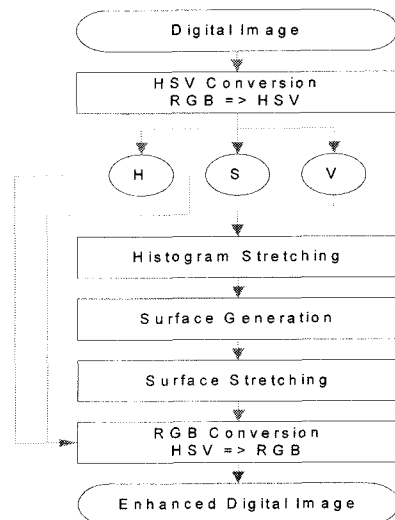


그림 1. 영상 개선 과정
Fig. 1 Image enhancement process

III. 가우시안 함수에 의한 명도 표면 스트레칭 기법

디지털 컬러 사진에서 각 채널별로 독립적인 영상 개선을 수행하게 되면 컬러 색상의 변화를 초래할 가능성이 있으며 처리 시간이 또한 많이 소요된다. 따라서 그림 1과 같이 입력 영상을 HSV 컬러 공간으로 변환한 다음 명도 성분(V)에 대해서만 대비 개선 알고리즘을 적용한 후 역변환 과정을 통해 컬러 영상으로 복원하는 방법을 사용한다.

그림 2에서 원본 이미지의 명도 히스토그램 분포가 (a)와 같을 때 히스토그램 스트레칭에 의한 결과는 (b)와 같이 나타나게 되지만 상부/하부 명도 표면을 (c)와 같이 구성한 다음 이 명도표면을 스트레칭하게 되면 (d)와 같이 지역적으로도 우수한 대비 효과를 나타낼 수 있게 된다. 본 논문에서는 가우시안 함수를 사용하여 상부 명도 표면 $U(x,y)$ 와 하부 명도 표면 $L(x,y)$ 를 다음과 같이 식 (10), (11)로 정의한다.

$$U(x,y) = \max \left\{ \sum_{m=0n=0}^{M-1N-1} (I(m,n) + \alpha_U(MAX_I - I(m,n))) G(x+m, y+n) \right\} \quad (10)$$

$$L(x,y) = \min \left\{ \sum_{m=0n=0}^{M-1N-1} (I(m,n) - \alpha_L(I(m,n) - MIN_I)) G(x+m, y+n) \right\} \quad (11)$$

여기서, $I(x,y)$ 는 입력 영상, MAX_I, MIN_I 는 각각 입력 영상의 최대, 최소값이며 α_U, α_L 은 근접 파라미터로 각각의 상부 명도 표면과 하부 명도 표면이 입력 영상의 명도 표면과 얼마나 가깝게 근접하여 생성되는지를 결정한다. 이 근접 파라미터 α_U, α_L 는 $[0, 1]$ 의 범위를 가지며 수치가 낮을수록 명도 표면이 입력 영상과 유사하게 생성된다. α_U 가 낮은 수치인 경우에는 상부 명도 표면이 입력 영상과 근접하게 생성되어 최대값 레벨로 스트레칭되므로 입력 영상이 더욱 밝아지게 되고 α_U 가 높은 수치인 경우에는 상부 명도 표면이 입력 영상과 멀어지므로 최대값 레벨로 스트레칭되더라도 입력 영상의 명도 값이 덜 밝아진다. 반대로 α_L 가 낮은 수치인 경우에는 하부 명도 표면이 입력 영상과 근접하게 생성되어 최소값 레벨로 스트레칭되므로 입력 영상이 더욱 어두워지게 되고 α_L 가 높은 수치인 경우에는 하부 명도 표면이 입

력 영상과 멀어지므로 최소값 레벨로 스트레칭되더라도 입력 영상의 명도값이 덜 어두워진다. 그러므로 α_U 와 α_L 에 따라 생성된 명도 표면이 입력 영상과 근접할수록 명도값의 변화량이 많아진다. 즉, α_U, α_L 가 낮은 수치인

