

# Dark Channel Prior을 이용한 LabVIEW 기반의 동영상 안개제거

노창수<sup>†</sup>, 김연교<sup>\*\*</sup>, 정의필<sup>\*\*\*</sup>

## A LabVIEW-based Video Dehazing using Dark Channel Prior

Chang Su Roh<sup>†</sup>, Yeon Gyo Kim<sup>\*\*</sup>, Ui Pil Chong<sup>\*\*\*</sup>

### ABSTRACT

LabVIEW coding for video dehazing was developed. The dark channel prior proposed by K. He was applied to remove fog based on a single image, and K. B. Gibson's median dark channel prior was applied, and implemented in LabVIEW. In other words, we improved the image processing speed by converting the existing fog removal algorithm, dark channel prior, to the LabVIEW system. As a result, we have developed a real-time fog removal system that can be commercialized. Although the existing algorithm has been utilized, since the performance has been verified real-time, it will be highly applicable in academic and industrial fields. In addition, fog removal is performed not only in the entire image but also in the selected area of the partial region. As an application example, we have developed a system that acquires clear video from the long distance by connecting a laptop equipped with LabVIEW SW that was developed in this paper to a 100~300 times zoom telescope.

**Key words:** Dehaze, Defog, Dark Channel Prior, LabVIEW, RGB, HSI

### 1. 서론

선명한 영상을 방해하는 안개는 대기 중의 수증기가 응결하여 지표 가까이에서 작은 물방울이 떠 있는 현상이고 안개는 수증기가 응결되어 있기에 공기의 입자보다 커서 빛의 산란을 더 발생시킨다. 이 빛의 산란으로 인해, 안개영상은 대비(contrast)와 채도(saturation)가 감소하고 색의 명확도(color fidelity)를 잃게 된다. 즉 본래의 영상정보를 왜곡시키기에 영상신호처리기술을 적용하여 안개를 제거하는 연구가 지속되어 왔다. 초기에는 다양한 제한조건을 두어 안개를 제거하는 방법들이 제시되었는데 최근에는 단일영상에 대하여 안개를 제거하는 방법들이 제

시되고 있다.

본 논문에서는 K. He[1]가 제안한 다크 채널 프라이어(dark channel prior)를 적용하여 단일영상에 기반한 안개제거를 하였으며, 실시간에 준하는 구현을 위해 K. B. Gibson의 median dark channel prior (MDCP)[2]를 적용하여 LabVIEW로 구현하였다. 즉 기존의 안개 제거 알고리즘인 dark channel prior를 LabVIEW 시스템으로 변환하여 영상처리 속도를 높임으로써 상용화할 수 있는 실시간 안개제거 시스템을 만들었다. 기존 알고리즘을 활용하였지만, 성능이 검증된 실시간화를 하였기에 학문적 및 산업적으로 활용성이 클 것이다. 또한 전체영상의 안개제거 뿐만 아니라 부분영역을 선택하여 선택된 영역에서만 안

\* Corresponding Author: Ui Pil Chong, Address: 93, Daehak-ro, Nam-gu, Ulsan, 680-749, Korea, TEL: +82-52-259-2220, FAX: +82-52-910-2558, E-mail: upchong@ulsan.ac.kr

Receipt date: Dec. 9, 2016, Revision date: Jan. 4, 2017  
Approval date: Jan. 17, 2017

<sup>†</sup> R&D Center, DAEDO TEKRA  
(E-mail: bestnaral23@daum.net)

<sup>\*\*</sup> R&D Center, DAEDO TEKRA  
(E-mail: kug1121@naver.com)

<sup>\*\*\*</sup> School of Electrical Engineering, University of Ulsan

개제거가 수행되도록 코딩하였다. 이의 적용 예로, 100~300배쯤 망원경에 본 논문에서 개발한 Lab VIEW SW가 장착된 노트북을 연결하여 중장거리에서 선명한 동영상을 획득하는 시스템을 개발하였다.

