특집논문 (Special Paper)

방송공학회논문지 제18권 제2호, 2013년 3월 (JBE Vol. 18, No. 2, March 2013)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2013.18.2.140>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

HSI 색 공간 색상 보정을 이용한 안개 제거 알고리즘

엄 태 하^{a)}, 김 원 하^{a)*}

Dehazing in HSI Color Space with Color Correction

Taeha Um^{a)} and Wonha Kim^{a)*}

요 약

Median Dark Channel Prior를 이용하여 안개를 제거하는 방법은 비교적 빠르고 정확한 전달량 맵을 만들어 안개를 제거한다. 그러나 기존의 안개 제거 알고리즘은 RGB 색 공간에서 수행되기 때문에 색상의 왜곡 오류가 생긴다. 본 논문에서는 HSI 색 공간에서 안개 영상의 색상의 정확도를 측정하여 색상의 왜곡을 보정하는 방법을 제안한다. 실험을 통해 제안된 방법은 기존 방법으로 안개 제거 시 색상이 왜곡 되는 현상을 현저히 감소시켰다.

Abstract

The haze removal algorithm using median dark channel prior is an efficient and fast method with relatively accurate transmission estimation. However, conventional methods may produce color distortion since the method ignores the color mismatch between estimated airlight and actual airlight. In this paper, we propose a color correction with measuring color fidelity in the HSI color space. Experimental results show that the proposed algorithm gives better color correction scheme.

Keyword : dehaze, dark channel prior, HSI, color correction, fog

1. 서 론

안개란 대기 중의 수증기가 응결하여 지표 가까이에서 작은 물방울이 떠 있는 현상이다. 안개는 공기보다 입자 크기 때문에 더 많은 빛의 산란을 발생시키고, 안개 영상은 빛의

산란에 의해서 Contrast와 채도가 감소된다. 획득된 영상은 물체로부터 반사된 빛과 대기 빛이 카메라와 물체의 거리와 대기 중의 입자에 의해 산란되어 입력된다. 이러한 안개 영상은 낮은 Contrast와 색의 정확도(Color Fidelity)를 잃는다^[1]. 많은 컴퓨터 비전 응용 프로그램에서는 보다 좋은 결과를 얻기 위해 깨끗한 입력 영상이 필요하다.

안개 영상의 품질을 향상시키는 방법에는 두 가지 방법이 있다. (i) 안개 모델을 사용하지 않고 영상 품질 향상을 기반으로 가시성을 높이는 방법^{[2][3]}, 그리고 (ii) 안개 모델을 이용하여 빛의 산란 정도를 측정하고 영상을 복원하는 방법^{[4][5][6][7][8][9]}이 있다. 첫 번째 방법 중 Multi-scale Retinex

a) 경희대학교 (Kyung Hee University)

* Corresponding Author : 김원하(Wonha Kim)

E-mail: wonha@khu.ac.kr

Tel: +82-31-201-2030

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0012331).

· Manuscript received December 17, 2012 Revised March 7, 2013

Accepted March 7, 2013

(MSR)을 이용하여 영상의 Contrast를 향상시켜 안개를 제거하는 방법^[2]과 Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization(CLAHE)^[3]이 있다. 이러한 방법들은 로컬 기반 영상 처리 기법으로 영상의 세부적인 사항이나 낮은 Contrast 영상에 적합하다. 이 방법들의 장점은 물리적인 영상처리 모델 없이 다양한 영상에 적용할 수 있다. 그러나 이 방법들은 영상의 Contrast는 향상시키나 색상에 대한 고려가 없고, 지역적으로 처리를 하기 때문에 전반적인 영상이 부자연스럽고, 세부적으로 불완전한 처리 능력을 보여 준다.

