

논문 2012-49SP-1-8

# 영상의 색상분석을 사용한 대기 열화 영상의 가시성 향상

## ( Enhancement of Atmospherically Degraded Images Using Color Analysis )

윤 인 혜\*, 김 동 균\*, 백 준 기\*\*

( Inhye Yoon, Donggyun Kim, and Joonki Paik )

### 요 약

본 논문에서는 대기 열화 영상의 색상 분석을 통해 대기값과 전달률을 추정하여 대기 열화 요인을 제거함으로써 영상의 가시성을 향상시키는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 RGB채널의 최대값을 이용하여 영상을 정규화 시키고, 반사율을 이용하여 RGB 채널 각각의 적응적 대기값을 추정한다. 또한 영상의 Y채널의 감마보정을 통해 전달률을 생성한다. 결과적으로 대기값과 전달률을 이용하여 대기 열화 요인을 제거함으로써 가시성이 향상된 영상을 얻는다. 제안된 방법은 영상의 색상을 분석하기 때문에 기존의 기술의 문제점인 색상왜곡을 억제하고, 효과적으로 영상을 복원함으로써 가시성 향상에 있어서 뛰어난 성능을 보인다. 그 결과 제안된 알고리즘은 안개, 연기, 먼지 등과 같은 다양한 대기중의 불순물에 의한 화질 열화를 효과적으로 제거하여 가시성 향상에 기여할 수 있다.

### Abstract

In this paper, we present an image enhancement method for atmospherically degraded images using atmospheric light and transmission based on color analysis. We first generate a normalized image using maximum value of each RGB color channel. Then, each atmospheric light is estimated from RGB color channel respectively by calculating reflectance of an image. We also, generate a transmission using gamma coefficients from the Y channel of the image. We can significantly enhance the visibility of an image by using the estimated atmospheric light and the transmission. The proposed algorithm can remove atmospheric degradation components better than existing techniques because the color prevents color distortion which is common problem of existing techniques. Experimental results demonstrate that the proposed algorithm can improve visibility by removing fog, smoke, and dust.

**Keywords :** 대기 열화 영상, 대기 열화, 안개, 연기, 색상분석

## I. 서 론

대기 중의 먼지 혹은 안개 등의 불순물 입자는 피사

체에서 반사되어 카메라로 전달되는 빛을 차단한다. 그 결과 색상의 혼합을 초래하여 피사체 본래의 색과 형태를 분간하기 힘든 결과를 낳는다. 이와 같이 대기 중 불순물에 의한 열화 요인들을 제거하여 가시성이 향상된 영상을 얻기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 기존의 열화 요인 제거하는 알고리즘은 다수의 영상을 이용하거나, 화소의 밝기 값 이외의 추가적인 정보를 이용하였다. Narasimhan은 동일한 위치에서 열화 요인에 의한 밝기 값이 서로 다른 두 영상을 획득한 후 대기 열화 요인에 따른 투과 정도와 깊이 정보를 구하여 대기 열화 요인을 제거하였다<sup>[1]</sup>. Shwartz는 우선 동일한 위

\* 학생회원, \*\* 평생회원-교신저자, 중앙대학교  
(Dept. of Image Engineering, Graduate School of Advanced Image Science, Multimedia, and Film, Chung-Ang University)

※ 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(2009-0081059)과 한화종합연구소의 연구사업 지원으로 수행되었습니다.

