Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 19, No. 6 pp. 634-638, 2018

https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.6.634
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

슈퍼픽셀을 활용한 전자광학센서의 안개 제거 기법 연구

노상우
국방기술품질원

Haze Removal of Electro-Optical Sensor using Super Pixel

Sang-Woo Noh
Defense Agency for Technology and Quality

요 약 안개는 전자광학센서를 활용한 탐지, 추적, 인식 등의 다양한 영상처리 알고리즘 성능을 저하시키는 요인이다. 실외 환경에서 사용되는 전자광학센서 기반 무인 시스템의 안정적인 작동을 위해서는 안개를 효과적으로 제거할 수 있는 기술이 필요하다. 단일 전자광학센서의 영상을 이용한 안개 제거 방법으로는 전자광학센서의 통계적 속성을 활용한 dark channel prior가 가장 널리 알려져 있다. 기존의 방법들은 dark channel prior를 활용하여 전달량을 구할 때 정방형 필터를 사용하였다. 정방형 필터 사용 시 필터의 크기가 커질수록 안개 제거의 효과가 작아지며, 필터의 크기가 과도하게 작아질 경우 과포화가 발생하여 영상의 색 정보가 손실된다. 필터의 크기가 알고리즘의 성능에 크게 영향을 끼치기 때문에, 일반적으로는 비교적 큰 크기의 필터를 사용하거나 영상에 따라 과포화가 일어나지 않는 범위에서 작은 크기의 필터를 사용한다. 본 논문에서는 컬러영상분할을 활용한 향상된 안개 제거 방법을 제안하였다. 컬러영상분할의 파라미터를 영상의 정보 복잡도에 따라 자동으로 조정하고, 이를 바탕으로 전달량을 추정하여 과포화 현상은 일어나지 않으며 뛰어난 안개 제거의 성능을 확보하였다.

Abstract Haze is a factor that degrades the performance of various image processing algorithms, such as those for detection, tracking, and recognition using an electro-optical sensor. For robust operation of an electro-optical sensor-based unmanned system used outdoors, an algorithm capable of effectively removing haze is needed. As a haze removal method using a single electro-optical sensor, the dark channel prior using statistical properties of the electro-optical sensor is most widely known. Previous methods used a square filter in the process of obtaining a transmission using the dark channel prior. When a square filter is used, the effect of removing haze becomes smaller as the size of the filter becomes larger. When the size of the filter becomes excessively small, over-saturation occurs, and color information in the image is lost. Since the size of the filter greatly affects the performance of the algorithm, a relatively large filter is generally used, or a small filter is used so that no over-saturation occurs, depending on the image. In this paper, we propose an improved haze removal method using color image segmentation. The parameters of the color image segmentation are automatically set according to the information complexity of the image, and the over-saturation phenomenon does not occur by estimating the amount of transmission based on the parameters.

Keywords : Dark channel prior, Color image segmentation, Super-pixel, Haze removal, Electro-optical sensor

1. 서론

전자광학센서 기반 탐지, 추적, 인식 등의 영상처리 알고리즘들은 무인로봇, 드론 등 여러 어플리케이션에서 사용된다. 실외에서 영상처리 알고리즘의 성능은 눈, 비, 안개 등 기상 환경의 영향을 많이 받는다. 안개를 영상처

본 논문의 주요 요지는 2013년 제 26회 신호처리합동학술대회에서 발표하였음.
*Corresponding Author : Sang-Woo Noh(Defense Agency for Technology and Quality)
Tel: +82-55-751-5564 email: swnoh@dtaq.re.kr
Received March 23, 2018 Revised (1st April 4, 2018, 2nd April 20, 2018)
Accepted June 1, 2018 Published June 30, 2018