다른 방법으로는 안개 영상 모델의 물리적 기반의 정보를 이용하여 영상을 복원한다. 이 방법은 안개 및 날씨에 의해 저하된 영상 복원에 널리 쓰이고 있다. 이 모델은 알 수 없는 Airlight와 전달량(transmission)을 효과적으로 구하는 것이다. Schechner 등이 제안한 방법은 동일한 위치에서 각각 다른 편광 필터가 장착된 카메라로 촬영된 영상을 비교하여 안개의 양을 획득하고 제거한다^[4]. Narasimhan과 Nayar에 의해 제안된 방법은 같은 위치에서 시간과 날씨가 다른 환경에서 찍은 여러 장의 사진을 이용하여 안개 정보를 획득한다^[5].

Kopf 등은 카메라의 내장된 GPS의 정보를 이용하여 영상의 깊이 정보를 이용해 안개정보를 획득한다^[6]. 위의 방법들은 영상 이외에 추가적인 정보나 여러 장의 영상 정보가 필요하다는 단점이 있다.

추가적인 정보가 없이 단일 영상으로 안개를 제거하는 방법은 다음과 같다. Tan은 안개가 없는 영상은 안개 영상보다 contrast가 높다는 것을 이용하여 지역적으로 contrast를 극대화하여 안개 영상을 복원한다^[7]. 지역적으로 처리를 하기 때문에 블록 현상이 남아 있는 단점이 있다. Fattal은 안개 영상 내 반사율을 측정하고, 일정 지역 내에서 측정된 반사율은 항상 같은 벡터 방향을 갖는 다는 가정을 통하여 영상 내 빛의 반사율을 구한다^[8]. 전달량은 영상의 깊이와 조명 성분에 영향을 받기 때문에 측정된 반사율을 이용하여 전달량을 구하고, ICA를 이용하여 영상을 복원한다. 이 방법은 성능에 비하여 복잡도가 매우 높다.

He 가 제안한 Dark Channel Prior(DCP)에서는 안개가 없는 영상에서 일정한 윈도우 내 RGB 값의 최솟값은 아주

낮은 값을 갖는 특징을 이용하여 Dark channel을 구하고, 또 Dark channel로부터 Airlight와 전달량을 구한다^[9]. DCP는 비교적 정확한 전달량을 구할 수 있지만 엣지 값이 손실되어 이를 방지하기 위해 soft-matting 기법을 이용한다. 하지만 이 기법은 계산 시간이 오래 걸리고 많은 메모리가 필요하다는 단점이 있다. 이를 보완한 것이 Gibson 이 제안한 MDCP 방법이다^[10]. 일정한 윈도우 내에 최솟값 대신 중간값을 이용하여 엣지를 보존하고 계산 시간을 단축 시켰다.

기존의 알고리즘은 RGB 색 공간에서 안개 화소들의 contrast를 향상시켜 안개를 제거한다. 그러나 기존의 알고리즘은 luminance와 색상을 분리하지 않고 luminance의 contrast를 증가 시키는 만큼 색의 성분을 고려하지 않고 색상의 contrast, 즉 채도를 증가시킨다. 따라서 Airlight의 색상이 luminance와 동일하지 않으면 안개 제거된 화소의 색상이 왜곡된다. 기존의 방법에서 contrast를 많이 시킬수록 색상의 왜곡이 많이 된다.

본 논문에서는 기존의 방법이 발생 시키는 색의 왜곡 현상을 현저히 줄이는 기법을 제안한다. 제안하는 방법은 HSI 영역에서 기존의 안개 제거 방법을 분석하여 안개 제거 영상의 색상의 왜곡을 측정하는 모델을 제시하였다. 제안하는 방법은 제시된 모델로 기존의 안개 제거 기법이 채도를 변화시키면서 색상을 왜곡하는 정도를 구하여 그 왜곡을 보상한다. 제안한 방법은 HSI 색 공간에서 기존 방법에서 Contrast 향상을 유지하면서 색상을 보정하여 안개 제거시 발생하는 색의 왜곡 현상을 현저히 줄인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 본 논문에 사용되는 DCP와 MDCP와 기존 방법의 문제점을 분석하고, 3장에서는 제안한 방법으로 색상 왜곡을 보정하고, 4장에서는 실험을 통한 제안한 방법의 성능을 측정, 평가 하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

