

광원 노출도 기반 저조도 영상 시인성 개선

임재문, 허민혁, 이철우, *박태곤, *최진혁, 김창수
 고려대학교, *현대자동차
 {jaemoon, mhheo, chulwoo, cskim}@mcl.korea.ac.kr,
 *{tg.park, jhchoi82}@hyundai.com

Contrast Enhancement of Low-Light Images Using Light Exposure Maps

Jaemoon Lim Minhyeok Heo Chulwoo Lee *Taegon Park *Jinhyeok Choi
 Chang-Su Kim
 Korea University *Hyundai Motor Company

요 약

본 논문에서는 광원 노출도를 이용한 저조도 영상 시인성 개선 기법을 제안한다. 제안 기법은 저조도 영상의 저주파 성분과 고주파 성분을 각각 개선한 뒤 병합하여 시인성이 개선된 영상을 얻는다. 먼저, 영상에서 추출한 광원 노출도를 기반으로 저주파 성분을 저조도 영역과 고조도 영역으로 구분하고, 각 영역의 특징을 반영한 전달 함수의 독립적인 생성 및 적용을 통해 개선된 저주파 성분을 얻는다. 다음으로 저주파 성분의 개선 결과로부터 저주파 성분의 개선 정도와 텍스처 정도를 얻고, 이들 값을 이용하여 고주파 성분을 효과적으로 개선한다. 실험을 통하여 제안 기법이 기존 기법에 비하여 우수한 시인성 개선 결과를 보임을 확인한다.

1. 서론

최근 다양한 제품에서 컴퓨터 비전 기술을 활용한 서비스 개발이 활발히 이루어지고 있으나, 성능이 영상의 화질에 크게 좌우되는 문제로 인해 저조도 영상의 시인성 개선 기술에 대한 요구도 함께 증가하고 있다. 저조도 영상의 시인성 개선 관련 분야에서 최신 기법들 중 하나인 Rivera의 기법[1]은 제한된 환경에서는 우수한 성능을 보이나, 입력 영상에 적응적인 밝기 개선이 어려워 다양한 변수가 존재하는 실제 야간 환경에서는 개선 성능이 떨어지는 문제가 있다.

본 논문에서는 효과적인 개선을 위해 그림 1 과 같이 영상 밝기 성분인 저주파 성분과 영상 텍스처 성분인 고주파 성분을 독립적으로 개선한다. 먼저, 저주파 성분에서 각 영역이 광원에 노출된 정도를 의미하는 광원 노출도를 얻은 뒤, 이를 활용하여 저주파 성분을 개선한다. 다음으로 베버의 법칙 활용을 통해 고주파 성분을 개선한다. 마지막으로 광원 노출도를 이용, 개선 결과를 병합하여 최종 시인성 개선 영상을 얻는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 제안 기법에 대해 살펴보고, 3 절에서는 제안 기법의 성능을 실험을 통해 확인한다. 마지막으로 4 절에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 제안하는 기법

이 논문은 2014 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No.2009-0083495) 및 2015 년도 현대자동차의 지원을 받아 수행된 연구임.

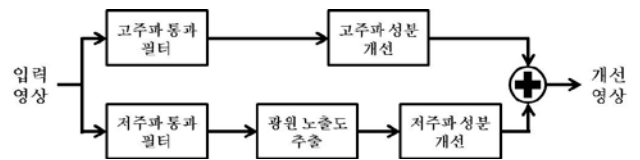


그림 1. 제안하는 기법의 흐름도

2.1 광원 노출도 계산

He의 기법[2]에서 제안된 dark channel prior (DCP)는 안개 제거 분야의 대표적인 광원 노출도 계산 방법으로, 비안개 영역은 RGB 채널 중 적어도 한 채널에서는 낮은 값을 가짐을 의미한다. 제안 기법에서는 저조도 영상에 DCP를 아래와 같이 적용하여 저주파 성분 내 각 영역의 광원 노출도를 계산한다.

$$L(\mathbf{x}) = 1 - \frac{\min_{y \in \mathcal{N}_x} \min_{i \in \{r, g, b\}} \bar{I}_i(\mathbf{y})}{255} \quad (1)$$

여기서 $L(\mathbf{x})$ 는 화소 \mathbf{x} 의 광원 노출도, $\bar{I}_i(\mathbf{x})$ 는 반전된 저주파 성분에서 화소 \mathbf{x} 의 i 번째 색상 채널 값, \mathcal{N}_x 는 화소 \mathbf{x} 의 주변 영역을 의미한다. (1)을 통해 추출된 광원 노출도에는 블로킹 현상이 발생한다는 문제가 있어, 추가적으로 가우시안 필터링을 적용하여 블로킹 현상이 완화된 최종 광원 노출도를 얻는다.

2.2 저주파 성분 개선

효과적인 저주파 개선을 위해 광원 노출도를 통해 영상의 밝은 정도를 의미하는 명도와 어두운 정도를 의미하는 암도를 얻는다. 명도는 광원 노출도와 같으며, 암도는 명도를 반전하여



그림 2. 명도 및 암도 추출 결과: (a) 입력 영상, (b) 명도, (c) 암도

연는다. 그림 2(a)는 입력 영상, 그림 2(b)는 명도, 그림 2(c)는 암도를 도시한다.

기존의 대조비 기반 밝기 개선 기법은 영상의 밝기 분포 분석에 사용되는 밝기 히스토그램 생성 시 각 화소에서 동일한 가중치를 사용한다. 이와 달리 제안 기법에서는 저조도 영역의 개선에는 암도를 가중치로 사용하고, 고조도 영역의 개선에는 명도를 가중치로 사용한다. 이렇게 얻은 각 밝기 히스토그램에 Lee 의 기법 [3] 적용을 통해 전달 함수를 얻고, 이들을 저주파 성분과 각각 독립적으로 적용하여 저조도 영역과 고조도 영역 중심의 개선 결과를 얻는다. 마지막으로 앞에서 얻은 명도와 암도 기반 개선 결과를 각각 명도와 암도를 가중치로 사용하여 병합함으로써 개선된 저주파 성분을 얻는다.