리 알고리즘을 통하여 제거하는 문제는 영상처리 분야의 주요한 문제 중 하나이다. 안개 제거 알고리즘은 국방 분야에서 국경선 경계, 항만 경계 및 항공기를 활용한 감시 등 전자광학센서를 사용하는 여러 감시정찰체계에 적용이 가능한 활용도 높은 기술이다. 안개를 제거하는 방법들 중 단일 전자광학센서만을 이용하는 방법이 활용성 및 적용성이 우수하여 자주 사용된다. 단일 전자광학센서를 사용하는 안개제거 방법 중 가장 유명한 방법은 He 등이 제안한 dark channel prior를 사용하는 방법[1]이다. He 등이 제안한 방법은 영상의 통계를 활용하여 dark channel prior를 사용함으로써, 전자광학센서로부터의 거리가 멀어서 안개가 짙게 끼는 구간과 전자광학센서로부터 가까운 곳에 위치하여 안개가 옅게 끼는 구간을 dark channel prior 로부터 파악할 수 있다. dark channel prior 와 기존의 보정 없는 영상을 matting[3] 알고리즘을 사용하여 깊이 정보가 다른 물체 혹은 배경의 경계면에서의 전달량을 보정하고, 보정된 전달량과 안개 농도값을 이용하여 원본영상으로부터 안개가 제거된 가상의 영상을 구할 수 있다. He 등이 제안한 방법에서는 matting 알고리즘을 이용하여 깊이 정보에 따른 정교한 경계선을 가진 영상을 구할 수 있으나, 많은 계산 시간을 필요로 하기 때문에 성능 개선을 위한 연구들이 계속되었다. matting 알고리즘의 대안 방안으로는 바이레터럴 필터를 이용하는 방법과 가이디드 필터[4]를 사용하여 계산 시간을 단축시킨 연구 등이 있다.

전달량을 구하기 위해서 dark channel prior를 이용할 때에 matting 알고리즘 혹은 가이디드 필터를 사용하는데, dark channel prior의 경계가 뚜렷하지 않다면 정교한 전달량을 구하는 것은 한계가 있다. 그리고 dark channel prior를 구할 때에 주로 사용되는 정방형 필터의 크기에 따라 영상 내에 과포화가 생기지 않는 범위 내에서 가장 작은 값을 취해야 안개제거 성능이 가장 좋은 임의성이 존재한다.

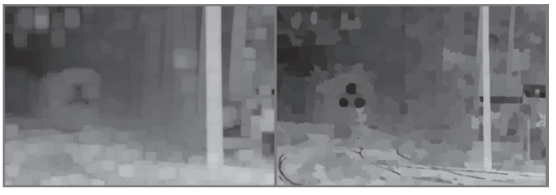


Fig. 1. (Left) The initial transmission map with 21x21 patch, (Right) The initial transmission map with super-pixel

이와 같은 필터 크기의 임의성을 줄이는 방법으로 슈퍼픽셀을 활용하여 같은 영역에 속하는 물체들을 구분하여 개선한 안개 제거 기법[6]이 연구되었다. 본 논문에서는 슈퍼픽셀을 활용한 안개 제거기법의 후속 연구로써, Fig.1과 같이 과포화가 생기지 않는 범위 내에서 안개제거 성능이 좋은 필터의 크기를 영상의 복잡도에 따라서, 슈퍼픽셀을 활용하여 결정하는 방법을 제안한다.

2. 안개영상의 모델

안개 영상의 모델은 Narisimhan 등이 아래와 같이 제안하였다[2].

$$I(x) = J(x)t(x) + A(1-t(x)) \quad (1)$$

위의 식에서 I(x)는 원본 영상, J(x)는 안개가 제거된 영상, t(x)는 빛이 산란되지 않고 전자광학센서까지 도달된 전달량, A는 안개의 밝기를 나타낸다. 안개가 제거된 영상 J(x)는 원본 영상 I(x) 로부터 A, t(x)를 구하고, 식(1)과 같이 구할 수 있다. 이는 물리적으로 안개가 낀 원본 영상으로부터, 안개의 밝기 정도와 이미지의 각 영역별로 전자광학센서로부터의 거리에 따른 안개의 농도를 조합하여 안개 영상을 구해내고, 안개가 낀 원 영상으로부터 안개 영상을 제거하는 과정을 의미한다.