II. 기존의 연구

1. 안개 제거 모델

그림 1은 물체에서 반사되는 빛이 사람의 눈이나 카메라

그림 1. 영상 획득 모델
Fig. 1. Image acquisition model

에 도달하는 모델을 도식화 한다. 사람의 눈이나 카메라에 들어오는 입력 영상은 물체로부터 반사되어 도달하는 빛의 양과 대기 중에 산란되어 도달하는 빛의 양으로 나누어진 다. (x, y) 에 위치한 픽셀의 값을 $I(x, y)$ 라 하면 다음과 같은 computer vision모델이 성립된다.

$$\begin{aligned} I(x, y) &= \text{물체로부터 반사된 빛의 양} + \text{대기 중에 산란된 빛의 양} \\ &= J(x, y)t(x, y) + (1 - t(x, y))A \end{aligned} \quad (1)$$

$J(x, y)$ 는 Contrast나 색상의 저하가 없는 영상이다. A 는 Airlight로 영상 내 전역적으로 퍼져 있는 대기 값이고, $t(x, y)$ 는 빛 전달량(transmission)이다. $t(x, y)$ 는 물체로부터의 거리에 따라 기하급수적으로(exponentially) 감소하는 지수 함수로 다음과 같이 모델링 될 수 있다.

$$t(x, y) = e^{-\beta d(x, y)} \quad (2)$$

식 (2)에서 β 는 대기의 산란 계수이고, $d(x, y)$ 는 물체로부터의 카메라의 거리이다. 안개제거의 목적은 입력된 영상 $I(x, y)$ 으로부터 A 와 $t(x, y)$ 를 측정하여 안개가 없는 영상 $J(x, y)$ 구하는 것이다. 식 (1)로부터 안개가 없는 영상 $J(x, y)$ 은 다음과 같다. $c \in \{r, g, b\}$

$$J_c(x, y) = \frac{I_c(x, y) - A_c}{t_c(x, y)} + A_c \quad (3)$$

2. Dark channel Prior, Median Dark channel Prior

일반적으로 안개가 적게 낀 지역의 영상 신호들은 Con-

trast가 높기 때문에 화소 각 RGB 각 성분의 최댓값과 최솟값의 차이가 크다. 이러한 특성을 이용하여 He는 영상의 안개의 정도를 나타내는 map을 구하기 위하여 Dark channel prior(DCP) 기법을 제안하였다. 이 방법은 특정한 크기의 윈도우($n \times n$)에 존재하는 화소들의 RGB 성분에서 최솟값 중에서 window내 최솟값으로 해당 윈도우의 Dark channel 값을 구한다. 따라서 윈도우($n \times n$) Dark channel의 map은 다음과 같이 된다.

$$J^{dark} = \min_{(u, v) \in \Omega_n} \left(\min_{c \in \{r, g, b\}} I^c(u, v) \right) \quad (4)$$

일반적으로 빛의 산란에 의해 안개가 많은 지역은 높은 화소 값을 가지고, 안개가 적은 지역은 낮은 화소 값을 갖는다. 앞서 설명한 바와 같이 안개가 없는 영상은 Contrast가 높아 J^{dark} 가 낮은 값을 갖지만 흐린 날씨나 안개가 존재하는 지역의 경우 빛의 산란으로 인하여 Contrast가 낮아지고 J^{dark} 는 (x, y) 에 위치한 화소 값과 비슷한 값을 갖는다. He는 위와 같은 방법으로 측정된 DCP로 구한 전달량 맵을 만든다. Airlight는 영상의 DCP 중 상위 0.1%의 밝기를 가지는 픽셀들 중 영상 내 가장 밝은 픽셀의 값으로 선택된다. RGB각 채널의 최솟값을 취하고, 윈도우($n \times n$)의 최솟값을 취하면 $J(x, y)$ 항은 0에 가까워진다. 이를 근거로 빛의 전달량은 다음과 같이 구한다. ($c \in \{r, g, b\}$)

$$t(x, y) = 1 - w \cdot \min_{(u, v) \in \Omega_n} \left(\min_{c \in \{r, g, b\}} \frac{I^c(u, v)}{A^c} \right) \quad (5)$$