2. 이 론

2.1 안개제거 기존 연구

안개가 낀 영상을 획득한 후, 안개를 보정/제거하여 안개가 없을 때의 영상과 유사하게 만들고자, 다양한 방법들이 제시되어 왔다.

초기에는 로컬 기반 영상처리 기법으로 안개제거를 하였다. 그러나 이 방법들은 영상의 contrast는 향상시키나 색상에 대한 고려가 없고, 국부적으로 처리하기에 영상이 부자연스럽고 세부적으로 불완전한 처리 성능을 보여 준다. 이후, 안개 모델링 식을 기반으로 하여 알고리즘이 제안되었는데, 여러 장의 영상을 이용하거나 편광필터로 촬영하여 안개를 제거하는 방법이 제안되고 GPS 정보 등 추가적인 정보가 필요한 방법들이 제안되었다.

최근에는 안개모델링 식을 사용하여, 한 장의 영상으로 안개를 제거하는 방법들이 제안되고 있다. 대표적인 제안자 중 R. T. Tan은 2008년에 local contrast enhancement 기반의 안개제거를 제안하였고, K. He[1]는 2009년에 안개가 없는 영상에서 일정구간 영역(patch) 내 한 픽셀 중 어느 한 컬러 채널(r.g.b.)은 0에 수렴한다는 통계적 관측을 발견하여 안개제거를 수행하였다. 이를 다크 채널 프라이어(dark channel prior)라 한다.

2.2 단일 영상을 이용한 안개제거

단일 영상에서 안개 제거 시, Fig. 1과 같이 모델링한다.

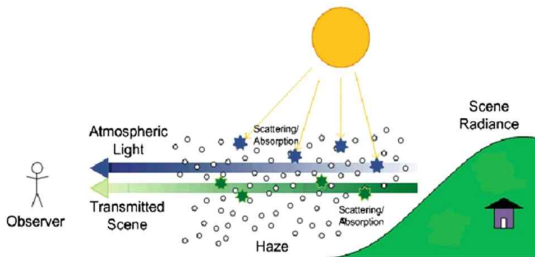


Fig. 1. Fog conceptual modeling[3].

광학적 안개 모델식은 다음과 같다[1].

$$I(x,y) = J(x,y)t(x,y) + A\{1-t(x,y)\} \tag{1}$$

식(1)은 영상 전체에 동일하게 생기는 안개의 색상값(A) 즉 대기값(airlight)과 안개에 의해 빛이 전달되는 정도를 나타내는 안개전달량(airlight transmission, t), 안개가 없는 경우의 물체가 가지는 색상값(J) 그리고 카메라로 획득한 영상의 색상값(I) 사이의 관계를 나타낸다.

식(1)의 안개전달량 t(x,y)는 영상의 거리 정보에 따라 안개의 정도를 결정하는 변수로서, 영상 내 물체의 깊이 d(x)와 관련된 식으로 표현하면 식(2)와 같다.

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

여기서, β는 대기 중의 산란계수이고, t(x,y)는 영상 내 물체의 깊이인 d(x,y)에 지수 함수적으로 감소함을 의미한다. 이는 카메라에 가까운 물체는 안개전달량이 적고 멀리 떨어진 물체는 안개전달량이 많음을 설명해 준다.

K. He[1]는 dark channel prior를 제시하였는데 이를 식으로 표현하면 식(3)과 같다.

$$J^{dark}(x,y) = \min_{(u,v) \in \Omega_n} (\min_{c \in \{r,g,b\}} J^c(u,v)) \tag{3}$$

여기서 J<sup>c</sup>는 영상의 각 채널(r,g,b)을 나타내고, Ω<sub>n</sub>은 일정 구간 영역(윈도우(window)를 의미하고 패치(patch)라고 부른다. 다크 채널 프라이어에 의해 식(3)의 값은 대부분 0의 값을 가진다[1].

이를 이용하면, 안개전달량 t(x,y)을 구할 수 있으며 식(4)와 같다[1].

$$t(x,y) = 1 - \min_{c \in \{r,g,b\}} (\min_{(u,v) \in \Omega_n} \frac{I^c(u,v)}{A^c}) \tag{4}$$

식(4)에서 전달량을 구하고 이를 식(1)에 대입하여 안개가 없는 깨끗한 영상 J(x,y)를 구한다.

