

논문 2014-51-8-6

비디오에서 플리커 현상이 없는 효율적인 안개제거 (An Efficient Video Dehazing to Without Flickering Artifacts)

김 용 민*, 박 기 태**, 이 동 석***, 최 원 주***, 문 영 식****

(Young Min Kim, Ki Tae Park, Dong Seok Lee, Wonju Choi, and Young Shik Moon[©])

요 약

본 논문은 비디오에서 안개 제거로 인한 플리커링(깜빡임) 현상을 효율적으로 제거하기 위한 방법을 제시한다. 단일 영상에서 사용하는 안개 제거 방법을 비디오 시퀀스에 그대로 적용하면, 안개제거를 위한 대기값이 매 프레임마다 개별적으로 계산되기 때문에 플리커링 현상이 발생할 수 있다. 기존의 플리커링 현상을 제거하는 방법으로는 인접한 프레임간의 전달값의 높은 상관관계 계수를 이용하는 방법이 존재한다. 하지만, 비디오 시퀀스에서 빈번하게 변경되는 대기값에 의해서도 플리커링 현상이 발생할 수 있기 때문에 인접한 프레임간의 상관관계를 효율적으로 고려한 대기값 추정방법이 필요하다. 본 논문에서는 안정적인 대기값 추정을 위해 평균값을 이용해 플리커링 현상을 제거하는 효율적인 안개 제거 기법을 제안한다. 실험결과 제안하는 방법이 기존의 방법보다 플리커링 현상을 줄여 좋은 성능결과를 보여 주는 것을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose a novel method to effectively eliminate flickering artifacts caused by dehazing in video sequences. When applying a dehazing technique directly to each image in a video sequence, flicker artifacts may occur because atmospheric values are calculated without considering the relation of adjacent frames. Although some existing methods reduce flickering artifacts by calculating highly correlated transmission values between adjacent frames, flickering artifacts may still occur. Therefore, in order to effectively reduce flickering artifacts, we propose a novel approach considering temporal averages of atmospheric light values calculated from adjacent frames. Experimental results have shown that the proposed method achieves better performance of video dehazing with less flickering artifact than existing methods.

Keywords : video dehazing, haze removal, flickering artifact, temporal information, temporal average

I. 서 론

안개는 대기 중에 포함된 먼지나 연무, 안개 등에 의

해 빛을 산란시켜 획득하고자 하는 영상의 실제 밝기값을 왜곡시키며 영상 전반의 명암대비를 낮추는 특성이 있다. 따라서 선명한 영상을 얻기 위해서는 효과적인 안개제거 방법이 필요하며 최근 고품질의 영상을 얻기 위한 수요가 증가하고 있지만 야외에서 촬영된 영상은 공기 중의 안개나 먼지, 수증기 등에 의해 선명한 영상을 얻기가 쉽지 않다. 그래서 안개 제거 방법은 비디오 감시나 리모트 센싱, 타겟 인식 분야를 포함하는 컴퓨터 비전 연구 분야의 중요한 문제로 인식되고 있다.

일반적인 안개 제거 방법은 단일 영상에서 안개모형을 정의하고 모델에서 정의된 안개를 제거하는 방법으로 많이 연구되고 있다. 특히 동영상에서는 인접한 프

* 학생회원, **** 정회원, 한양대학교 컴퓨터공학과 (Dept. of Computer Science & Engineering, Hanyang University)

** 정회원, ETRI 부설연구소 (The attached institute of ETRI)

*** 정회원, 삼성탈레스 전자광학체계그룹 (Optronics System Group, Samsung Thales)

© Corresponding Author(E-mail: ysmoon@hanyang.ac.kr)

※ 이 논문은 삼성탈레스 지원을 받아 연구되었음.
접수일자: 2014년06월12일, 수정일자: 2014년07월17일
수정완료: 2014년07월28일

레이들간의 상관관계를 고려하지 않고 안개를 제거하면 복원된 동영상에서 프레임간의 지속성이 떨어져 플리커링 현상이 발생하는 단점이 있다^[1]. 따라서 선명한 안개 제거 동영상을 얻기 위해서 플리커링 현상을 효과적으로 제거할 수 있는 안개제거 방법이 필요하다.