A^c 는 R,G,B 각 채널의 Airlight로 영상의 가장 불투명한 화소이다. 일반적으로 화소의 최상의 값이 대기 값이 될 수 있으나 흰색 빌딩이나 자동차와 같은 인위적인 물체의 화소 값이 최상위 값이 될 수 있기 때문에 상위 0.1% 밝기의 화소를 Airlight로 정한다. 기존 방법은 가중치 w 로 안개 제거 양을 조절한다. DCP에서는 0.95로 설정한다.

식 (5)를 이용해 전달량 맵 생성 시 DCP는 영상의 세밀한 영상의 신호와 상관없이 윈도우($n \times n$) 내 최솟값으로 전달량 맵을 만들기 때문에 엣지의 주변 픽셀들의 전달량

은 비슷한 값을 갖게 된다. 따라서 엣지 근처에서는 측정된 전달량과 안개 영상의 엣지가 일치하지 않아서 엣지 부분에서는 정확하게 복원되지 않고 후광효과(halo effect)가 생긴다. DCP에서 이를 방지하기 위해 soft matting 기법을 이용해 원영상과 엣지 정보를 일치 시키지만 계산 과정이 복잡하고 시간이 오래 걸리는 단점이 있다.

Median Dark Channel Prior(MDCP)는 DCP에서 속도를 개선한 알고리즘이다. MDCP는 윈도우($n \times n$) 내 최솟값 대신 중간 값을 이용한다. 중간 값 필터를 사용하게 되면 큰 엣지는 그대로 유지되고, 세밀한 엣지는 부드럽게 처리되어 DCP에서의 엣지 일치 과정(soft-matting 기법)을 생략하고 복원 시간은 단축시켰다. 그러나 나뭇가지나 나뭇잎과 같은 세밀한 엣지가 부드럽게 되어 후광효과가 완벽하게 제거되지 않는 단점이 있다. MDCP의 전달량 맵 구하는 수식은 아래와 같다.

$$t(x,y) = 1 - w \cdot \underset{(u,v) \in \Omega_n}{\text{med}} \left(\min_{c \in \{r,g,b\}} \frac{I^c(u,v)}{A^c} \right) \quad (6)$$

3. 빛의 산란

Rayleigh 이론은 직진하는 빛은 투과하는 입자의 파장, 크기에 따라 산란되는 정도가 다르다^[12]. 입자가 매우 작을 때는 그림 2와 같이 전방위로 산란이 발생한다. 입자가 작을 때 산란된 빛의 intensity는 아래와 같다.

그림 2. 입자 크기에 따른 빛의 산란
Fig 2. Light scattering

$$i_{\theta} = \frac{k}{\lambda^4} \cdot i_0 (1 + \cos^2 \theta) \quad (7)$$

i_0 는 입사하는 빛의 intensity, i_{θ} 는 입자를 통과하는 빛의 각도가 θ 일 때, 산란되는 빛의 intensity, λ 는 빛의 파장, k 는 입자의 물리적인 계수이다. 그러나 안개와 같이 입자가 클 경우 그림 2와 같이 빛의 입사 방향과 순방향일 때 intensity가 가장 크다.