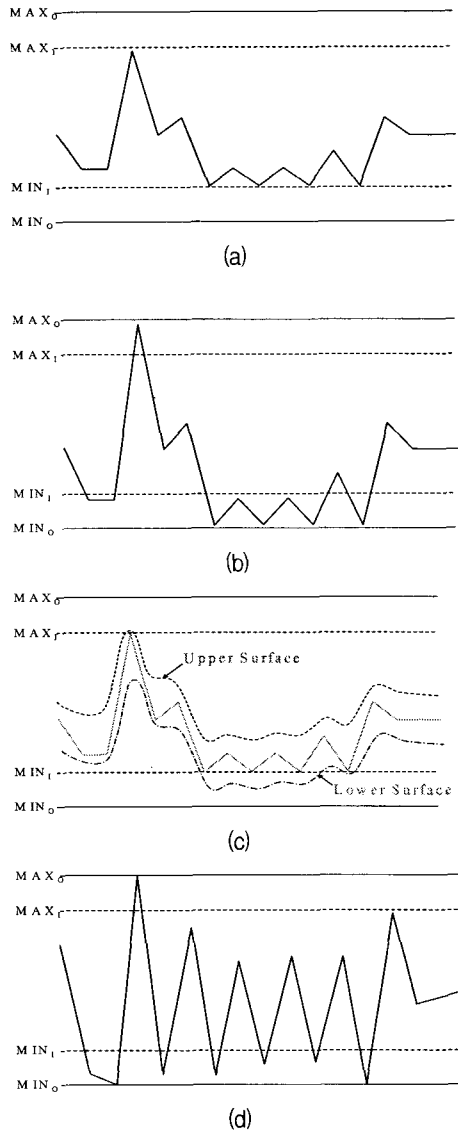


그림 2. 명도 표면 스트레칭
 (a) 원본 명도 표면 (b) 히스토그램 스트레칭 결과
 (c) 상부/하부 명도 표면 (d) 명도 표면 스트레칭 결과
 Fig. 2 Intensity surface stretching
 (a) original intensity surface
 (b) result of histogram stretching (c) upper/lower surface
 (d) result of intensity surface stretching

경우 스트레칭에 의해 명도값의 변화량이 많아 명도차가 크게 나타나는 반면 영상이 부자연스러워지고, α_U, α_L 가 높은 수치인 경우 명도값이 변화량이 적어서 영상은 자연스러워지지만 대비 개선의 효과는 떨어지는 특성을 가진다.

$G(x, y)$ 는 2차원 가우시안 함수로 식 (12)와 같이 정의된다.

$$G(x, y) = K \cdot \exp(-(x^2 + y^2)/c^2) \quad (12)$$

여기서, c 는 가우시안 서라운드 공간 상수(gaussian surround space constant)이며 K 는 식 (13)의 조건을 만족하게 하는 제약 변수(constraint variable)이다.

$$\iint K \cdot \exp(-(x^2 + y^2)/c^2) dx dy = 1 \quad (13)$$

$G(x, y)$ 는 가우시안 함수로 상부 명도 표면과 하부 명도 표면을 완만하게 만들어주는 역할을 하며 c 의 값이 클수록 넓은 범위의 이웃 픽셀 값이 가우시안 커널의 영향을 받게 된다. 이렇게 되면 명도값이 높은 픽셀들은 상부 명도 표면과 가깝게 되고 하부 명도 표면과 멀어지게 되며 명도값이 낮은 픽셀들은 상부 명도 표면과 멀어지게 되고 하부 명도 표면과 가깝게 된다. 따라서 명도 표면이 스트레칭 되면 지역적으로 명도차가 더욱 커지게 되므로 대비가 증가하게 된다.