접수일자: 2011년6월27일, 수정완료일: 2011년11월21일

치에서 각각 다른 편광 필터가 장착되어 얻어진 두 장의 영상을 사용한다<sup>[2]</sup>. 이는 각 편광 필터를 통해서 전달된 빛의 세기가 다르기 때문에 편광된 양을 분할하여 편광 값을 계산하고 이를 이용하여 편광된 대기 열화 요인을 제거하는 방법이다. 이처럼 기존의 방법들은 대기 열화 영상의 개선을 위한 이론적인 출발점을 제시했다는 점에서 의미를 갖는 반면, 다수의 영상을 획득해야 한다거나, 편광 필터와 같은 추가적인 장치가 필요하기 때문에 실제 카메라에 장착하기 위해서는 구현 및 비용의 문제가 있다. 이를 보완하기 위해서 최근에는 추가적인 정보 없이 한 장의 영상만을 이용하여 대기 열화 요인을 제거하는 방법에 대한 연구가 시작되었다. Fattal은 영상의 반사율을 추정하고 같은 위치에서는 빛이 반사되는 방향이 항상 같다는 가정을 통해 대기 열화 요인을 제거하였다<sup>[3]</sup>. Tan은 대기 열화 요인이 존재하는 영상은 대기 열화 요인이 존재하지 않는 영상보다 낮은 대비(contrast)를 가지고 있다는 특성을 이용하여 대기 열화 요인을 제거하였다. 하지만 이는 과도하게 대비를 증가시켜 부분적인 색상 왜곡 문제점이 발생한다<sup>[4]</sup>. 기존 알고리즘의 문제점을 보완하기 위해서 본 논문에서는 첫 단계로 대기 열화 영상의 색상을 분석을 통하여 각 RGB 채널의 가장 밝은 값을 이용하여 정규화 시킨다. 다음 단계로 정규화된 영상은 반사율의 영향을 받지 않는다는 가정을 통하여 적응적으로 대기값을 추정하고, 영상의 밝기 값 (Y채널)을 이용하여 전달률을 계산한다. 마지막으로 대기값과 전달률을 이용하여 대기 중 불순물에 의한 대기 열화를 제거함으로써 가시성을 향상시킨다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 대기 열화 모델의 기본적인 배경이론을 설명하고, III장에서 색상 기반으로 단일 영상에서 대기 열화를 제거하는 방법을 제안한다. IV장에서는 실험결과를 통해 제안하는 알고리즘의 우수성을 검증하고, V장에서 결론을 맺는다.

## II. 배경이론

실외에서 획득한 영상은 기상 상태에 따라 피사체의 원래 색과 형태를 분간하기 어려운 경우가 있다. 대기 중의 불순물인 먼지 혹은 안개가 존재하는 상황에서 피사체들의 위치에 따라 반사되어 카메라로 들어오는 빛의 양이 다르기 때문에 획득되는 영상의 색이 왜곡되는 결과를 초래한다. 또한 대기 열화 요인의 밀도가 증가

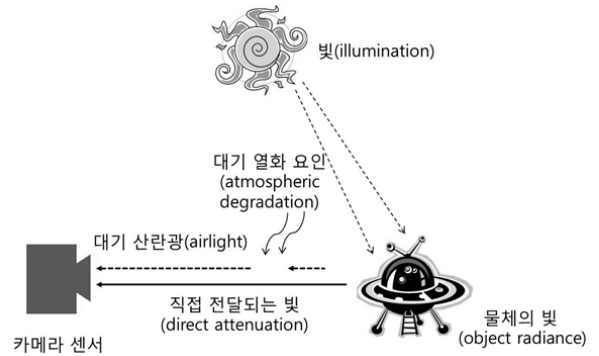


그림 1. 대기 열화 영상의 형성 과정

Fig. 1. The optical model of atmospherically degraded image acquisition.

하면 영상 내의 피사체는 고유의 색을 잃어버리고, 대기 열화 요인과 가까운 색을 갖게 된다.

그림 1은 대기 열화 영상의 일반적인 모델을 보인다. 피사체에서 반사된 빛이 대기 열화 요인으로부터 방해를 받아 최종적으로 카메라에 들어오는 빛의 양이 감소되고, 이 과정에서 피사체 고유의 색과 형태를 분간하기 힘들게 된다.

이처럼 대기 중의 열화 요인에 의해 왜곡되어 얻어지는 영상  $I_c(x, y)$ 는 다음과 같이 결정된다.

$$I_c(x, y) = J_c(x, y)t(x, y) + A_c(1 - t(x, y)), \quad (1)$$

$$\{c \in r, g, b\},$$

여기서  $J_c(x, y)$ 는 대기 열화 요인이 존재하지 않는 원 영상,  $A_c$ 는 대기 열화 요인에 의한 대기값,  $t(x, y)$ 는 영상의 전달률을 나타낸다.