4. 기존 방법의 문제점

그림 3(a)는 기존 방법을 RGB 색 공간에 도식화 한 것이다. 안개 낀 화소 $I^c(x,y)$ 와 안개 제거된 화소 $J^c(x,y)$ 의 관계는 식(3)으로부터 $t^c(x,y)[J^c(x,y) - A^c] = (I^c(x,y) - A^c)$ 와 같다. 따라서 그림 3(a)에서 보듯이 기존 방법의 안개 제거 방법은 RGB 공간에서 Airlight와 안개 화소를 잇는 직선상에서 안개 화소들의 위치를 변화시켜서 화소간의 거리를 증가시킨다. 안개 영상은 화소간의 거리가 가까워서 화소들의 변화가 적어 Contrast가 낮고 가시성도 낮다. 반면에 안개가 제거된 영상들은 화소간의 거리가 높아서 Contrast가 높아진다.

기존 알고리즘은 RGB 색 공간에서 안개 제거를 수행하기 때문에 색의 정확도(Color Fidelity)와 채도(Saturation)을 알 수 없다. 색의 정확도를 알기 위해 기존 알고리즘의 화소의 변화를 HSI 공간에서 관찰한다. RGB공간에서 HSI 공간으로 변환 수식은 아래와 같다.

$$\begin{aligned} H &= \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases} \\ \theta &= \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5 * [(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{\frac{1}{2}}} \right\} \\ S &= 1 - \frac{\min(R, G, B)}{I} \\ I &= \frac{1}{3}(R + G + B) \end{aligned} \quad (8)$$

RGB 성분의 값이 동일한 화소가 HSI 공간으로 변환되면 S는 '0'이 되어 HS 평면에서 원의 중심에 위치한다. 반

그림 3. RGB 칼라 공간에서 기존 안개 제거 모델(a), 기존 알고리즘의 HS 평면에서 도식화 모델(b)
Fig 3. Conventional dehazing method in the RGB color space(a), Conventional method in HS space(b)

면에 RGB 성분의 값이 동일하지 않으면 S가 '0'이 되지 않아서 HS 평면에서 중심에 위치하지 않는다. 일반적으로 RGB 성분의 빛은 파장이 따라서 안개 입자에 의하여 산란되는 정도가 다르다. 때문에 측정된 Airlight가 되는 화소의 RGB 성분의 값은 동일하지 않아서 HS 평면에서 중심에 위치하지 않는다. 그림 3.(b)는 기존 알고리즘을 HS 공간에 도식화 한 것이다. 기존 알고리즘은 Airlight 화소와 안개 화소를 잇는 직선상에서 안개 화소들의 위치를 변화시켜서 안개를 제거한다. 안개 화소의 색은 HS 평면의 중심과 안개 화소가 이루는 각이 된다. 그러나 기존의 방법은 안개 영상의 contrast를 향상시키기 위하여 Airlight 화소와 안개 화소를 잇는 직선상으로 변화를 시키기 때문

에 원래 안개 화소의 색을 왜곡 시킨다. 그림에서 왜곡된 색의 정도는 ΔH 가 된다. ΔH 는 contrast를 증가시킬수록 커진다.

그림 4.(a)는 안개 영상이고, (b)는 기존 알고리즘에서 $w=0.80$ 일 때 안개를 제거한 영상이고, (c)는 기존 알고리즘에서 $w=0.95$ 일 때 안개를 제거한 영상이다. 기존의 방법으로 안개를 제거했을 때 전달량의 가중치에 따라 안개가 제거되는 비율이 달라진다. 기존 알고리즘의 문제점은 안개가 제거되는 비율이 높을수록 색의 왜곡이 많이 발생하여 백조와 같은 하얀 물체의 색상이 노란색으로 변하는 색의 왜곡이 발생한다. 그림 4에서 보듯이 색의 왜곡의 정도는 안개 제거를 강하게 할수록 더욱 발생된다.