2.3 고주파 성분 개선

베버의 법칙은 영상 처리 분야에서 저주파 성분과 고주파 성분간의 비율을 통해 인식의 크기를 얻는데 활용될 수 있다. 제안 기법은 이를 이용, 아래와 같이 고주파 성분을 개선한다.

$$d_{aft} = \beta \cdot \frac{b_{bef}^T b_{aft}}{b_{bef}^T b_{bef}} \cdot d_{bef} \quad (2)$$

여기서 b_{bef} 와 b_{aft} 는 각각 개선 전·후의 저주파 성분 블록, d_{bef} 와 d_{aft} 는 각각 개선 전·후의 고주파 성분 블록을 의미한다. 지역적 증폭 계수 β 는 각 블록 단위로 생성한 정규화된 밝기 히스토그램의 엔트로피를 활용하여 아래와 같이 얻는다.

$$\beta = 1 + \frac{1}{Z} \sum_{i=0}^{255} h_i \log_2 \frac{1}{h_i} \quad (3)$$

여기서 h_i 는 정규화된 히스토그램에서 밝기 값 i 에 해당하는 값, Z 는 정규화 상수를 의미한다. (2)를 통해 고주파 성분이 개선 되는 정도는 저주파 성분의 개선 정도와 영상의 텍스처 정도에 비례하게 된다. 개선된 저주파 성분과 고주파 성분을 병합하여 최종 시인성 개선 영상을 얻는다.

3. 실험 결과

본 실험에서는 기존 기법과의 비교를 위해 비교 기법으로 저조도 영상 화질 개선 분야 최신 기법인 Rivera 의 기법 [1]을 사용하였다.

그림 3(a)는 입력 영상, 그림 3(b)는 Rivera 의 기법 [1]의 결과 영상, 그림 3(c)는 제안 기법의 결과 영상을 도시한다. 첫 번째와 두 번째 행의 결과로부터 확인할 수 있듯이, 조명으로 인해 고조도 영역과 저조도 영역의 구분이 명확한 영상의 경우 제안 기법이 기존 기법 대비 우수한 개선 효과를 보인다. 이는 기존 기법의 경우 밝기 개선을 위한 전달 함수 생성 시 영상의

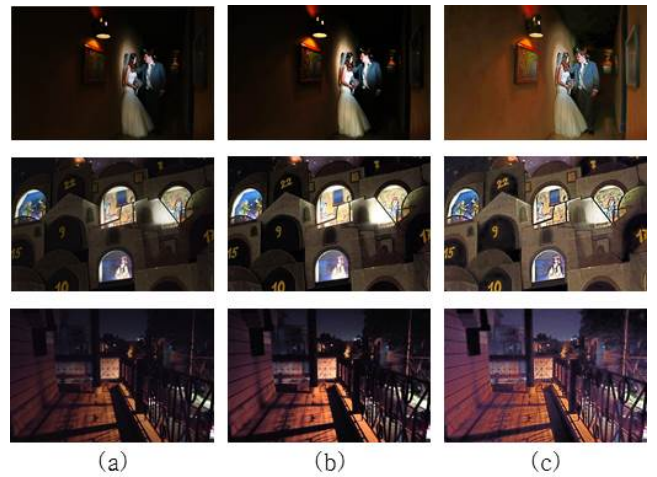


그림 3. 기존 알고리즘과의 결과 비교: (a) 입력 영상, (b) Rivera 의 기법, (c) 제안 기법

특성에 대한 고려 없이 실험으로 얻은 변수를 그대로 사용하기 때문이다. 이와 달리 제안 기법에서는 고조도 및 저조도 각 영역의 특징에 대한 독립적인 분석을 통해 전달 함수를 얻고, 이를 각각 적용하여 밝기를 개선함으로써 시인성 개선 효과가 극대화된다. 또한 마지막 행의 결과에서 알 수 있듯이, 영상이 전체적으로 어두운 경우에 대해서도 제안 기법이 기존 기법에 비해 향상된 개선 성능을 보인다. 이를 통해 제안된 전달 함수 생성 기법의 우수함을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 광원 노출도를 이용한 저조도 영상 시인성 개선 기법을 제안하였다. 먼저, 저조도 영상에서 추출한 광원 노출도로 명도와 암도를 얻고, 이들의 활용을 통해 효과적으로 저주파 성분을 개선하였다. 다음으로 저주파 성분 개선 정도와 영상의 텍스처 정도를 계산하고, 이를 이용하여 고주파 성분의 개선 효과를 극대화하였다. 마지막으로 개선된 저주파 성분과 고주파 성분을 병합함으로써 최적의 시인성 개선 결과를 얻을 수 있었다. 실험을 통해 제안 기법이 저조도 영상 화질 개선 분야의 최신 기법 대비 우수한 성능을 보임을 확인하였다.

5. 참고 문헌

[1] A. R. Rivera, B. Ryu, and O. Chae, "Content-aware dark image enhancement through channel division," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 21, no. 9, pp. 3967-3980, Sep. 2012.

[2] K. He, J. Sun, and X. Tang, "Single image haze removal using dark channel prior," in *Proc. IEEE CVPR*, Jun. 2009, pp. 1956-1963.

[3] C. Lee, C. Lee, Y.-Y. Lee, and C.-S. Kim, "Power-constrained contrast enhancement for emissive displays based on histogram equalization," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 21, no. 1, pp. 80-3, Jan. 2012.