

색상 보정을 이용한 안개 제거 알고리즘

*엄태하 **이근민 ***김원하

경희대학교 전자전파공학과

*geniuth@gmail.com

요약

본 논문에서는 히스토그램 분석을 통한 안개 강도 측정과 제거, 그리고 HSI채널에서 색상을 보정하는 방법을 제안한다. 이를 위해 영상에서 안개가 많은 지역과 적은 지역을 히스토그램을 통해 분석하고 안개 강도 맵을 만들어 안개의 양에 따라 안개를 제거한다. 안개로 인하여 악화된 영상의 색상은 HSI 공간에서 분석하여, 안개 강도에 따른 보정을 한다. 제안하는 기법은 기존의 기법들과 비교하여 색상의 편향성을 보정하여 가시성뿐만 아니라 영상 내에 색상이 자연스럽게 조화된 결과를 얻었다.

1. 서론

안개란 대기 중의 수증기가 응결하여 지표 가까이에 작은 물방울이 떠 있는 현상이다. 인간이 물체를 인지할 때, 빛이 물체에 반사되어 인간의 눈, 간상 세포(rod cell)와 원추 세포(cone cell)로 이루어진 망막을 통과하고 대뇌에서 들어온 빛의 정보를 가지고 물체를 인식한다. 수증기는 빛의 산란을 증가시켜 들어오는 빛의 정보를 저하시킨다. 이 때 색상 정보 또한 저하되어 정확한 물체 인식이 불가능 하다.

안개 제거를 위해 기존의 알고리즘은 다양한 방법으로 안개를 제거 하였다. Schechner 등이 제안한 방법은 동일한 위치에서 각각 다른 편광 필터가 장착된 카메라로 촬영된 영상을 비교하여 안개의 양을 획득하고 제거한다. Narasimhan과 Nayar에 의해 제안된 방법은 같은 위치에서 시간과 날씨가 다른 환경에서 찍은 여러장의 사진을 이용하여 안개 정보를 획득한다. Kopf 등은 카메라의 내장된 GPS의 정보를 이용하여 영상의 깊이 정보를 이용해 안개정보를 획득한다. He 등이 제안한 방법은 안개가 없는 영상의 일정한 구간의 한 점은 매우 어두운 값을 가진다는 가정하에 안개가 있는 영상에서 안개 정보를 획득 한다.

제안하는 알고리즘은 색상의 순도(purity, Hue)를 고려하여 안개 강도에 따라 보정하기 때문에 색상의 편향이 일어나지 않고 가시성과 영상의 색상 조화를 향상 시킨다.

2. 본론

2-1. 안개 모델링

사람의 눈이나 카메라에 들어오는 영상 Computer vision and Computer graphic 의 수학적 모델은 식 (1)과 같다.

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

I 는 카메라나 사람의 눈으로 관측된 영상이고, J 는 저하가 없는 영상이다. A 는 영상내 전역적으로 퍼져 있는 대기 중에 산란된 빛이고, t 는 빛이 얼마나 산란되는 나타내 주는 척도 이다. 안개제거의 목표는 입력된 영상 $I(x)$ 에서 A 와 $t(x)$ 를 측정하여 $J(x)$ 구하는 것이다.

위 모델을 두 가지 부분으로 나눌 수 있다. 물체로부터 반사된 빛의 도달하는 양 $I_D(x) = J(x)t(x)$ 와 대기 중에 산란된 빛의 양 $I_A(x) = (1 - t(x))A$ 이다.

전달량(transmission)은 식 (2)와 같이 정의한다.

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

거리에 따른 빛의 산란 정도를 나타낸다. 물체와 관찰자의 거리가 멀어지면 산란이 많이 일어나 J_D 가 작아지는 반면, 대기에 의한 산란은 많아지기 때문에 J_A 는 커진다.

영상에서 우리가 얻을 수 있는 정보는 입력 영상 $I(x)$ 뿐이다. 이 입력 영상으로부터 airlight와 transmission을 계산하여 최종 출력 영상 $J(x)$ 를 얻는다.