2.2.1 RGB 색공간 기반 안개제거

He[1]는 2009년에 matting 방법을 이용하여 전달량 맵을 정련하였다. 그러나 이의 정련과정은 실시간으로 구현하기 어려워 식(5)의 Gibson의 median dark channel prior[2]을 적용하여 실시간에 준하는 구현을 하였다.

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

안개전달량을 가감하여 안개제거를 수행하기 위하여 식(5)와 같이 가중치  $w$ 를 적용하여 RGB 색 공간 기반으로 안개전달량을 조절한다.

최근에 YCbCr 색 공간 기반으로 안개제거를 시도하고 있다[4].

### 2.2.2 HSI 색 공간 기반 안개제거

HSI 색 공간은 Fig. 2와 같다.

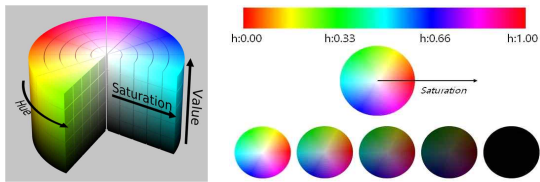


Fig. 2. HSI color space structure.

여기서, H,S,I는 각각 색의 정확도, 채도, 밝기를 나타낸다.

K. K. Gadnayak[3]은 2015년에 HSI 색 공간 기반으로 안개제거를 수행한 논문을 발표하였는데, 안개 화소가 갖고 있는 색상이 원색일 확률이 높기에 식(6)과 같이 색상의 정확도  $H$ 값은 변하지 않는다고 제안하였다. 이를 기반으로 본 논문에서는 LabVIEW SW로 코딩하여 식(7)의 안개 모델링 식에서  $I$ 값을 구하고, 이를 식(8)에 대입하여  $S$ 값을 구하여 안개를 제거하였다.

$$H_f(x) = H_f(x) \quad (6)$$

$$I_f(x) = t(x)I_f(x) + (1-t(x))A \quad (7)$$

$$S_f(x) = t(x) \frac{I_f(x)}{I_f(x)} S_f(x) \quad (8)$$

여기서, H,S,I의 아래첨자 I는 관찰된 안개영상을 의미하고 아래첨자 J는 안개 없는 영상을 의미한다. RGB 색 공간과 HSI 색 공간과의 관계식에서 식(9)

가 유도된다[3].

$$\min(r,g,b) = I(I-S) \quad (9)$$

### 3. 제안한 방법

K. He[1]가 제안한 다크 채널 프라이어(DCP)를 적용하여 안개제거를 하고 실시간에 준하는 실행을 위해 K. B. Gibson의 median dark channel prior(MDCP)[2]을 적용하여 LabVIEW로 프로그램 하였고 다음을 고려하여 코딩한다.

- 임의 영역 공간 즉 패치(patch)를 LabVIEW로 새롭게 코딩
- 영상 전체에 동일하게 생기는 안개의 색상값 즉 대기량(A: airlight)은 영상의 DCP 중 상위 0.1%의 밝기의 화소값으로 한다.
- RGB/HSI 색 공간 기반으로 동시에 실시간에 준하는 안개제거가 실행되도록 코딩[5]
- LabVIEW 함수를 활용하여 동영상에서 안개제거 되도록 실행[5]

LabVIEW SW로 코딩한 이유는, 여러 모듈을 연결할 수 있는 확장성과 실시간 구현이 가능한 임베디드 시스템을 포함하고 있기 때문이다.

#### 3.1 체계적인 프로그래밍을 위한 코드의 모듈화

실시간 영상에 대한 안개제거를 구현하기 위해서는 많은 함수가 사용이 된다. 복잡하고 길어질 수 있는 프로그래밍을 단순화하기 위해 LabVIEW에서는 SubVI를 통해 코드를 Fig. 3과 같이 모듈화 하여, 체계적이고 최적화된 시스템을 구성한다[6].