그림 4. 기존의 기법에서 발생하는 안개 제거 강도에 따른 색깔 왜곡 현상 (a) 안개영상 (b) MDCP로 안개를 제거한 영상($w=0.80$) (c) MDCP로 안개를 제거한 영상($w=0.95$)

Fig. 4 (a) Fog image (b) Dehazed image by MDCP($w=0.80$) (c) Dehazed image by MDCP($w=0.95$)

III. 제안하는 색상 보정 기법

본 절에서는 기존의 방법에서 발생하는 색 왜곡 현상을 보정하는 기법을 제안한다. HS 평면에서 화소의 위치를 색상과 채도의 극좌표로 표현할 수 있다. HS 평면에서 채도 (s)는 극좌표에서 채도가 '0'인 원점으로부터의 거리를 나타내고, 색상(H)은 색을 나타내는 각이다. $H=0$ 인 경우 빨간색이 된다. 그러므로 HS 평면에서 임의의 화소의 위치 좌표는 (S, H) 로 나타낼 수 있다.

그림 5는 HS 평면에 안개 제거의 과정에 따른 화소의 위치의 변화를 극좌표 표시한 것이다. 임의의 화소의 위치 좌표는 (S, H) 로 나타낼 수 있다. 그림에서 안개 화소의 위치는 $F=(S_F, H_F)$ 이고 기존의 기법으로 안개가 제거된 화소의 위치는 $D=(S_D, H_D)$ 이다.

그림 5. 색상 보정 모델
Fig. 5. Color correction model

Airlight를 중심으로 안개화소와 기존의 알고리즘으로 안개가 제거된 색상과 채도의 변화량을 각각 ΔH 과 ΔS 라 하면 다음과 같다.

$$\Delta H = |H_D - H_F| \quad (9)$$

$$\Delta S = |S_D - S_F| \quad (10)$$

안개 화소의 원래 색상은 안개 화소가 나타내는 색상과 같을 확률이 높다. 따라서 안개가 제거 된 화소의 색도는 H_F 일 확률이 가장 높다. 기존의 안개 제거 방법은 안개가 제거된 색상의 채도를 H_D 가 되게 하여서 기존의 안개제거

방법에서 왜곡되는 색상의 정도는 ΔH 일 확률이 가장 높다. 이를 바탕으로 하여 본 논문에서 제안하는 기법은 기존의 알고리즘에서 채도의 변화량 ΔS 를 유지하면서 왜곡된 색상 ΔH 를 보상하여 색상을 보정하는 방법이다. 즉, 색상이 보상된 화소의 위치는 안개 화소의 색상 H_F 방향으로 채도를 ΔS 만큼 변화시킨 것이다. 그림 5에서 색상이 보상된 안개 제거 화소의 위치는 D_c 가 되면 D_c 의 좌표는 다음과 같이 된다.

$$D_c = (S_c, H_c) = ((S_F + \Delta S), H_F) \quad (11)$$

여기서 삼각형 DOF 의 삼각형의 성질을 이용하여 ΔS 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$S_D = S_F \cdot \cos \theta + \Delta S \cdot \cos D \quad (12)$$

$$S_F = S_D \cdot \cos \theta + \Delta S \cdot \cos F \quad (13)$$

$$\Delta S = S_F \cdot \cos F + S_D \cdot \cos D \quad (14)$$

식(11), (12), (13)의 양변에 각각 S_D , S_F , ΔS 를 곱하면 아래와 같다.

$$(S_D)^2 = S_D \cdot S_F \cdot \cos \theta + S_D \cdot \Delta S \cdot \cos D \quad (15)$$

$$(S_F)^2 = S_F \cdot S_D \cdot \cos \theta + S_F \cdot \Delta S \cdot \cos F \quad (16)$$

$$(\Delta S)^2 = \Delta S \cdot S_F \cdot \cos F + \Delta S \cdot S_D \cdot \cos D \quad (17)$$

식 (14)와 식 (16)의 차를 구한 후, 식 (15)와 합을 하여 ΔS 를 구하면 아래와 같다.