현재까지 플리커링 현상을 제거하기 위한 연구로 다양한 방법이 제안되어왔다. Zhang^[2]은 He^[3]의 방법으로 초기 안개에 대한 깊이도를 생성한 후 시공간의 유사성을 깊이 지도맵에 반영하는 방법을 제안하였다^[2]. 그리고 Xiao^[9]는 전달량맵을 추정하는 단계에서 Guided Joint Bilateral Filter를 사용하여 안개제거 성능을 향상시켰다. 하지만 Zhang과 Xiao^[9]의 방법은 높은 복잡성 때문에 많은 메모리와 계산시간이 요구되는 단점이 있다. 그리고 전달맵의 보정을 통해 플리커링 현상을 제거하는 방법이 제안되었다^[1]. 하지만 플리커링 현상의 발생원인을 분석한 결과 비디오에서의 매 프레임마다 계산된 전달맵의 변화뿐만 아니라 대기값의 빈번한 변화에 의해서도 플리커링 현상이 발생하는 것을 확인하였다. 그러므로, 본 논문에서 대기값의 빈번한 변화를 인접한 프레임들간의 변화를 고려한 대기 평균값을 이용하여 플리커링 현상을 효과적으로 줄이는 방법을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 기존의 방법에 대해 분석하고, III장에서는 제안하는 방법으로 플리커링 현상을 제거하고, IV장에서는 실험을 통한 제안한 방법의 성능을 측정, 평가하고, V장에서는 결론을 맺는다.

II. 기존 알고리즘

1. 안개 모델

일반적인 안개 모델의 수식은 식(1)과 같다^[3~4]. x 는 영상에서의 위치를 의미하며, I 는 안개가 포함된 영상을 의미하고, A 는 대기밝기값을 의미한다. J 는 안개가 제거된 영상을 의미한다. 식(2)에서 t 는 안개의 깊이 정도를 나타내는 안개 전달량을 의미한다. 안개량이 많고 거리가 가까울수록 높은 값을 나타내고 안개량이 적고 거리가 멀수록 낮은 값을 $d(x)$ 로 나타낸다.

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

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

2. Dark Channel Prior

단일 영상을 이용한 안개 제거 방법은 식(3)과 같이 He^[3]가 제안한 방법을 사용하였다. 안개 제거를 위해 He^[3]는 안개 영역은 빛이 산란하여 대조비가 낮아지는 특성을 이용하여 RGB 각 채널값에서 최소의 값을 Dark Channel이라고 정의하였다. 즉, RGB 전 채널의 최소값으로 안개의 짙은 정도를 추정할 수 있다. 그래서 He는 안개의 짙은 정도를 추정하기 위해 Dark Channel Prior(DCP)를 전달량맵 생성에 이용하여 안개 제거에 효과적인 방법을 제안하였다. 하지만 전달량맵을 추정하는 단계에서 Laplasian 연산을 이용한 soft matting(에지 일치기법)의 높은 연산복잡도와 시간이 많이 요구되는 단점이 존재한다^[5~6].

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

$$J^{dark}(x) \approx 0$$

Tan^[7]은 안개 영역의 대조비가 높은 특징을 이용하여 지역적으로 대조비를 극대화하여 안개 영상을 복원하였다. 하지만 지역적 처리로 인한 블록 현상이 나타난다^[5]. Fattal^[8]은 안개 영상내 음영간의 반사율을 측정하고, 일정 지역 내에서 측정된 통계적 독립성을 이용하여 반사율을 계산한다. 하지만 전달량을 추정하는 단계에서 ICA를 이용하여 영상을 복원하는 단계에서 복잡도가 높은 단점이 존재한다^[6]. DCP에서 속도를 개선한 Median Dark Channel Prior(MDCP)는 윈도우내 최소값 대신 중간 값을 이용하여 큰 에지를 보존하고, 세밀한 에지는 부드럽게 처리하는 방법으로 soft matting 방법을 대체하여 시간을 단축시켰다. 하지만 세밀한 에지 영역이 부드럽게 되어 후광효과(Halo effect)가 존재하여 성능이 떨어지는 단점이 있다^[5~6].