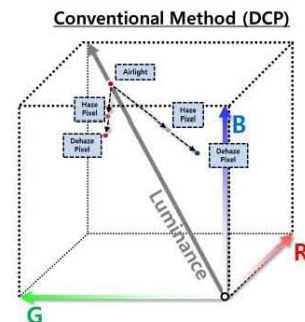


그림 1 DCP Model

2-2. 색상 안개 보정 모델

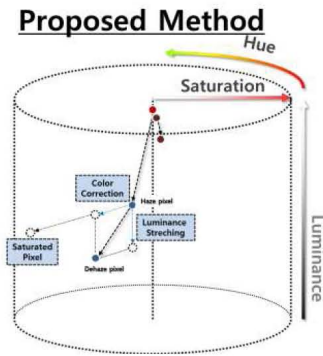


그림 2 색상 보정 모델

사람은 색을 인지하거나 표현할 때, 삼원색(RGB)의 백분율로 인식하거나 표현하지 않는다. 인간의 색상 인지 능력은 색상, 채도, 명도도 인식한다. HSI는 RGB 색 공간에서 색, 채도, 밝기(명도)로 변환된 공간이다. RGB공간에서 HSI 공간으로 변화 수식은 아래와 같다.

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases} \quad \dots\dots(3)$$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5 * [(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{\frac{1}{2}}} \right\} \quad \dots\dots(4)$$

$$S = 1 - \frac{\min(R, G, B)}{I} \quad \dots\dots(5)$$

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad \dots\dots(6)$$

그림 2 는 제안한 안개 제거 방식의 모델은 색상, 채도, 명도에 대한 독립적인 제어가 가능하다. 안개에 대한 색상, 채도, 명도에 대한 분석은 3-1 장에 설명한다.

3. 안개 강도와 전달량

3-1. 색 영역의 안개 강도

그림 3 을 보면 시간과 햇빛의 방향의 차이는 있지만, 맑은 날과 안개 낀 날의 모습을 비교할 수 있다. 맑은 날 영상(왼쪽 위) HS공간(가운데 위)과 안개 낀 날(왼쪽 아래)의 HS공간(가운데 아래)을 비교해 보면 원점(0,0)을 중심으로 맑은 날 영상이 더 넓게 퍼져 있는 것을 볼 수 있다. I채널(명도)의 Histogram을 보면 HS공간과 마찬가지로 맑은 날 영상의 Histogram(오른쪽 위)이 더 넓게 퍼져 있다.

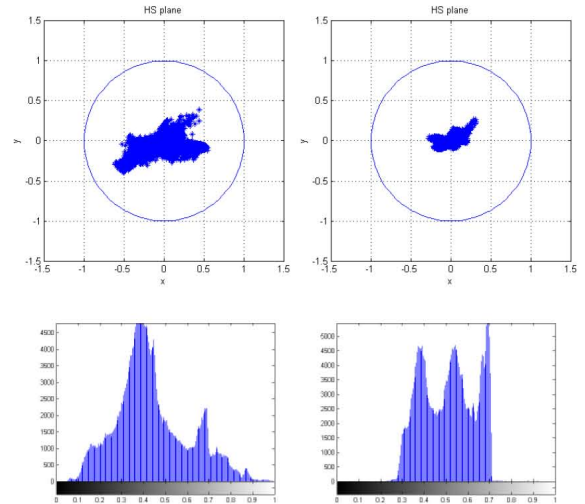


그림 3 맑은 날과 안개 영상의 HS 평면과 I 히스토그램

3-2. 전달량

전달량은 영상의 깊이와 안개 양의 척도가 되어 가시성에 가장 밀접한 영향을 준다. 전달량은 He등 이 제안한 Dark Channel prior(DCP)에서 속도가 개선된 MDCP의 방법으로 만든다.

$$t = 1 - w \cdot med_{patch} \left(\min \left(\frac{I_{rgb}}{A_I} \right) \right) \quad \dots\dots(7)$$

$$J(x) = \frac{I(x) - A}{t(x)} + A \quad \dots\dots(8)$$

A_I 는 I 채널에서의 Airlight 값으로 영상에서 상위 1%의 값을 선택하였다.