식 (1)에서 첫 번째 항인  $J_c(x, y)t(x, y)$ 은 직접감쇄 (direct attenuation)라 불리며, 두 번째 항인  $A_c(1 - t(x, y))$ 는 대기 산란광(airlight)이라 불린다. 이는 대기 열화 요인이 없는 깨끗한 영상  $J_c(x, y)$ 는 대기 열화 요인에 의한 빛의 투과율에 직접 영향을 받으며, 대기 열화 요인으로 인한 빛의 산란으로 대기 산란광과 합쳐져 대기 열화 영상이 얻어진다. 따라서 영상의 대기 열화 요인을 제거하기 위해서는  $I_c(x, y)$ 로부터  $A_c$ 와  $t(x, y)$ 를 구하고 최종적으로  $J_c(x, y)$ 를 복원하는 과정이 필요하다.

다음 장에서는 대기 열화 영상의 색상정보를 사용하여 영상을 정규화하고, 대기값 추정과 전달률 계산을 통해서 대기 열화를 제거하는 방법을 제안한다.

### III. 색상분석을 이용한 대기 열화 제거 알고리즘

일반적인 영상의 색상은 광원과 피사체에 의한 반사율, 카메라로 들어오는 투과율에 의해 결정된다. 하지만 대기에 의해서 열화된 영상은 대기 중의 불순물로부터 방해를 받아 반사율에 영향을 주기 때문에 투과율이 달라진다. 만약 획득된 영상의 광원이 일정하다고 가정할 경우 반사율을 알면 피사체의 고유의 색을 재현할 수 있다.

실제로 영상에서 물체로부터 반사된 파워 스펙트럼을 측정할 수 있다면 물체에 해당하는 적절한 반사율을 계산할 수 있다. 그러나 반사되는 빛의 모든 파워 스펙트럼을 알 수 없기 때문에 반사율을 계산하는 것은 어렵다. 그러므로 본 장에서는 대기 열화 영상의 색상을 분석하여 영상의 반사율을 결정하고 대기 열화를 제거하는 알고리즘을 제안한다.

#### 1. RGB 채널 특성에 따른 영상 정규화

영상의 색상을 결정짓는 다양한 요소들 가운데 피사체에 의한 반사율은 색상에 가장 중요한 요소로 작용한다. 영상 획득 시 카메라로 들어오는 빛은 외부의 대기 열화 요인으로부터 영향을 받아 피사체의 반사율이 달라지기 때문에 결과적으로 대기 열화 요인과 유사한 색을 띠게 된다. 만약 대부분 흰색을 띄고 있는 안개로부터 영향을 받는 경우 피사체는 흰색으로 왜곡된다. 하지만 일반적인 대기 열화 영상은 그림 2(a)와 같이 흰색뿐만 아니라 다양한 색상으로 왜곡되어서 피사체 고유의 색과 형태를 대다수 잃어버리게 된다. 이를 제거하기 위해 본 절에서는 현실적인 몇 가지 가정을 통하여 영상의 반사율을 구하고 영상을 정규화 시킨다.

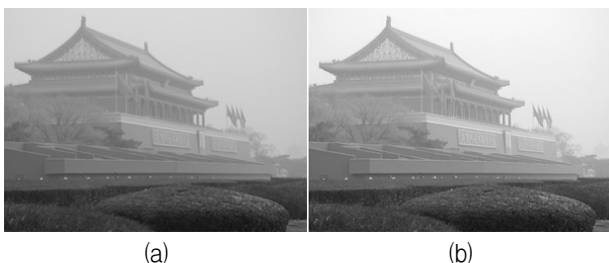


그림 2. 대기 열화 영상의 정규화 결과;  
 (a) 대기 열화 영상, (b) 정규화된 영상  
 Fig. 2. Results of normalization of the atmospherically degraded image; (a) a atmospherically degraded image and (b) the normalized image.

영상의 색상은 일반적으로 식 (2)와 같이 피사체에 의한 반사율  $R_c(x,y)$ 과 광원  $L_c(x,y)$ 에 의해 결정될 수 있다.

$$I_c(x,y) = R_c(x,y)L_c(x,y), \text{ for } c \in r, g, b. \quad (2)$$

다음으로 피사체의 반사율과 빛의 광원을 분리하기 위하여 로그 함수를 취한 결과는 다음과 같다.

$$\log I_c(x,y) = \log R_c(x,y) + \log L_c, \quad (3)$$

여기서 영상에서 광원이 영상내의 모든 화소에 균일하게 도달한다고 가정하면  $L_c(x,y) = L_c$ 가 된다<sup>[6]</sup>. 미지의 상수  $L_c$ 는 [0,1]내의 범위로 변환하면 제거될 수 있고, 이 경우 영상의 색상은 광원의 영향을 받지 않게 된다. 또한 영상내의 존재하는 흰색 패치는 투과하는 빛을 모두 반사하기 때문에  $R_c = 1$ 이 된다.