III. 제안하는 방법

안개 제거를 위한 DCP기반의 방법에서는 대기값의 정확한 추정이 중요하다. Kim^[1]은 대기값 추정을 위해 매 프레임마다 밝기 정보를 이용한 계층구조 탐색방법을 제안하였다. 이 방법은 매 프레임마다 영상을 4개의 영역으로 나누고, 영역들 중에서 가장 밝은 평균값을 가지는 영역의 평균 밝기값을 이용해 대기값을 추정하는 방법이다. 이 방법은 높은 화소값을 가지는 객체들이 밀집된 영상에 대해서는 대기값을 오추정하는 문제

가 발생한다^[5]. 비디오에서의 효과적인 안개제거 방법을 수행하기 위해서는 인접한 프레임간의 지속성을 고려해야한다. 따라서 동영상에서 안정적이고 지속적인 안개제거를 위해서 프레임 마다 계산되는 대기값과 움직이는 객체들로 인하여 영향을 받지 않는 대기값을 추정하는 방법이 필요하다.

본 논문에서는 프레임마다 계산된 대기값의 누적된 평균 대기값을 이용해 이전 프레임들간의 변화량이 적고 안정적인 평균값을 반영하여 프레임간의 지속성을 유지하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법의 첫 번째 단계로, 동영상에 i 번째 프레임 영상을 이용하여 얻은 Dark Channel을 구하고, 두 번째 단계로 He^[3]가 제안한 대기값 추정방법을 사용하여 대기값을 구한다. 마지막 단계로, 누적된 대기값의 평균값을 식(4)를 이용하여 현재 i 번째 프레임의 대기값으로 사용한다. 제안하는 방법의 전체 흐름도는 그림1과 같다. 본 논문에서는 soft matting의 단점을 보완하기 위해서, 전달맵 t 에 대한 보정을 Xiao^[9]가 제안한 Guided Joint Bilateral 필터를 이용하여 블록현상의 영역을 보상함으로써 에지부분의 후광효과 및 세밀한 에지의 정보를 복원하여 효과적인 안개제거 방법을 사용하였다. 플리커링 현상을 제거하기 위한 실험 단계에서 평균 프레임의 수 N 을 30으로 정의함으로써, 대략 1초의 평균값을 이용하여 현재 프레임보다 앞선 30프레임의 평균값들을 이용하여 안정적

인 대기값을 계산한다.

$$A_{i,avg} = \frac{1}{N} \sum_{k=i-N}^{i-1} A_k \quad (4)$$

현재 프레임에 대한 대기값의 계산 단계에서 현재 프레임 i 의 대기값은 현재 프레임보다 앞선 N 번째 프레임까지의 평균 대기값을 사용함으로써 카메라가 이동하더라도 바로 이전 N 개의 프레임에 대한 평균값이 반영되기 때문에 이동에 따른 변화된 대기값의 추정이 가능하다.

IV. 실험 및 성능 평가

안개 제거된 결과 영상을 기존 방법과 비교하기 위해서 프레임마다 안개가 제거된 영상을 그림 2와 같이 비교하였다. Xiao^[9]가 제안한 방법은 그림2와 3에서 보는 바와 같이 대기값 추정결과 프레임마다 빈번한 대기값의 변화로 인하여 안개가 제거된 결과 영상에서 색상 전반의 변화량이 큰 결과를 확인할 수 있다. 동영상에서 프레임들의 추정된 대기값 변화를 비교하기 위해서 이웃한 프레임간의 결과 영상을 비교하여 제안하는 방법이 상대적으로 안정된 대기값의 추정된 결과 안개가 제거된 복원 동영상에서 플리커링 현상이 현저하게 줄어든 것을 확인할 수 있었다.

그림 3은 동영상에서의 대기값 $A_{i,avg}$ 변화를 제안하는 방법과 Xiao^[9]방법을 프레임별로 그레이 레벨의 밝기값으로 변환하여 비교하였다. 제안하는 방법에서의 대기값이 125에서 130사이의 안정적인 수치를 나타내는 것을 확인할 수 있으며, Xiao^[9]방법과 비교하여 급격하게 변경되지 않고, 변화는 폭이 상대적으로 적은 것을 확인할 수 있다. 플리커링 현상에 대한 성능 평가 방법으로써, Yang^[10]이 제안한 플리커링 스코어를 이용한다. 객체의 움직임으로 인하여 크게 변경되는 블럭의 Luminance의 비율을 줄이기 위해서 플리커링 현상에 실질적으로 영향을 미치는 이전 프레임과의 임계값 이하의 블럭만을 이용한다.