A, t(x)를 구하기 위해서 활용하는 dark channel prior는 다음과 같은 관측으로부터 시작되었다. 일반적으로 안개가 없는 영상 속에서 전 영역에 걸쳐 일정 영역별로 한 화소씩은 RGB 채널 중 한 채널의 값이 어두운 값을 가진다. 가장 어두운 화소의 값을 그 영역의 대푯값으로 하여 영역내의 모든 화소 값을 위의 어두운 값으로 대체하여서 얻은 채널을 dark channel이라고 한다. 안개가 낀 영상에서는, 위의 어두운 값을 가지는 화소가 전자광학센서에 관측되기까지 안개를 지나쳐 센서에 도달하기 때문에, dark channel이 전달량과 안개의 밝기 정도에 따라서 안개가 없는 영상을 촬영한 경우보다 더욱 밝게 나타나게 된다. 따라서 영상에서 안개가 낀 영역과 안개의 밝기 값을 추정해 낼 수 있다.

영상 전체에서 정방형 필터를 이용하여 필터 내의 가장 어두운 값을 획득하여 dark channel을 구한다. dark channel prior에서 가장 밝은 영역들은 dark channel

prior의 정의와 같이 물리적으로 전자광학센서로부터의 거리가 가장 멀어서, 한 화소 속에 포함된 안개의 비율이 높은 영역임을 의미한다. 그러므로 dark channel prior가 밝게 보여지는 부분 중 전체 영상 속에서 밝기 정도가 상위 0.1%에 해당하는 영역들에 대해서 원본 영상 속의 해당 영역들에 위치하는 화소값들을 취하고, 이 값들을 평균으로 안개의 밝기 A값을 구할 수 있다. A값으로 dark channel prior를 정규화 할 수 있고, matting 등과 같은 후처리를 통해 전달량 t(x)를 구할 수 있다.

전달량 t(x) 를 구하는 과정에서 정제되기 전의 dark channel prior를 구할 때에 이용하는 정방형 필터의 크기에 의해 물체 간, 물체와 배경 사이에 대략적인 경계가 결정되는데, 필터의 크기가 dark channel의 통계적 분포보다 많이 작아지게 되면 안개제거 영상에서 과포화현상이 발생하게 되고, 필터의 크기가 통계적 분포보다 커지게 되면 안개의 밀도가 적은 것과 같이 판단되어 영상처리 이후 안개제거의 효과가 떨어지게 된다.

3. 슈퍼픽셀 기반의 전달량 추정

본 논문에서는 전달량 t(x)를 추정 시 필터의 크기로 인해 발생하는 영향을 줄이기 위해서, 특정 크기의 필터를 통해 dark channel prior를 구하는 방법을 사용하는 대신, 원본 영상 I(x)에서 quick shift 알고리즘[5]을 이용한 슈퍼픽셀 분할을 진행하여 같은 물체로 묶을 수 있는 영역들을 먼저 분할하여 놓고, 분할된 영역 속의 dark channel을 구하는 방법을 사용하였다. 슈퍼픽셀 분할 시 하나의 슈퍼픽셀의 최대 크기 D를 지정해야 하는데, 영상의 복잡도가 증가할수록 엣지성분이 증가한다는 점에서 착안하여, 영상의 복잡도와 하나의 슈퍼픽셀의 최대 크기를 정의하는 관계식을 (2)와 같이 정리하였다.