이러한 특성을 이용하여 본 논문에서는 영상 내의 각 RGB채널에서 구한 최대값을 영상의 고유 흰색패치라 가정한다. 그 결과 각 채널의 최대값을 이용해서 영상의 최대 빛을 반사하는 성분을 제거함으로써 영상을 정규화 시킬 수 있다. 정규화된 영상은 다음과 같이 표현된다.

$$I'_c(x,y) = \frac{\exp\{\log(I_c(x,y)) - \max_{x,y}(\log(I_c(x,y)))\}}{= R_c(x,y)}. \quad (4)$$

즉, 정규화된 영상은 광원의 영향을 받지 않는 반사율을 의미한다. 각 채널의 최대값을 이용하여 정규화 시킨 영상의 결과는 그림 2(b)와 같다.

#### 2. 영상의 반사율을 이용한 대기값 추정

기존의 대기값 추정방법은 영상의 가장 밝은 화소의 값을 대기값으로 추정한다. 그 결과 흰색을 띄는 자동차나 건물과 같은 피사체를 대기값으로 추정하여 영상 재구성시 부분적 색상 왜곡이 발생할 수 있다. 본 절에서는 기존 대기값 추정 방법의 문제점을 최소화하기 위해서 정규화된 영상의 각 RGB 채널의 반사율을 이용하여 적응적 대기값을 추정한다.

정규화된 영상은 광원의 영향을 받지 않는 반사율을 의미한다는 것을 식 (4)를 통하여 증명하였다. 또한 영상의 흰색 패치는 투과하는 모든 빛을 반사하기 때문에 반사율이 1이 된다. 그렇기 때문에 정규화된 영상에서의 가장 밝은 화소 값을 영상의 대기값이라고 가정한다. 하지

만 너무 큰 밝기 값으로 영상을 재구성하면 부분적 색상 왜곡 문제점이 나타나기 때문에 본 절에서는 최소값을 이용하여 적응적으로 대기값을 추정한다. 영상의 최소값을 이용하는 이유는 대기 열화 요인이 존재하지 않는 이상적인 영상에서의 가장 어두운 값은 0을 의미하는데, 대기 열화 요인이 존재하는 영상에서는 0값이 존재하지 않는 것을 의미하고, 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$A_c^{adap} = 1 - \min(I'_c(x, y)). \quad (5)$$

이와 같이 각 RGB 채널의 적응적 대기값을 추정함으로써 부분적 색상 왜곡 문제점을 최소화 할 수 있다.

### 3. 영상의 밝기 값을 이용한 전달률 계산

기존 알고리즘에서는 영상의 패치영역에 가장 어두운 밝기 값을 찾아 전달률  $t(x, y)$ 를 계산한다. 하지만 이를 이용해서 전달률을 계산할 경우 에지성분을 고려하지 않아 후광효과(halo effect)가 나타나는 문제점이 있다.

기존 알고리즘의 문제점을 제거하기 위해 본 논문에서는 정규화된 영상의 밝기 값 (Y 채널)을 이용하여 전달률을 계산하는 방법을 제안한다. 이는 영상의 밝기 값을 감마계수로 적용함으로써 에지영역을 고려하면서 영상의 밝기에 따른 전달률을 생성할 수 있기 때문이다.