플리커링 스코어를 계산하는 블럭의 대상은 수식(5)를 이용하여 RGB채널 값을 이용해 Luminance값 (Lum)을 계산하고 식(6)을 만족하는 블럭의 값들만 사용한다. 그래서 플리커링 스코어(F_s)의 식(7)은 식(6)의 squared mean difference 값들 중에서 임계값 TH 이하

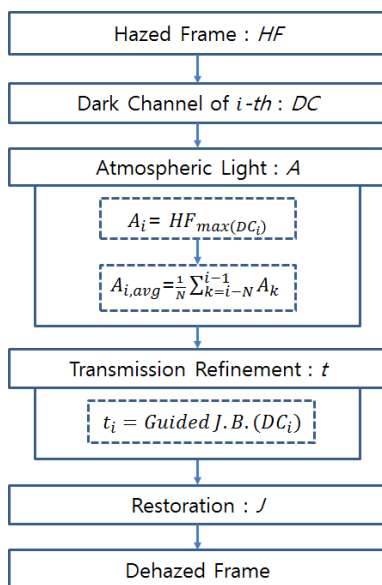


그림 1. 제안하는 방법의 흐름도
Fig. 1. Flow chart of the proposed method.

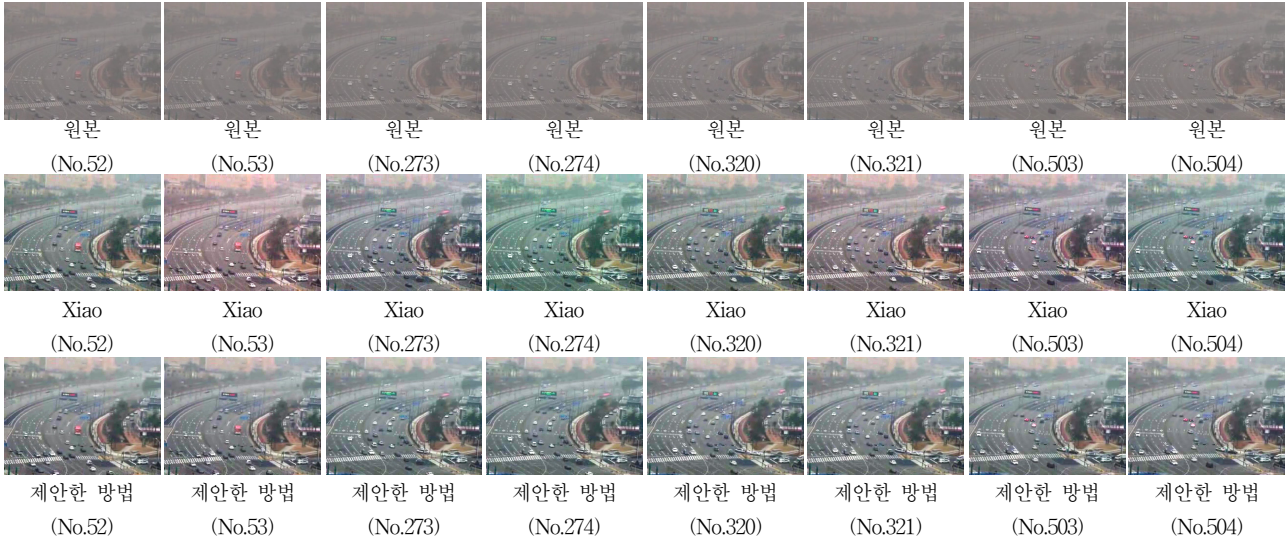


그림 2. 기존의 Xiao^[9] 방법과 비교(프레임 번호)

Fig. 2. Comparison of the Xiao^[9] method and the proposed method(frame numbers).