#### 3.2 효율적인 안개제거 프로그래밍을 위한 프로그래밍 디자인 패턴의 선택

본 논문에서는 RGB 및 HSI 색상 기반의 안개제거

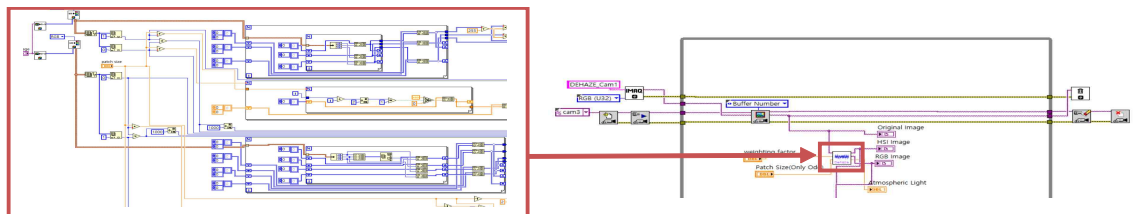


Fig. 3. Modularity of code.



Fig. 4. Flowchart for producer-consumer structure.

를 동시에 LabVIEW에서 구현하기 위해 생산자-소비자(producer-consumer) 구조를 사용한다.

Fig. 4는 생산자-소비자 구조에 대한 플로우차트이며 영상 취득, RGB 색 공간 기반 안개제거 그리고 HSI 색 공간 기반 안개제거로 나뉜다. 각 구조 간의 영상 데이터 전송은 Que함수를 사용하였다. 먼저 생산자 구조에서는 웹캠으로부터 실시간 영상을 받아오며, 취득한 이미지를 Que 함수를 통해 버퍼에 저장한다. Fig. 5는 이의 블록다이어그램이다.

버퍼에 저장된 이미지는 다시 하위 루프 문으로 전송이 된다.

하위 루프 문인 Fig. 6 (a)에서는 HSI 색 공간 기반

안개제거를 수행하며, (b)에서는 RGB 색 공간 기반 안개제거를 수행한다. Que 함수를 이용한 생산자-소비자 구조를 활용하면 한 개의 카메라를 사용하여 다양한 영상 처리 작업이 가능하며 프로세스를 여러 루프 문으로 할당하여 이미지에 대한 영상처리속도를 향상시킨다.

### 3.3 LabVIEW에서 국부적인 안개제거 시스템 구현

본 논문에서는 전체영상에 대한 안개제거 뿐만 아니라 부분적으로 꺼 있는 안개영역을 선택하여 선택한 영역에서만 안개를 제거할 수 있도록 코딩하였다. Fig. 7은 국부적인 안개제거 시스템의 플로우차트로, 안개를 제거할 영역을 사각형 혹은 원으로 영역을 선택하면 선택된 부분만 안개가 제거된다.

Fig. 8(a)와 같이, 동영상에서 안개제거를 수행할 영역을 선택한다. Fig 8 (c)에서 LabVIEW의 인보크 노드를 사용하여 ROI(region of interest)에 대한 배

