# 안개 제거를 위한 영역별 전달량 계산과 정련 방법에 관한 연구

김상균*, 향상*, 박순영*, 박종현**, 조완현***
*목포대학교 전자공학과
**목포대학교 대불산학융합지구조성사업단
***전남대학교 통계학과
e-mail:narciss76@mokpo.ac.kr

# A Study on the Region based Transmission Estimation and Refinement for haze removal

Sang-Kyoon Kim*, Xiang Xiang*, Soon-Young Park*, Jong-Hyun Park**, Wan-Hyun Cho***
*Dept of Electronics Engineering, Mokpo National University
***Dept of Informational Statistics, Chonnam National University

요 약

객체 추적 및 모니터링 시스템에서 안개와 같은 환경적 불완전 요소는 비전 처리 성능에 많은 영향을 준다. 특히 안개는 빛의 산란과 흡수에 의한 감쇠로 탐지 영역내의 물체의 색상이 비슷해지고 채도가 매우 떨어지게 되어 객체의 형태를 구별하기 어려워진다. 따라서 실외에서 신뢰할 수 있는 비전 처리를 위해서는 안개와 같은 환경적 불완전 요소의 제거가 필수라 할 수 있다.

## 1. 서론

기존의 비전 기술은 실험실과 비슷한 제한된 환경내에서 그 목적을 달성하였다. 그래서 다양한 외부 환경에서는 기존의 목표를 달성하는데 많은 어려움이 존재한다. 특히 안개와 같은 환경적인 불완전 요소는 색상, 차영상과 같은 방법에 의한 객체 분할 및 움직임 검출에 많은 제약을 준다. 최근에 비전 성능을 저해하는 환경적인 요인을 제거하기 위한 다양한 연구가 진행중에 있다.

특히, R. Tan은 깨끗한 영상은 안개 영상보다 높은 대비도를 갖고 주변 화소들은 동일한 감쇠 영향을 받는다는 가정하에 국부 대비도를 최대화시키는 방법으로 안개를 제거하였으며 [2] Fattal 은 음영과 전달 신호는 상관도가 낮다고 생각하고 독립 성분 분석(ICA) 기법을 이용하여 전달량을 계산하고 MRF(Markov Random Field)를 이용하여 전체 영상의 색상을 추정하였다 [4]. Tarel 은 실시간 처리에 의한 화질 개선 방법을 제안하였으며 He et al. 는 일정 크기의 블록내의 화소 중에서 최소한 하나 이상은 “0”에 가깝다는 블랙바디 이론을 기초로 Dark Channel Prior을 이용하여 깊이 추정과 전달량을 계산하였다 [1]. 그러나 이 방법은 깊이 정보의 불연속에 의한 후광 효과가 발생하여 반드시 정련 과정이 필요한다 [3].

본 논문에서는 Dark Channel Prior 가정하에 후광 효과를 최소화하기 위해 동일 영역에 기반하여 깊이값을 추정하고 빠른 정련 알고리즘을 사용하여 효과적인 안개 제거를 수행하였다.

## 2. 본론

### 2.1 Dark Channel Prior

컴퓨터 비전 또는 컴퓨터 그래픽스 분야에서 안개는 일반적으로 식(1)과 같이 유도되어 진다.

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

여기서, $I(x)$는 캡쳐된 안개 영상, $J(x)$는 안개가 없는 깨끗한 영상, $t(x)$는 산란하지 않고 카메라에 도달한 빛의 양을 나타내는 전달량 그리고 $A$는 안개값을 나타낸다.

따라서 안개 영상으로부터 깨끗한 영상으로 복원하기 위해서는 전달량 $t(x)$를 계산해야된다. 전달량 $t(x)$는 식(2)와 같이 장면의 깊이에 따라 지수적으로 감쇄한다.

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

그러나 단일 영상으로부터 깊이 정보를 계산하기란 결코 쉬운 작업이 아니다. 최근에 단일 영상으로부터 깊이 정보를 추정하기 위한 방법으로 Dark Channel Prior 이 각광을 받고 있다. Dark Channel Prior 은 하늘을 포함하지 않는 대부분의 야외 영상에서 일정한 크기의 블록내의 화소의 색상 성분 중에서 최소한 하나 이상의 밝기가 “0”에 가깝다는 관측을 바탕으로 깊이 정보를 추정한다.

$$J^{dark}(x) = \min_{c\in\{r,g,b\}}\left(\min_{y\in\Omega(x)}(J^c(y))\right) \quad (3)$$