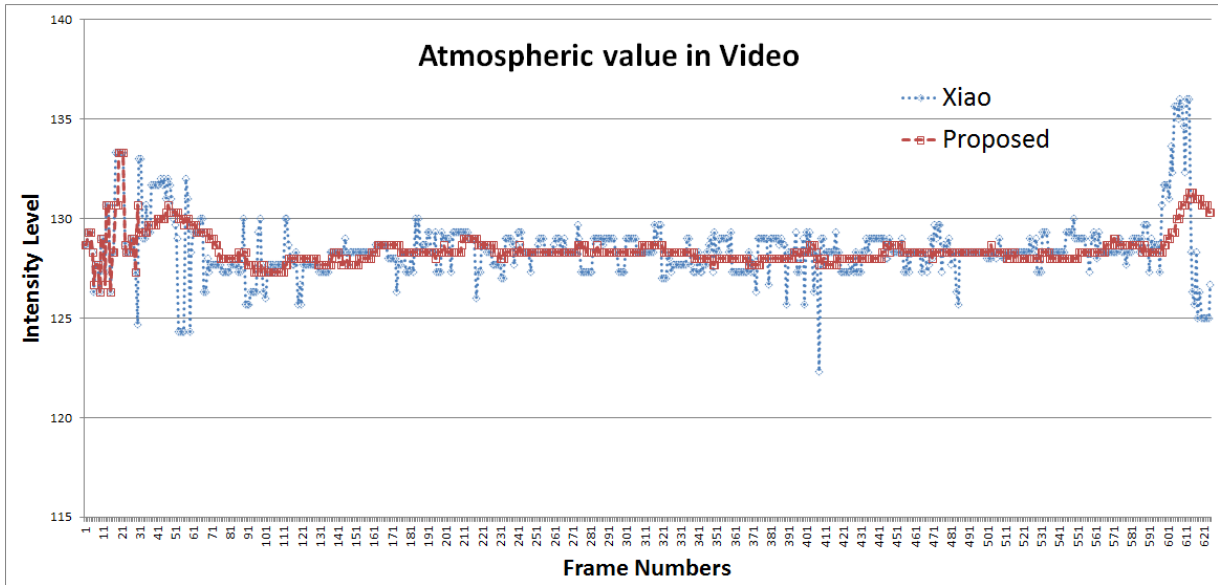


그림 3. 동영상에서의 대기값 변화 비교

Fig. 3. Comparison of the atmospheric light values in a video sequence.

인 경우의 블록만을 계산하여 생성된 값과 이전 프레임에서 동일한 방법으로 계산된 값의 차이에 대한 평균값을 플리커링 스코어로 정의한다. 본 논문에서는 TH 값을 1로 사용하였다. 따라서 플리커링 스코어는 입력영상과 안개제거 영상에 대한 이전프레임과의 Luminance 평균값의 비율을 계산한다. 이렇게 계산된 비율값을 플리커링 스코어 F_s 는 플리커링 정도를 수치적으로 표현한 수식이다^[10].

$$Lum = (R \times 2 + G \times 5 + B \times 1) / 8 \tag{5}$$

$$\{f_t(n) - f_{t-1}(n)\}^2 < TH \tag{6}$$

$$F_s = Avg_{t,n} \frac{|\hat{f}_t(n) - \hat{f}_{t-1}(n)| + \alpha}{|f_t(n) - f_{t-1}(n)| + \alpha} \tag{7}$$

플리커링 스코어 수식은 수식(6)에서 $f_t(n)$ 은 Luminance 영상의 n 번째 블록을 의미하고 t 는 프레임

을 의미하고 \hat{f}_t 은 안개가 제거된 프레임임을 의미한다. 플리커링 스코어의 값이 1일 경우 플리커링 현상이 발생하지 않는 것을 의미하며, 1초과일 경우 발생 빈도가 높은 것을 의미한다. α 는 0으로 나뉘지는 것을 방지하기 위해 작은 수를 사용하였다. 본 논문에서는 α 값은 0.000001을 사용하였다. 그림 4는 비디오에서 프레임마다 플리커링 스코어를 측정된 결과 그래프이다. 원본 입력영상의 플리커링 스코어를 계산한 결과 1에 가깝게 측정되어, 플리커가 거의 없는 것을 의미한다.

본 논문은 평균 대기밝기값 연산하는 프레임의 개수 N 을 30으로 설정하여 실험하였기 때문에, 초기 30프레임

표 1. 프레임별 대기값 및 플리커링 스코어

Table 1. Comparison of the atmospheric value and flickering score for each frame.