그림 4 영상의 전달량 맵

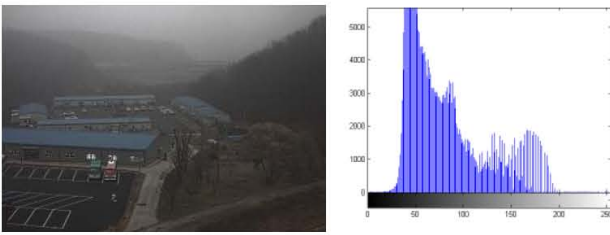


그림 5 안개 강도에 따른 가시성이 향상된 영상

그림4 는 전달량으로 영상내에서 빛의 산란 정도를 나타낸다. 가시성은 명도(I채널)이 정하기 때문에 이 전달량을 수식(8)에 대입을 하고 안개를 제거하게 되면 그림5의 결과를 얻게 된다. 가시성은 높아졌지만 영상의 색상이 어두운 것을 알 수 있다. 이는 복원된 영상의 색상이 안개 영상과 동일하기 때문에 어두워 보이는 것이다. 이러한 이유 때문에 색상의 보정이 필요하다.

3-3. 색상 보정 함수

위에서 설명하였듯이 안개 영상과 맑은 영상의 차이는 색상과 Histogram으로 분석이 가능하다. 지역적으로 분석해 보면 안개가 많은 지역-멀리 있는 지역-은 색상이 Gray 값과 점점 차이가 나지 않는다. 따라서 안개의 양에 따라 색상을 퍼뜨려주면 된다. Color Spread Function은 다음과 같다.

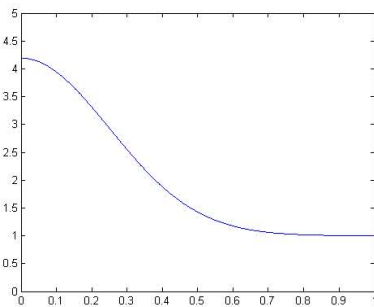


그림 6 gaussian transmission weight $\sigma=0.25$

가우시안 함수를 이용한 전달량에 따른 색상 보정 함수이다. 전달량은 영상의 명암뿐 아니라 색상에도 영향이 있다. 거리가 멀고 안개가 많을수록 카메라에 들어오는 색상이 감쇠되므로 더 높은 값을 주어 색상을 보정해 주었다. 그와 반대로 가까이에 있는 물체는 조금만 보정해 주거나 보정을 하지 않아도 되기 때문에 낮은 값으로 보정해 주었다.

4. 실험 결과

실험결과는 DCP와 유사한 MDCP와 비교 하였다. 원본 영상, MDCP 그리고 제안한 알고리즘에 대한 결과를 비교해 볼 때, 가시성의 동일하다. 하지만 색상 측면에서 봤을 때, MDCP의 경우 붉게 되는 경우가 있다. 특히 하얀색 건물임에도 안개 제거 후 외벽이 붉게 되었고, 사람의 얼굴도 붉게 되었다. 제안한 알고리즘은 색상의 측면도 고려하여 안개를 제거하였기 때문에 이러한 현상이 없거나 적어지는 결과를 보였다.