Dark Channel Prior 가정에 따라 깨끗한 영상 J에서 $J^{dark}$는 “0”이 됨으로

$$J^{dark}(x) = \min_c(\min_{y\in\Omega(x)}(J^c(y))) = 0 \quad (4)$$

최종적으로 전달량 $t(x)$는 다음과 같이 계산된다.

$$\tilde{t}(x) = 1 - \min_c(\min_{y \in \Omega(x)}(\frac{I^c(y)}{A^c})) \quad (5)$$

최종적으로 복원할 영상은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$J(x) = \frac{I(x) - A}{\max(t(x), t_0)} + A \quad (6)$$

### 2.2 영역 기반 깊이 정보 추정

본 논문에서는 단일 영상내에서 동일한 특성을 가진 영역은 동일한 깊이값을 가진다는 기본 가정하에서 깊이 정보를 추정하기 위하여 Felzenszwalb et al. 이 제안한 그래프 기반의 영역 분할 알고리즘을 이용하였다 [6]. 기존 논문에서는 15×15 크기의 윈도우를 이용하여 깊이를 추정한다. 하지만 윈도우를 이용한 방법의 경우 영역의 경계면에서 깊이의 불일치가 발생할 가능성이 매우 높아진다. 따라서 윈도우 영역보다는 동질 영역에 대한 깊이 추정으로 깊이 정보의 불연속을 최대한 줄이고자 하였다.

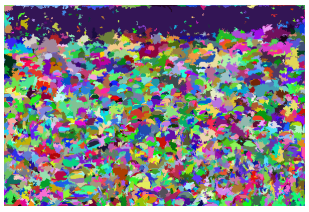
### 2.3 전달량 정련

Dark Channel Prior 에 의한 깊이 추정 방법은 강한 에지 부근에서 깊이의 불연속이 발생하게 된다. 결과적으로 잘못 추정된 깊이는 빛의 전달량의 불일치를 야기하여 최종 복원된 영상에서 후광효과(aritifact effect)가 발생하게 된다 [1][3]. 그러므로 전달량의 불일치를 줄이기 위한 방법으로 에지의 특성을 보존하는 동시에 전달량을 부드럽게 만들어주기 위한 정련 과정을 수행해야 된다. 이런 특성에 가장 적합한 필터로 바이레터럴 필터가 있다 [5]. 그러나 기존의 바이레터럴 필터는 공간과 범위에 대한 가우시안 컨볼루션으로 매우 많은 계산 시간을 요구하는 단점이 있다. 따라서 계산 시간을 줄이기 위해 공간 영역과 범위에 대한 다운 샘플링 수행과 범위별 스무딩 필터 적용 그리고 보간에 의한 방법을 이용한 그리드 바이레터럴 필터를 적용하였다.

## 3. 실험 및 결과

제안된 방법의 성능을 평가하기 위해서 기존의 안개 제거에 많이 이용되고 있는 영상을 이용하였으며 Matlab을 이용하여 알고리즘을 구현하였다.

(a) 안개 영상


(b) 영역 분할

(c) 깊이 추정

(d) 전달량 계산

(e) 정련된 전달량

(f) 복원된 영상

그림 1. 단계별 안개 제거 영상

## 4. 결론

본 논문은 그래프 기반 영역 분할 방법을 이용하여 동질 영역에 대해 Dark Channel Prior을 이용하여 깊이 정보를 추정하고 전달량 불일치 문제를 해결하기 위해 빠른 바이레터럴 필터를 적용하여 전달량을 정련하였다. 결과적으로 안개가 제거된 깨끗한 영상으로 복원할 수 있었다. 그러나 정련 과정에서 소모되는 많은 처리 시간을 줄이기 위해 보다 정확한 깊이 정보 추정과 정련 알고리즘의 개발이 요구되어진다.

### Acknowledgement

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2012R1A1A4A01009097)

### 참고문헌

[1] He, J. Sun, and X.Tang, “Single image haze removal using dark channel prior”, in Proc. CVPR, June 2009

[2] R. Tan, “Visibility in bad weather from a single image”, in Proc CVPR, pp. 1-8, June 2008.

[3] A. Levin, D. Lischinski, Y.Weiss, “A closed form solution to natural image matting”, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach, Intell., vol. 30, no. 2, pp. 228-242, Feb. 2008.

[4] R. Fattal, “Single image dehazing”, ACM Trans. Graphics, vol. 27, no. 3, pp. 1-9, Aug. 2008.

[5] C. Tomasi and R. Manduchi, “Bilateral filtering for gray and color images”, in Proc. ICCV, pp. 839-846m Bombay, India, Jan. 1998.

[6] F. Felzenszwalb, D.P. Huttenlocher, “Efficient graph based image segmentation”, Int’l J. of Computer Vision, vol. 59, pp. 167-181, 2004.