Frame No.	Xiao				Proposed			
	대기값			F.	대기값			F.
	R	G	B	Score	R	G	B	Score
52	137	125	125	6.15	138	127	126	4.14
53	126	124	124	6.12	137	127	126	4.11
273	136	126	123	5.13	136	125	124	2.67
274	141	123	125	5.13	137	125	124	2.67
320	137	126	126	5.11	137	125	124	2.62
321	131	126	124	5.11	137	125	124	2.62
503	134	127	123	5.24	136	126	124	2.51
504	138	124	123	5.24	136	126	123	2.51

임에 해당하는 대기값 A 는 해당 프레임에서 각각 계산된 대기값을 사용하여 플리커링 스코어가 상대적으로 높게 측정되었다. Xiao^[9]의 방법에서는 5에 가깝게 수렴하였지만 프레임이 증가할수록 다시 플리커링 스코어가 증가하면서 플리커링 현상이 전혀 제거되지 않은 것을 확인할 수 있었다. 하지만 제안하는 방법인 경우 30프레임 이후부터는 평균 대기값 $A_{i,avg}$ 로 계산하여 플리커링 스코어가 2에 가까운 수치로 수렴하여 플리커링 현상이 현저하게 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 표 1은 그림 2의 프레임에 해당하는 RGB 채널값들과 플리커링 스코어이다.

Xiao^[9]의 방법에 의한 플리커링 스코어가 비교적 높은 5를 나타내므로, 플리커링 현상이 발생하는 것을 알 수 있다. 하지만 제안한 방법에서 플리커링 스코어는 2를 유지하면서 변화의 폭이 적은 특성을 보인다. 따라서 제안하는 방법이 플리커링 현상을 현저하게 줄인 것을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

기존의 안개제거 알고리즘은 대기 밝기값을 추정하는 단계에서 매 프레임마다 각각 계산한 값을 이용하여 안개를 제거하기 때문에 연산량도 많고, 프레임간의 상

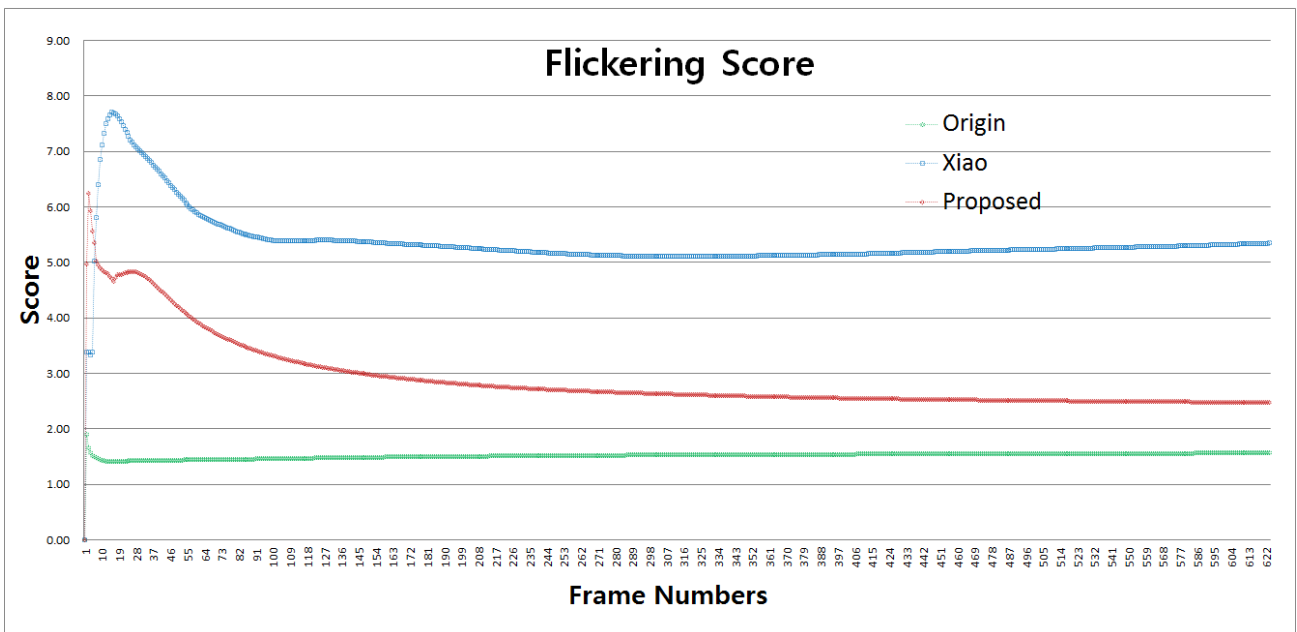


그림 4. 플리커링 스코어 결과 비교

Fig. 4. Comparison result of the flickering score.