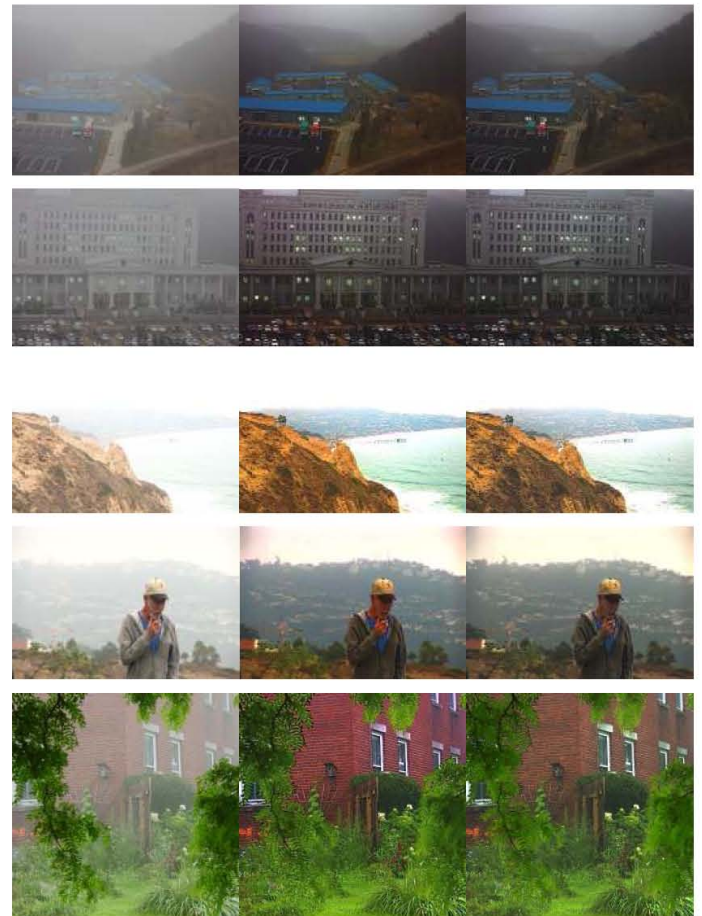


그림 7 왼쪽부터 원본 영상, MDCP, 제안한 알고리즘

5. 결론

색상 보정을 통한 안개 제거 알고리즘은 안개 제거 후 자연스러운 색상의 결과를 보여주었다. HSI의 경우 H(원색상)의 변화 없이 S(채도)와 I(명도)를 독립적으로 처리가 가능하다. 수식 (1)에 따르면

$$t(x) = \frac{J(x) - A}{I(x) - A} \quad \dots\dots(9)$$

식(9) 처럼 전달량(t(x))은 입력 영상(I)와 안개가 제거된 영상(J)의 벡터의 비율로 표시 할 수 있다. MDCP처

럼 각 RGB로 따로 처리하게 되면 색상 편향이 일어나는데, 그 이유는 Airlight 값에 따라 $J(x)$ 의 방향과 크기가 선형적으로 변하기 때문이다. 제안된 알고리즘은 이러한 점을 보완하여 색상의 왜곡을 줄이며 안개가 제거 된다. 끝으로 안개 제거 알고리즘은 Airlight 값을 기준으로 대부분의 픽셀이 낮은 값으로 이동하는데, 이 때문에 영상이 어두워진다. 현재 이를 적용적으로 조정 가능한 알고리즘 개발 중이다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0066239)

참고문헌

- [1] E. H. Land, "The retinex theory of color vision," *SCI. Amer.*, vol. 237, no. 6, pp.451-462, Mar. 1997.
- [2] A. R. Varkonyi-Koczy, "Improved fuzzy logic supported HDR colored information enhancement," in *IEEE international instrumentation and measurement technology conference, IZMTC'2009*, pp.361-366.
- [3] R. Fattal, "Single image dehazing," in *SIGGRAPH*, pages 1-9, 2008.
- [4] 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.
- [5] S. G. Narasimhan and S. K. Nayar, "Chromatic framework for vision in bad weather," *CVPR*, pages 598-605, 2000.
- [6] S. K. Nayar and S. G. Narasimhan, "Vision in bad weather," *ICCV*, page 820, 1999.
- [7] Y. Y. Schechner, S.G. Narasimhan, and S. K. Nayar, "Instant dehazing of images using polarization," *CVPR*, 1:325, 2001.
- [8] 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.
- [9] J. Kim, S. Seong, Y.H.Kim, "A single image enhancement using inter-channel correlation," in *ICCE*, pages 496-497, 2012.