우선 광원에 의한 영상의 밝기 값을 추정하기 위하여 식 (6)와 같이 정규화된 영상의 Y채널에 가우시안 필터  $g(x, y)$ 를 적용함으로써 평균영상을 다음과 같이 생성한다.

$$L(x, y) = \iint Y(x, y)g(x - m, y - n)dmdn. \quad (6)$$

다음 단계로 평균영상  $L(x, y)$ 의 제곱근을 계산하여 감마 보정의 계수  $\gamma(x, y)$ 로 사용한다.

$$O(x, y) = Y(x, y)^{\gamma(x, y)}. \quad (7)$$

결과적으로 생성된  $O(x, y)$ 를 식 (8)에 적용함으로써 적응적 전달률을 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$t(x, y) = 1 - \omega \cdot O(x, y), \quad (8)$$

여기서  $\omega$ 는  $0 < \omega < 1$  범위에 있으며, 만약 대기 열화 요인을 제거하였을 때 전달률로 인하여 부자연스러운 영상을 얻는 것을 방지하기 위하여 실험적으로 최적화된 값을 사용한다.

### 4. 대기 열화되지 않은 원영상의 복원

제안하는 알고리즘은 앞서 추정한 대기값과 전달률을 이용하여 영상을 재구성한다. 이는 식 (1)를 이용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$J_c(x, y) = \frac{I'_c(x, y) - A_c^{adap}}{t(x, y)} + A_c^{adap}. \quad (9)$$

결과적으로 적응적 대기값과 전달률을 사용하여 영상에 존재하는 대기 중 불순물로 인한 열화를 제거함으로써 그림 3(a)의 대기 열화 영상과 그림 3(c)의 열화 요인이 제거된 영상을 비교할 때 가시성이 향상되었음을 볼 수 있다.

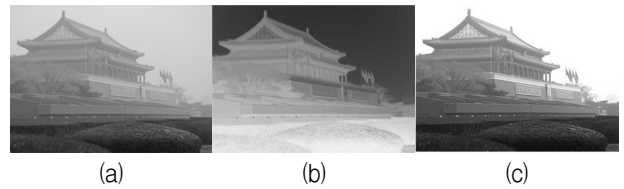


그림 3. 제안된 알고리즘의 결과; (a) 대기 열화 영상, (b) 제안된 알고리즘을 사용하여 생성된 전달률, (c) 제안된 알고리즘을 사용하여 개선된 영상

Fig. 3. Results of the proposed algorithm; (a) a atmospherically degraded image, and (b) the transmission using the proposed algorithm and (c) the enhanced image using the proposed method.

## IV. 실험 결과

본 절에서는 제안된 색상정보를 사용하여 대기 열화를 제거하는 알고리즘에 대한 실험결과를 제시하고, 기

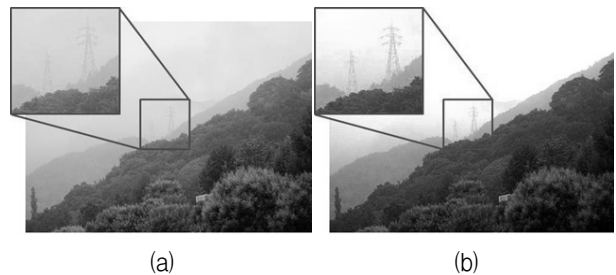


그림 4. 제안된 알고리즘의 결과; (a) 대기 열화 영상, (b) 제안된 알고리즘을 사용하여 개선된 영상

Fig. 4. The results of the proposed algorithm; (a) an original atmospherically degraded image and (b) the enhanced image using the proposed method.

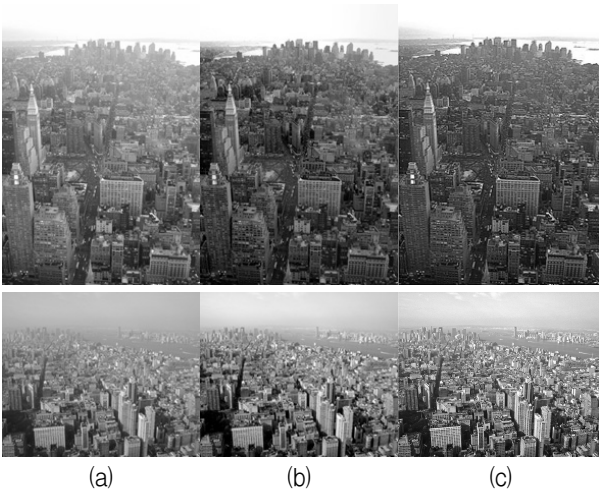


그림 5. 기존 알고리즘과 제안된 알고리즘의 성능비교; (a) 대기 열화 영상, (b) Fattal 알고리즘을 사용하여 개선된 영상, (c) 제안된 알고리즘을 사용하여 개선된 영상.