관관계가 전혀 고려되지 않은 단점이 존재한다. 실험결과 최종 안개 제거된 동영상에서 매 프레임마다 계산된 대기 밝기값에 민감하게 반응하여 플리커링 현상이 발생한 것을 확인하였다. 따라서, 본 논문에서는 동영상에서의 안개제거 방법에서 프레임간의 상관관계를 고려하여 플리커 현상을 제거하기 위한 새로운 방법을 제안하였다. 제안하는 방법을 플리커링 스코어를 통하여 성능을 평가한 결과, 기존 Xiao^[9]방법의 평균 플리커링 스코어는 5.37로써 비교적 높은 수치를 보이지만, 제안하는 방법은 평균 플리커링 스코어가 2.9로 수치가 낮아짐으로써 45.99%의 성능향상을 보였다. 따라서, 본 논문은 비디오에서 플리커링 현상이 줄어든 효율적인 안개제거 방법을 제안하였다.

REFERENCES

- [1] J.H. Kim, J.Y. Sim and C.S. Kim, "Single image dehazing based on contrast enhancement," 2011 *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing(ICASSP)*, pp. 1273-1276, May 2011.
- [2] J. Zhang, L. Li, Y. Zhang, G. Yang, X. Cao, J. Sun, "Video dehazing with spatial and temporal coherence," *The Visual Computer*, vol. 27, no. 6-8, pp. 749-757, June 2011.
- [3] K. He, J. Sun, and X. Tang, "Single Image Haze Removal Using Dark Channel Prior," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 33, no. 12, pp.2341-2353, December 2011.
- [4] K. Gibson, D. Vo and T. Nguyen, "An Investigation in Dehazing Compressed Images and Video," *Proceedings of IEEE OCEANS Conference (OCEANS'10)*, September 2010.
- [5] Taeha Um and Wonha Kim, "Dehazing in HSI Color Space with Color Correction," *Journal of broadcast engineering*, Vol. 18, No. 2, pp. 140-148, March 2013.
- [6] Hyungjo Park, Dubok Park, and Hanseok Ko, "Novel Defog Algorithm via Evaluation of Local Color Saturation," *Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers* Vol. 51, NO. 3, pp. 585-594, March 2014.
- [7] R. Tan, "Visibility in bad weather from a single image," *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.1-8. June 2008.
- [8] R. Fattal, "Single image dehazing," *ACM Transactions on Graphics*, vol.27, no.3, pp.1-9, August 2008.
- [9] C. Xiao and J. Gan, "Fast image dehazing using guided joint bilateral filter," *The Visual Computer*. Vol 28, no 6-8, pp. 713-721, April 2012.
- [10] J. Yang, J.B. Park, B. Jeon, "Flickering effect reduction for H.264/AVC intra frames," *Proc. SPIE, Multimedia Systems and Applications IX*, vol. 6391, pp. 639104-639104-9, October 2006.

— 저 자 소 개 —



김 용 민(학생회원)
2008년 2월 숭실대학교 물리학과
(학사)
2011년 2월 한양대학교 컴퓨터공
학과(공학석사)
2011년 3월~현재 한양대학교 컴
퓨터공학과 박사과정

<주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전>



최 원 주(정회원)
2009년 2월 연세대학교 전기전자
공학부(학사)
2009년~현재 삼성탈레스 재직
<주관심분야 : FPGA Logic 설계
영상 처리 알고리즘>



이 동 석(정회원)
2008년 2월 인하대학교 컴퓨터공
학부(학사)
2008년~현재 삼성탈레스 재직
<주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터
비전>



문 영 식(정회원)-교신저자
1980년 2월 서울대학교 전자공학
과(공학사)
1982년 2월 한국과학기술원 전기
및 전자공학과(공학석사)
1990년 Ph. D. in Department of
Electrical and computer
Engineering University
of California at Irvine.

박 기 태(정회원)
2000년 2월 한양대학교 전자계산학과(공학사)
2002년 2월 한양대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
2007년 8월 한양대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
2007년~2009년 삼성전자 책임연구원
2009년~2014년 한양대학교 기초융합교육원
조교수
2014년~현재 ETRI 부설연구소
<주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 패턴인식>

1982년~1985년 한국전자통신연구소 연구원
1989년~1990년 Inno Vision Medical 선임연구원
1990년~1992년 생산기술연구소 선임연구원
1992년~현재 한양대학교 컴퓨터공학과 교수
<주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 패턴인식>