$$\Delta S = \{(S_D)^2 + (S_F)^2 - 2 \cdot S_F \cdot S_D \cdot \cos \theta\}^{1/2} \quad (18)$$

IV. 실험 결과

그림 6(a)는 원본 안개 영상이고, (b)는 기존의 알고리즘 (MDCP)으로 안개를 제거한 영상, (c)는 제안한 알고리즘

그림 6 (a) 원본영상, (b) MDCP로 안개를 제거한 영상, © 제안한 알고리즘으로 안개를 제거한 영상
Fig 6. (a) Original Fog images, (b) Dehazed images by MDCP, © Dehazed images by proposed method

으로 색상을 보정한 영상이다. 기존의 알고리즘으로 안개를 제거하면 안개가 제거된 영상의 하늘 영역은 여러 색상이 나타난다. 하늘 영역이 넓게 분포한 지역은 안개 제거 후 붉게 변하는 현상이 발생하는데, 붉은 색은 빛의 파장이 길어 산란 정도가 적게 되어 안개 영상에서 가장 많은 정보가 남아 있기 때문이다. 또한 세 번째 호수 영상에서는 기존의 알고리즘으로 안개를 제거하게 되면 백조의 색상이 노란색으로 변하는 색상 왜곡 현상이 발생한다. 백조의 색상이 노란색으로 왜곡되는 이유는 측정된 airlight의 색상이 파란색이고 백조의 색상의 밝기가 airlight보다 높다. 따라서 기존의 방법에서처럼, HS 평면에서 airlight와 백조의 색상의 일직선 방향으로 채도를 증가시키면 백조에 속한 화소의 색상이 노란색 방향으로 왜곡된다. 이와 같은 이유로 산맥 영상과 섬 영상에서도 기존 알고리즘으로 안개를 제거한 영상은 측정된 Airlight에 따라 색상의 왜곡과 채도의 변화량에 의해 하늘 영역의 색상이 노란색, 보라색, 또는 붉은색이 혼합되어 나타난다.

그림 6.(c)의 영상은 제안한 알고리즘으로 색상을 보정한 영상이다. 결과영상에서 하늘 영역의 색상들의 변화가 적어졌다. 호수 영상에서 백조의 목 주위에 약간의 노란색이 남아 있으나, 대부분의 색상의 왜곡을 감소시켰다. 약간의 노란색이 남아 있는 것은 안개 화소가 아주 미세한 노란색을 갖고 있기 때문이다. 그리고 산맥 영상과 섬 영상에서는 하늘 영역에서 색상 보정을 통해 다양한 색상이 혼합되어 나타나는 것을 방지하였다.

안개 영상에서 안개가 짙을수록 산란 정도가 많아져서 원색을 알 수 없지만 확률적으로 안개 화소가 갖고 있는 색상이 원색일 확률이 높다. 기존 알고리즘에서는 안개가 짙은 지역 또는 흰색 물체는 전달량이 낮게 측정되어 채도의 변화량이 높아진다. Airlight와 안개 화소가 일직선 방향으로 채도의 변화량이 높아지면 ΔH 의 값이 높아져서 색상의 왜곡이 많이 발생한다. 기존 알고리즘의 색상 왜곡은 채도의 변화량(ΔS)이 적을 때는 왜곡의 정도가 작지만 채도의 변화량(ΔS)이 클 때는 왜곡의 정도가 커진다.