Fig. 5. The results of the existing and proposed method; (a) an original atmospherically degraded image, (b) shows the enhanced image using Fattal's method, and (c) the enhanced image using the proposed method.

존 알고리즘과 비교를 통해 제안된 알고리즘의 우수성을 검증한다.

그림 4(a)는 대기 열화 영상을 보이고, 그림 4(b)는 제안하는 알고리즘을 사용하여 대기 열화 요인을 제거한 결과 영상을 보인다. 명확한 비교를 위해서 영상의 일부를 확대하였다. 실험결과에서 보듯이 대기 열화 영상에서는 피사체 고유의 색상과 형태가 대부분 손실되었지만, 제안된 방법을 사용하여 대기 열화 요인이 제거된 영상에서는 피사체가 보다 선명해짐과 동시에 원래 색상이 복원된 것을 알 수 있다.

그림 5는 기존 알고리즘과 제안하는 알고리즘의 성능을 비교하기 위한 실험결과를 보인다. 그림 5(a)는 대기 중에 불순물이 존재하는 환경에서 촬영한 영상이며, 그림 5(b)는 기존 알고리즘을 이용하여 열화 요인을 제거한 영상을 보인다<sup>[3]</sup>. 그림 5(b)의 좌측 상단 부분에 있는 붉은 노을의 색상이 손실된 예와 같이 기존 알고리즘은 잘못된 대기값을 이용하여 열화 요인을 제거함으로써 부분적으로 색상왜곡이 나타난 것을 알 수 있다. 그림 5(c)는 제안하는 알고리즘의 실험결과로 기존의 알고리즘의 문제점을 해결하여 보다 가시성이 향상되었음을 확인할 수 있다.

그림 6은 다양한 대기 열화 영상에 제안하는 알고리

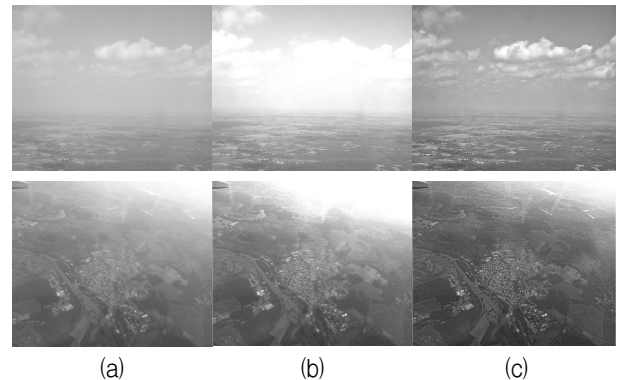


그림 6. 기존 알고리즘과 제안된 알고리즘의 성능비교; (a) 대기 열화 영상, (b) Yoon 알고리즘을 사용하여 개선된 영상, (c) 제안된 알고리즘을 사용하여 개선된 영상.

Fig. 6. The results of the existing and proposed method; (a) an original atmospherically degraded image, (b) shows the enhanced image using Yoon's method, and (c) the enhanced image using the proposed method.

즘을 적용한 실험결과를 보인다. 그림 6(a)는 항공에서 촬영한 대기 열화 영상이며, 그림 6(b)는 기존 알고리즘을 이용하여 열화요인을 제거한 영상을 보인다<sup>[6]</sup>. 그림 6(c)는 제안하는 알고리즘을 적용하여 대기 열화 요인을 제거한 영상이다. 실험결과에서 보듯이 기존 알고리즘은 부분적인 색상왜곡으로 본래의 색으로 재현 못한 것을 보인다. 하지만 제안하는 알고리즘을 적용하였을 경우 색상왜곡 문제를 억제하고 원영상과 가깝게 복원되었음을 알 수 있다. 이처럼 제안하는 알고리즘은 가시성 향상이 필요한 다양한 분야에 적용할 수 있다.

다양한 실험결과에서 보듯이 제안하는 알고리즘은 기존의 알고리즘의 색상왜곡의 문제점을 보완하며, 가시성을 향상시킬 수 있어서 다양한 분야에 응용할 수 있음을 증명하였다.