$$D(edge) = \alpha \frac{n_e}{n_w} + c \qquad (2)$$

위의 식에서 D(edge)는 슈퍼픽셀 분할의 파라미터인 최대거리를 의미하고, n_e는 영상의 엣지에 해당하는 화소의 개수를 나타내며, n_w는 영상 전체 크기의 화소수를 의미한다. α와 c는 영상 내의 엣지 비율과 슈퍼픽셀의 최대거리 간의 스케일 조정을 위한 파라미터로 본 논문에서는 최대 거리 변화에 따른 후광효과와 과포화 현상의 변화를 실험을 통해서 α=-69.77, c= 17.09로 정하였다. 슈퍼픽셀의 최대 크기를 식(2)로부터 설정하고, 원본 영상에 따라서 영상 별 최적의 슈퍼픽셀 크기를 정하여 dark channel prior를 구한다. dark channel prior와 원영상 I(x)를 가이디드 필터를 이용하여 전달량 t(x)를 추정한다. Fig.2에서는, 제안된 방법으로 구한 파라미터를 적용한 결과와 특정 파라미터를 임의로 적용하여 컬러영상분할을 통해 dark channel prior를 구한 결과는 비교하였다.

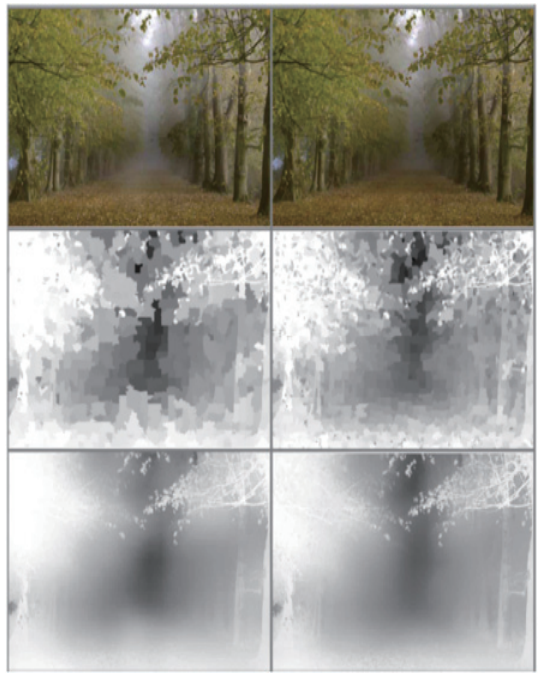


Fig. 2. (Left) Using distance parameter 10 with super-pixel (Right) Using proposed method, (Top) The recovered images, (Middle) The initial transmission map, (Bottom) The transmission map

4. 실험 및 결과

제안된 방법의 실험으로 Fig. 3과 Fig. 4의 결과를 획득하였다. 실험결과를 분석하면 정방형 필터의 크기가 3x3 화소로 dark channel의 통계적 분포 이하로 작아지게 되면 과포화 현상이 발생하고, 정방형 필터의 크기가 커지면 가이디드 필터를 이용하여 정제 한 이후, 전달량의 경계가 불분명해져서 안개 제거의 효과 역시 감소함

을 확인 할 수 있었다. 또한, 제안된 방법을 이용하면 과포화 현상의 발생을 방지하고, 필터 크기에 따른 성능의 임의성을 줄여주며, 안개제거성능 역시 보장됨을 확인할 수 있었다. 제안된 방법에서는 canny edge 검출기를 사용해서 영상의 엣지들이 차지하는 화소의 수를 구한 후, 영상 전체 크기의 화소의 수와 비교를 통해서 제안한 관계식(2)에 따라 슈퍼픽셀분할의 파라미터인 최대 거리를 구한다.