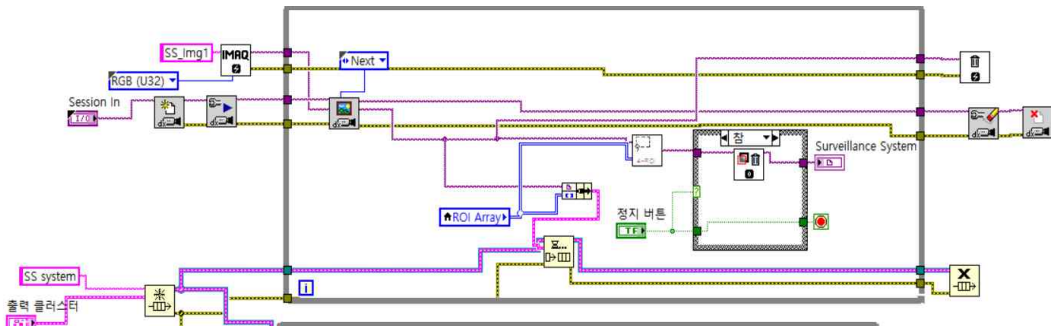
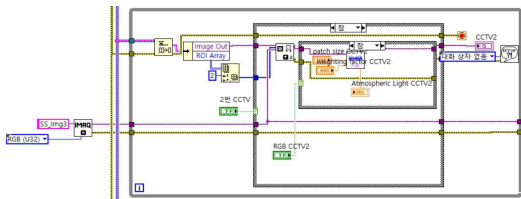
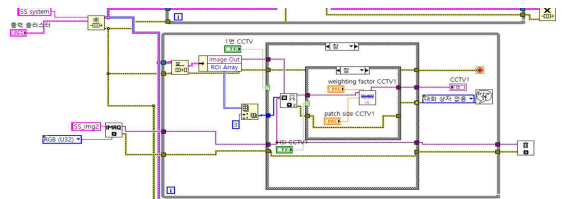


Fig. 5. Producer structure.



(a) HSI dehaze



(b) RGB dehaze

Fig. 6. Consumer structure. (a) HSI dehaze, (b) RGB dehaze.

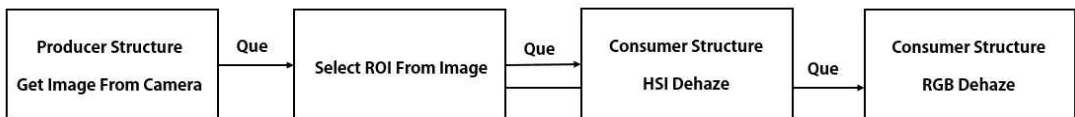


Fig. 7. Flowchart for partial dehaze system.

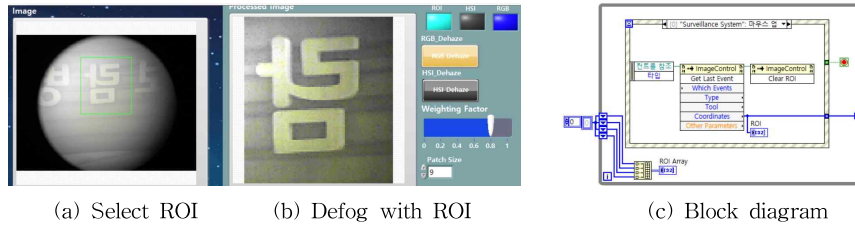
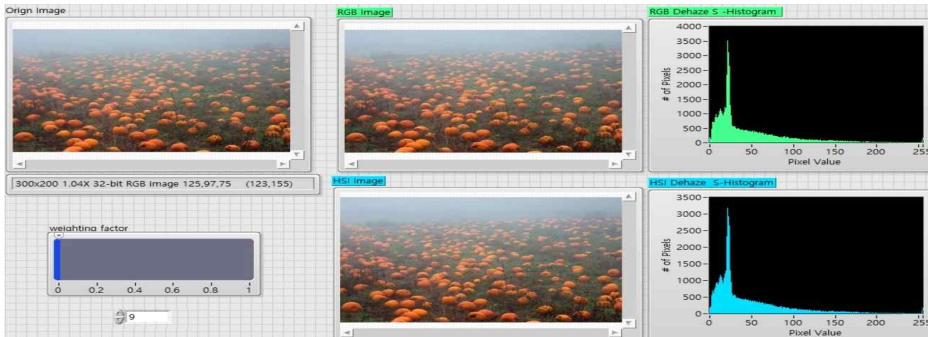
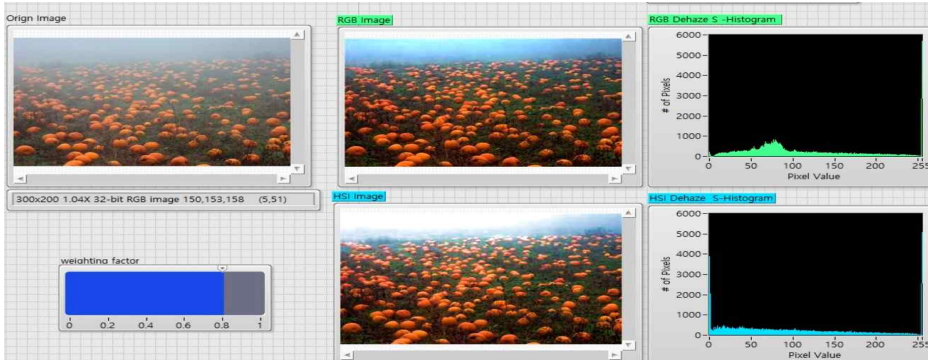