## V. 결 론

본 논문에서는 대기 중의 불순물에 의해서 열화된 영상을 색상정보를 이용하여 효과적으로 원영상을 복원하는 알고리즘을 제안하였다.

제안한 알고리즘은 영상의 RGB채널의 최대값을 이용하여 정규화된 영상을 얻었다. 다음으로 정규화된 영상의 반사율을 이용하여 RGB채널 각각의 적응적 대기값을 추정하였다. 또한 영상의 밝기 값에 감마보정을 적용하여 전달률을 계산하였다. 결과적으로 대기값과

전달률을 이용하여 적응적으로 대기 열화가 없는 원영상을 복원하였다. 제안된 알고리즘은 영상의 색상정보를 이용하기 때문에 기존의 대기 열화 제거 알고리즘의 문제점인 색상왜곡을 효과적으로 억제함으로써 영상의 가시성을 향상시킬 수 있었다. 실험결과에서는 기존 알고리즘과의 비교를 통하여 제안된 알고리즘의 우수성을 보였다. 향후 연구과제로 영상의 주요성분들을 분석함으로써 보다 대기 열화 영상의 열화 요인을 적응적으로 제거하는 연구가 필요하다. 또한 영상이 개선된 결과영상의 객관적인 수치를 토대로 알고리즘의 우수성을 증명하는 연구가 필요하다.

제안한 방법은 안개, 구름, 먼지, 연기 등과 같이 대기 중에 존재하는 다양한 불순물에 의한 대기 열화를 제거하는데 사용할 수 있다. 결과적으로 제안한 방법은 가시성 향상이 필요한 다양한 영상 장치에 적용하여 다양한 열화 요인으로 인한 대기 열화 영상을 효과적으로 개선하여 관련제품의 경쟁력을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 나아가서, 본 논문에서는 카메라로 얻어진 대기 열화 영상에 사용되었지만 향후 터널과 같은 공간에서 갑작스런 사고로 인하여 연기가 끼었을 경우 연기를 제거하여 운전자의 가시성을 향상시키는 등 다양한 분야에 적용시킬 수 있는 연구가 가능할 것으로 기대된다.

### 참고 문헌

- [1] S. Narasimhan and S. Nayar, "Contrast restoration of weather degraded images," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 25, no. 6, pp. 713-724, June 2003.
- [2] S. Shwartz, E. Namer, and Y. Schechner, "Blind haze separation," Proc. CVPR, pp. 1984-1991, October 2006.
- [3] R. Fattal, "Single image dehazing," ACM Transactions on Graphics, vol. 27, no. 3, pp. 1-9, August 2008.
- [4] R. Tan, "Visibility in bad weather from a single image," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1-8, June 2008.
- [5] Y. Zhai and Y. Zhang, "Contrast restoration for fog-degraded images," International Conference on Computational Intelligence and Security, pp.619-623, December 2009.
- [6] I. Yoon, J. Jeon, J. Lee, and J. Paik, "Spatially adaptive image defogging using edge analysis and gradient-based tone mapping," Proc. IEEE Int. Conf. Consumer Electronics, pp. 195-196, January 2011.
- [7] M. Ebner, "Color constancy," John Wiley & Sons, England, 2007.

### 저 자 소 개



**윤인혜**(학생회원)  
 2010년 강남대학교 전자공학과 학사 졸업.  
 2011년 현재 중앙대학교 첨단영상대학원 석사과정 재학중.  
 <주관심분야 : 영상처리, 영상개선, 컬러보정>



**김동균**(학생회원)  
 2007년 중앙대학교 전자전기공학부 학사 졸업  
 2009년 중앙대학교 첨단영상대학원 석사 졸업.  
 2011년 현재 중앙대학교 첨단영상대학원 박사과정 재학중.  
 <주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전>



**백준기**(평생회원)-교신저자  
 1984년 서울대학교 제어계측공학과 학사 졸업.  
 1987년 노스웨스턴대학교 전기 및 컴퓨터공학과 석사 졸업.  
 1990년 노스웨스턴대학교 전기 및 컴퓨터공학과 박사 졸업.  
 2011년 현재 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 교수.  
 <주관심분야: 영상복원, 신호처리, 반도체>