V. 결 론

기존의 알고리즘은 Airlight와 RGB성분의 연관성이 고려되지 않아 색상이 왜곡이 발생한다. 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하고자 HSI 색 공간에서 색상을 보정하는 방법을 제안하였다. HSI 영역에서 기존의 안개 제거 방법을 분석하여 안개 제거 영상의 색상의 왜곡을 측정하는 모델을 제시하였다. 제안하는 방법은 제시된 모델로 기존의 안개 제거 기법이 채도를 변화시키면서 색상을 왜곡하는 정도를 구하여 그 왜곡을 보상한다. 제안한 방법은 HSI 색 공간에서 기존 방법에서 Contrast 향상을 유지하면서 색상을 보정하여 안개 영상의 원본 색상을 확률적으로 가장 잘 유지한다. 그러나 색상의 왜곡은 물체가 받는 태양광의 각도에 따라 다르게 나타나고, 인간이 왜곡된 색상을 인지하는 것은 어렵기 때문에 객관적인 색상 평가에 대한 고찰이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] S. K. Nayar and S. G. Narasimhan, "Vision in bad weather," ICCV, page 820, 1999.
- [2] Z. Rahman, D. J. Jobson, and G. A. Woodell, "Multi-scale retinex for color image enhancement", In Proceedings, International Conference on Image Processing, volume 3, pages 1003 - 1006, June 1996. Held in Lausanne, Switzerland 16-19 September 1996.
- [3] E. D. Pisano, S. Zong, B.M. Hemminger, M. DeLuca, R. E. Johnston, K. Muller, M.P. Braeuning, S. M. Pizer, "Contrast limited adaptive histogram equalization image processing to improve the detection of simulated spiculations in dense mammograms", J. Digital Imaging 11 193 - 200. 1998
- [4] Y. Y. Schechner, S. G. Narasimhan, and S. K. Nayar, "Instant dehazing of images using polarization," CVPR, 1:325, 2001.
- [5] S. G. Narasimhan and S. K. Nayar, "Chromatic framework for vision in bad weather," CVPR, pages 598-605, 2000.
- [6] J. Kopf, B. Neubert, B. Chen, M. Cohen, D. Cohen-Or, O. Deussen, M. Uyttendaele, and D. Lischinski, "Deep photo: Model-based photograph enhancement and viewing," SIGGRAPH Asia, 2008.
- [7] Robby T. Tan, "Visibility in bad weather from a single image", 2008 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1 - 8, June.
- [8] R. Fattal, "Single image dehazing," in SIGGRAPH, pages 1-9, 2008.
- [9] K. He, J. Sun, and X. Tang, "Single image haze removal using dark channel prior," in IEEE Conference on Computer Vision and Pattern

Recognition(CVPR 2009), pages 1956-1963, 2009.

[10] K. Gibson, D. Vo, and T. Nguyen, "An investigation in dehazing compressed images and video", Proceedings of IEEE OCEANS Conference (OCEANS'10), Sep. 2010.

[11] E. H. Land, "The retinex theory of color vision," SCI. Amer., vol. 237,

no. 6, pp.451-462, Mar. 1997.

[12] J. A. Nairn, "Materials science and Engineering 5473," 2003.

[13] Greenfield Sluder and David E. Wolf (2007). "IV. Young's Experiment: Two-Slit Interference". Digital microscopy (3rd ed.). Academic Press. p. 15. ISBN 0-12-374025-8.

저 자 소 개

엄 태 하

- 2010년 2월 : 경희대학교 전자공학 학사
- 2013년 2월 : 경희대학교 대학원 전자 전파 공학과 석사
- 주관심분야 : 영상신호처리, Color processing

김 원 하

- 1985년 2월 : 연세대학교 전자공학 공학사
- 1988년 5월 : University of Wisconsin-Madison 전기공학과 석사
- 1996년 1월 ~ 7월 : Motorola (at Schumberg, IL USA) 인턴
- 1997년 5월 : University of Wisconsin-Madison 전기공학과 박사
- 1997년 8월 ~ 2000년 2월 : Los Alamos National Lab., USA 연구원
- 2000년 3월 ~ 2003년 8월 : 명지대학교 정보통신공학과 조교수
- 2009년 8월 ~ 2010년 8월 : University of California San Diego (UCSD) 교환 교수
- 2003년 9월 ~ 현재 : 경희대학교 전자정보대학 전자전파공학과 교수
- 주관심분야 : 영상/동영상 신호처리, 컴퓨터 비전, 동영상 부호화