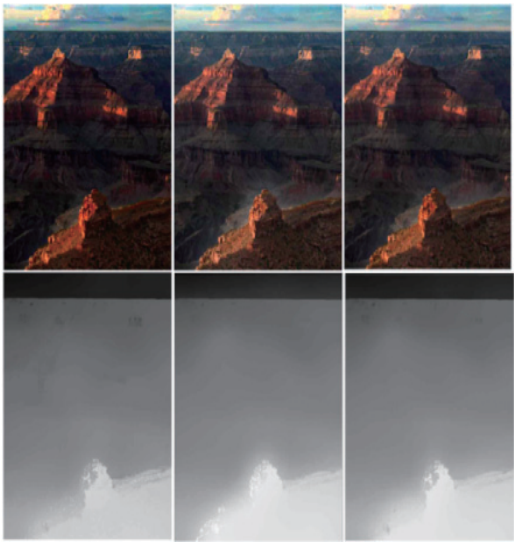


Fig. 3. (Top) The recovered images, (Bottom) The transmission map, (Left) Using 3X3 pixel patch, (Middle) Using 21X21 pixel patch, (Right) Using proposed method

제안된 방법으로 안개 제거를 수행 할 경우, 슈퍼픽셀 분할만을 이용해서 dark channel prior를 구하는 방법[6] 보다 안개제거효과가 뛰어났다.

5. 결론

본 논문에서는 quick shift 알고리즘을 활용하여 dark channel prior를 구하고, 컬러영상분할의 파라미터인 최대거리를 영상의 복잡도로부터 추정하는 향상된 안개제거 알고리즘을 제안하였다. 또한, 실험을 통해서 제안된 알고리즘의 결과 영상에서 전달량의 경계가 뚜렷하고, 과포화 현상이 발생하지 않으며, 안개제거효과가 뛰어남을 확인하였다.

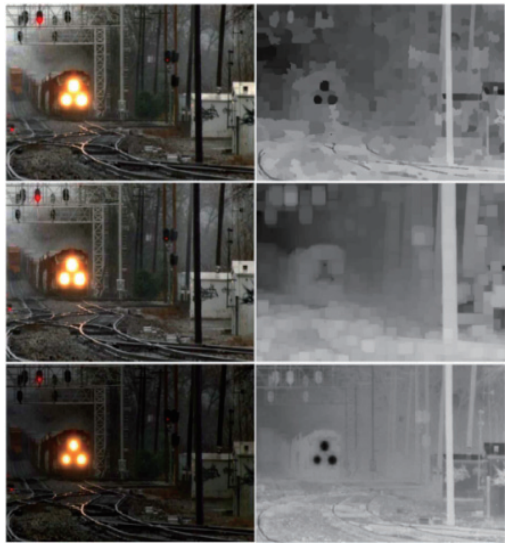


Fig. 4. (Left) The recovered images, (Right) The transmission map, (Top) Using proposed method, (Middle) Using 21X21 pixel patch, (Bottom) Using 3X3 pixel patch

References

[1] K. He, J. Sun, and X. Tang, “Single image haze removal using dark channel prior,” *CVPR*, 2009.
DOI: https://doi.org/10.1109/CVPR.2009.5206515

[2] S. G. Narasimhan and S. K. Nayar, "Contrast restoration of weather degraded images," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 25, no. 6, pp. 713-724, June 2003.
DOI: https://doi.org/10.1109/TPAMI.2003.1201821

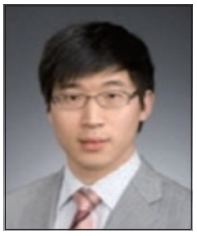
[3] A. Levin, D. Lischinski, and Y. Weiss, “A closed form solution to natural image matting,” *CVPR*, 2006.
DOI: https://doi.org/10.1109/CVPR.2006.18

[4] K. He, J. Sun and X. Tang, “Guided image filtering,”, *ECCV*, 2010
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-15549-9_1

[5] A. Vedaldi and S. Soatto.,“Quick shift and kernel methods for mode seeking,” *ECCV*, 2008.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-88693-8_52

[6] S. W. Noh, B. Ahn and I. S. Kweon, “Haze removal on superpixel domain”, *URAI,* 2013.
DOI: https://doi.org/10.1109/URAI.2013.6677400

노 상 우(Sang-Woo Noh) **[정회원]**



• 2013년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>
전자공학, 산업공학