Fig. 8. Partial dehaze system, (a) Select ROI, (b) Defog with ROI and (c) Block diagram,



(a) Weighting factor = 0 : Histogram of saturation values in foggy photo



(b) Weighting factor = 0.8 : Histogram of saturation values in fog removed photo

Fig. 9. Change of saturation value due to fog removal ((a) Histogram of saturation values in foggy photo, (b) Histogram of saturation values in defogged photo).

열을 받아 온다. 생산자 구조에서 얻은 실시간 이미지와 ROI에 대한 배열을 통해 선택한 영역의 안개를 제거한다. LabVIEW에서 제공하는 IMAQ extract 함수를 이용하여 ROI 배열에 대한 이미지를 추출하고 추출된 이미지에 대해 RGB 및 HSI 색 공간 기반으로 안개제거를 수행한다.

#### 4. 실험 결과 및 고찰

##### 4.1 안개로 인한 채도 변화

Fig. 9(a)에서, 안개가 있는 사진은 채도값이 50이하에 몰려 있고 최대 피크값을 가지는 것을 알 수 있다. (b)에서와 같이 안개가 없는 혹은 안개가 제거된 사진에서는 채도값이 0~255 전 영역에 분포되어 있음을 알 수 있다. RGB 색 공간과 HSI 색 공간의 히스토그램을 비교하면 HSI가 조금 더 균일한 분포를 하는 것을 알 수 있다.

##### 4.2 RGB 및 HSI 색 공간 기반 안개제거

Fig. 10(a)는 한 장의 사진에 대하여 안개를 제거



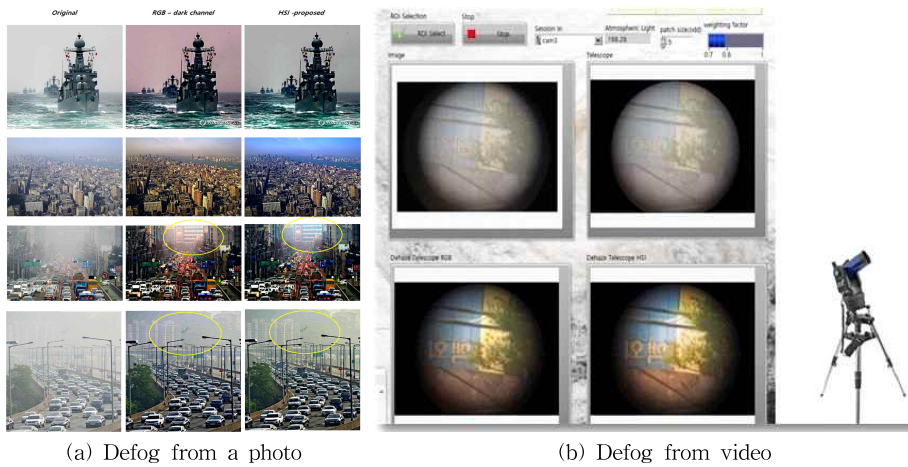


Fig. 10. Perform fog removal. (a) Defog from a photo, (b) Defog from video.