IV. 실험 결과 및 토의

다양한 조명 환경에서 획득한 디지털 컬러 사진을 사용하여 제안된 화질 개선 알고리즘의 성능을 평가하였다. 실험에 사용된 사진 영상은 약 1024x768 크기의 디지털 컬러 영상으로 풍경, 인물 사진 등 일상에서 쉽게 얻을 수 있는 형태의 불특정 다수의 사진들로써 화질의 개선이 필요하다고 판단되는 사진 452장과 보통 품질의 사진 1301장으로 구성되어 있다. 그림 3~그림6은 여러 가지 화질 개선 알고리즘을 사용하여 디지털 컬러 사진의 화질을 개선한 결과를 히스토그램 분포와 함께 비교하고 있다. 히스토그램 스트레칭에 의한 결과는 화질 개선 효과가 뚜렷이 나타나지 못하고 있으며 히스토그램 평활화와 레티넥스에 의한 방법은 화질 개선 정도가 과도하여 대비는 향상시키고 있으나 자연스럽지 못한 영상을 보여주고 있으며 감마 보정 결과는 영상에 따라서 어두운 영역의 화질이 개선되기도 하지만 그 효과가 미비하다. 반면에 제안된 방법은 지역적인 대비를 개선시켜 자연스러운 영상의 화질을 개선시킴을 알 수 있다.

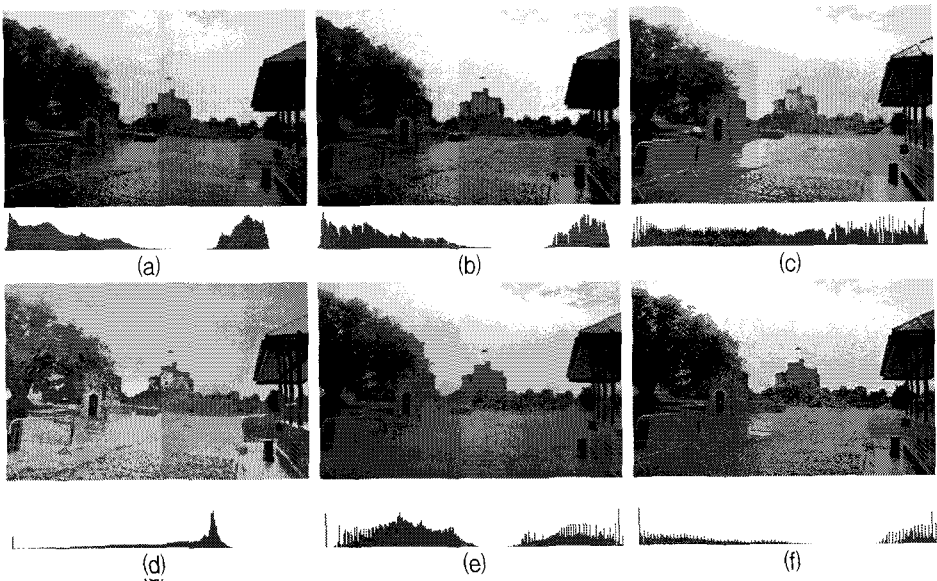


그림 3. 화질 개선 결과(image_castle)
 (a) 원본 이미지 (b) 히스토그램 스트레칭 결과 (c) 히스토그램 평활화 결과
 (d) 레티넥스 MSRCR 결과 (e) 감마 보정 결과 (f) 명도 표면 스트레칭 결과
 Fig. 3 Results of image quality enhancement
 (a) Original images (b) Histogram stretching (c) Histogram equalization
 (d) Retinex MSRCR (e) Gamma correction (f) Surface stretching

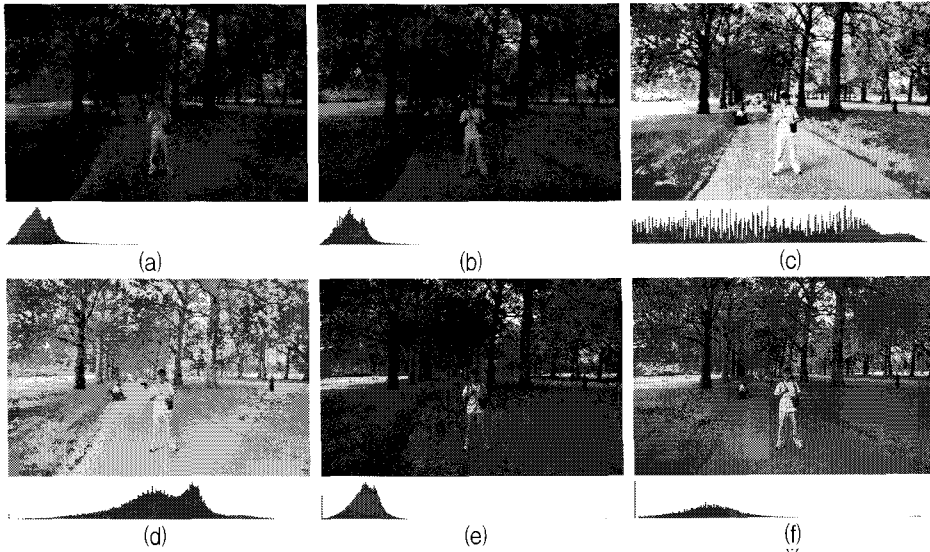


그림 4. 화질 개선 결과(image_park)

(a) 원본 이미지 (b) 히스토그램 스트레칭 결과 (c) 히스토그램 평활화 결과
 (d) 레티넥스 MSRCR 결과 (e) 감마 보정 결과 (f) 명도 표면 스트레칭 결과

Fig. 4 Results of image quality enhancement

(a) Original images (b) Histogram stretching (c) Histogram equalization
 (d) Retinex MSRCR (e) Gamma correction (f) Surface stretching

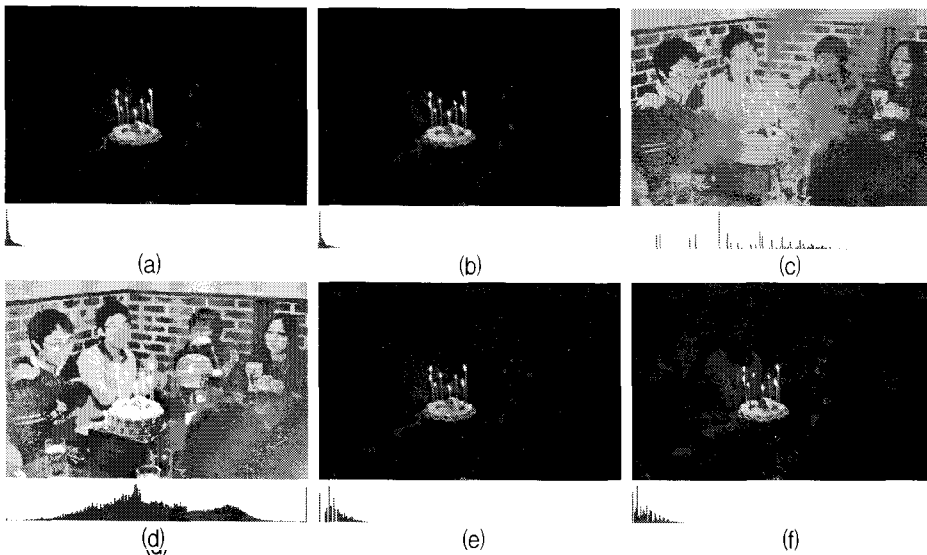


그림 5. 화질 개선 결과(image_party)

(a) 원본 이미지 (b) 히스토그램 스트레칭 결과 (c) 히스토그램 평활화 결과
 (d) 레티넥스 MSRCR 결과 (e) 감마 보정 결과 (f) 명도 표면 스트레칭 결과

Fig. 5 Results of image quality enhancement

(a) Original images (b) Histogram stretching (c) Histogram equalization
 (d) Retinex MSRCR (e) Gamma correction (f) Surface stretching

디지털 컬러 사진의 화질 개선 성능에 대한 평가는 개인의 성향에 따라 주관적이어서 객관적으로 평가하기는 매우 어려운 작업이다. 따라서 인간 시각의 관점에서 직접적으로 화질 개선 정도를 먼저 관찰해본 다음 CPP(contrast per pixel)[11]를 사용하여 객관적인 평가 방법으로 성능 평가를 수행한다. 그림 6은 어두운 영역과 밝은 영역의 편차가 적은 일반 화질 영상에 대한 CPP 비교