한 영상들인데, RGB 색 공간 기반 안개제거에서는 색상 왜곡이 일어나는 경우가 있다. 그러나 HSI 색 공간 기반 안개제거에서는 색상왜곡이 경감되는 것을 볼 수 있다. 이는 안개 낀 영상에서도 색상값 H는 변함이 없다는 식(6)의 결과이다. Fig. 10(b)는 500미터 떨어진 곳을 경계감시하는 동영상으로 실시간에 준하는 안개제거를 수행하는 사진이다. (b)에서 2사분면의 동영상은 창문을 통해서 촬영 중인 원본 동영상이고 1사분면은 안개제거 할 영역을 원으로 선택하는 ROI 수행영역이고 3사분면은 RGB 색 공간 기반으로 안개가 제거된 동영상이고 4사분면은 HSI 색 공간 기반으로 안개가 제거된 동영상이다.

5. 결 론

본 논문에서는 실시간에 준하는 동영상 안개제거용 LabVIEW SW를 개발하였다. 전체 영상에 대한 안개제거 뿐만 아니라 부분적으로 겨 있는 안개영역에서 선택한 영역에서만 안개를 제거할 수 있도록 코딩하였다. 즉 안개를 제거할 영역을 사각형 혹은 원으로 영역을 선택하면 선택된 부분만 안개가 제거된다. RGB와 HSI 색 공간 기반으로 동시에 안개제거를 수행하며 영상의 채도값의 히스토그램을 비교하면, HSI가 0-255 전 영역에 걸쳐 조금 더 균일한 분포를 하는 것을 알 수 있다. 즉 HSI 색 공간 기반의 안개제거에서는 색상왜곡이 완화된다.

실시간에 준한 안개제거로 선명한 동영상을 획득하기에, 해무가 끼는 해안선 경계감시 및 휴전선 경

계감시의 고도화를 이룰 수 있으며 상용화와 확장성이 용이한 LabVIEW 기반으로 개발하여 상용화 하였다.

REFERENCE

[ 1 ] K. He, J. Sun, and X. Tang, "Single Image Haze Removal Using Dark Channel Prior," *Proceeding of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 1956-1963, 2009.

[ 2 ] K.B. Gibson, D.T. Vo, and T.Q. Nguyen. "An Inversigation of Dehazing Effects on Image and Video Coding," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 21, No. 2, pp. 662-673, 2012.

[ 3 ] K.K. Gadnayak, P. Panda, and N. Panda, *Haze Removal: An Approach Based on Saturation Component*, L.C. Jain et al. (eds.), *Advances in Intelligent Systems and Computing* 309, Springer India, 2015.

[ 4 ] J.W. Lee, and S.H. Hong, "Real-time Haze Removal Method using Brightness Transformation based on Atmospheric Scatter Coefficient Rate and Local Histogram Equalization," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 19, No. 1, pp. 10-21, 2016.

[ 5 ] N. Kehtarnavaz and S. Mahotra, *Digital*

*Signal Processing Laboratory: LabVIEW-Based FPGA Implementation*, BrownWalker Press, Boca Raton, Florida USA, 2010.

- [ 6 ] K.S. Kwon and S. Ready, *Practical Guide to Machine Vision Software: An Introduction with LabVIEW*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany, 2015.



노 창 수

2008년 5월~현재 대도테크라 기술연구소 소장  
 2003년 3월~2010년 2월 울산대학교 컴퓨터정보통신공학과 공학박사  
 1982년 3월~1989년 12월 한국기계연구원 선임연구원

1982년 2월 성균관대학교 기계공학과 공학석사  
 1980년 2월 한양대학교 정밀기계공학과 공학사



김 연 교

2016년 1월~2016년 12월 대도테크라 기술연구소 연구원  
 2010년 3월~2015년 2월 울산대학교 전기공학부 공학사



정 의 필

1997년~현재 울산대학교 전기공학부 교수  
 1996년 12월 미국 뉴욕대학교 (NYU-Poly) 전기 및 컴퓨터 공학과 공학박사  
 1985년 5월 미국 오레곤 주립대학교 전기 및 컴퓨터 공학

과 공학석사

1980년 2월 고려대학교 전기공학과 공학석사  
 1978년 2월 울산대학교 전기공학과 공학사