결과이다. 평균적인 화질 개선의 정도는 Original < Stretching < Gamma < Retinex < HE < Proposed 순이며 Retinex MSRRCR의 경우 어두운 영역의 화질 개선에 뛰어난 효과가 있음을 알 수 있다. 제안된 방법은 밝은 영역과 어두운 영역 전반에 걸쳐 화질 개선 성능이 우수하게 나타나며 전체적으로도 가장 우수한 성능을 나타낸다.

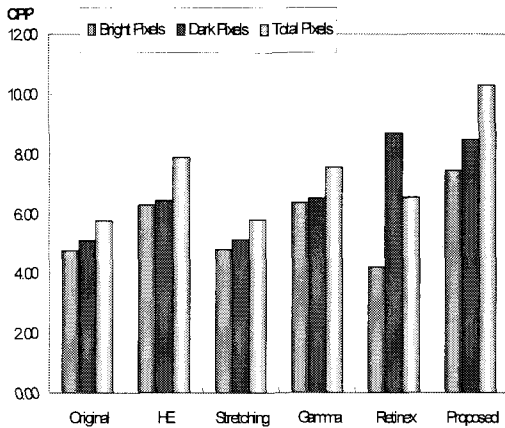


그림 6. 일반 화질 이미지 평균 CPP
Fig. 6 Average CPP of normal image

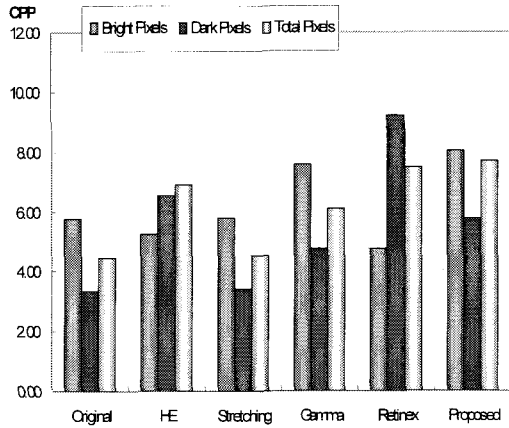


그림 7. 저화질 이미지 평균 CPP
Fig. 7 Average CPP of low quality image

그림 7은 원본 영상(original)에서 살펴볼 수 있듯이 어두운 영역에서 CPP가 낮게 나타나는 저 화질 영상으로 제안된 방법이 전체적인 픽셀들의 대비가 가장 많이 개선되었음을 나타낸다. "HE"와 "Retinex" 방법이 어두운 영역에서 우수한 CPP를 나타내지만 전체적인 CPP는 낮은 것으로 분석된다. 이것은 영상이 변환되면서 어두운 영역이 너무 강조되어 원래의 사진 분위기를 잃게 되어 부자연스러운 결과 영상이 생성되었음을 나타낸다.

표 1은 은 각각의 화질 개선 방법들의 평균 처리 시간을 나타내고 있다. "HE", "Stretching" 등은 매우 빠른 시간에 처리가 가능함을 나타내고 있으나 컬러 채널별로 독립적으로 처리하고 컬러 보정 과정을 거치는 Retinex MSRRCR 방법은 그 처리 시간으로 인해 실용성이 매우 떨어짐을 알 수 있다. 제안된 명도 표면 스트레칭 방법은 평균 1.5초 정도의 시간이 소요되므로 그 성능에 비해 매우 빠른 처리 능력을 보여주고 있다.

표 1. 평균 처리 시간
Table. 1 Average processing time

화질 개선 방법	평균처리시간(ms)
HE	261
Stretching	201
Gamma	1040
Retinex	5149
Proposed	1513

V. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 일상 생활에서 쉽게 접할 수 있는 디지털 카메라로 촬영된 영상의 화질을 왜곡없이 자연스럽게 향상시키기 위한 방법으로 명도 표면을 생성하여 스트레칭하는 화질 개선 기법을 제안하였다.

제안된 명도 표면 스트레칭 기법은 상부 명도 표면과 하부 명도 표면을 생성하여 출력 영상의 최소, 최대 명도 범위로 스트레칭 하는 방법으로 명도 표면 생성 과정에서 가우시안 함수에 의해 표면을 완만하게 하여 지역적으로 대비를 증가시킬 수 있었다. 화질 개선이 필요한 저화질의 디지털 사진 영상과 일반적인 품질의 사진 영상을 통해 실험한 결과 사진의 전체적인 분위기를 유지하면서 대비 개선이 필요한 영역의 세부 정보들이 강조되는 현상을 관찰할 수 있었으며 빠른 처리 시간으로 화질 개선이 필요한 응용 분야에 실제적으로 사용할 수 있음을 확인하였다.

향후 연구 방향으로는 영상의 화질을 분석하여 상부 및 하부 명도 표면과 입력 영상과의 거리에 따른 화질 개선 정도를 최적화하는 파라미터 설정에 관한 연구를 수행할 계획이다.

참고문헌

[1] R. Jurgen. Digital Photography: Digital Consumer Electronics Handbook, McGraw-Hill, New York, 1997.
 [2] Scott E Umbaugh. Computer Imaging: Digital Image Analysis and Processing, A CRC Press Book, 2005.
 [3] B. London, J.Upton, Photography, sixth ed. Longman, 1998.
 [4] A. Rowberg, B.Malcolm, "Distortion-free Image Contrast Enhancement," 22nd International Conference of EuroPACS-MIR, 2004
 [5] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley, 1992.
 [6] I.M. Bockstein, "Color Equalization Method and Its Application to Color Image Processing," J. Opt. Soc. Am., Vol.3, No.5, pp.735-737, 1986.
 [7] Daniel J. Jobson et al, "Properties and Performance of a Center/Surround Retinex," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 6, pp.451-462, March 1997.
 [8] E. Land, J. McCann, "Lightness and Retinex theory," Journal of the Optical Society of America, vol. 61. no. 1, pp.1-11, January 1971.
 [9] D. J. Jobson, Z. Rahman, G. A. Woodell, "A Multi-Scale Retinex For Bridging the Gap Between Color Images

and the Human Observation of Scenes," IEEE Trans. Image Processing: Special Issue on Color Processing, pp.965-976, July 1997.

[10] Z. Rahman, G. A. Woodell, D. J. Jobson, "A Comparison of the Multiscale Retinex with Other Image Enhancement Techniques," NASA Langley Technical Report, 1997.
 [11] E. Mark, M. David, "Histogram Equalization using Neighborhood Metrics," Proceedings of the Second Canadian Conference on Computer and Robot Vision, Victoria, Canada, pp. 397-404, June 2005.

저자소개



김도현(Do-Hyeon Kim)

2001년 부산대학교 전자계산학과 졸업.

2003년 부산대학교 전자계산학과 석사 졸업.

2006년 부산대학교 컴퓨터공학과 박사 수료.

2007년 부산대학교 컴퓨터공학과 박사 재학 중.

※ 관심분야: 패턴인식, 영상처리 및 컴퓨터비전, 퍼지 및 신경망, 제어자동화시스템.



정호영(Ho-Young Jung)

2004년 부산대학교 전기전자정보 컴퓨터공학부 졸업.

2007년 부산대학교 컴퓨터 공학과 석사 졸업.

2007년 현재 LG, Philips LCD 근무중

※ 관심분야: 영상처리 및 컴퓨터비전, LCD



차의영(Eui-Young Cha)

1979년 경북대학교 전자공학과 졸업.

1982년 서울대학교 전자계산학과 석사 졸업.

1998년 서울대학교 컴퓨터공학과 박사 졸업.

1981년~1985년 한국전자기술연구소 연구원.

1995년~1996년 University of London 방문교수.

1985년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야: 컴퓨터비전, 신경망, 웨이블릿