

잡음이 있는 저조도 동영상의 고속 시인성 개선

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

Fast Contrast Enhancement of Noisy Low-Light Video

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

요 약

본 논문에서는 잡음이 있는 저조도 동영상의 고속 시인성 개선 기법을 제안한다. 먼저, 영상에서 고속 추출한 광도를 기반으로 입력 영상을 저조도 영역과 고조도 영역으로 구분한 뒤, 각 영역의 특징을 반영한 전달 함수의 독립적인 생성 및 적용을 통해 영상의 밝기를 개선한다. 다음으로 동영상의 풍부한 시공간적 정보 활용 극대화를 통해 효율적으로 영상의 잡음을 제거한다. 마지막으로 영상의 색상 분포 분석을 통해 매핑 함수를 생성하고, 이를 적용하여 색상 치우침 문제가 있는 저조도 영상의 색상을 효과적으로 복원한다. 실험을 통하여 제안 기법이 기존 기법 대비 우수한 시인성 개선 및 속도 개선 결과를 보임을 확인한다.

1. 서론

최근 영상 취득 장치의 발전으로 다양한 제품에서 카메라 탑재를 통한 새로운 서비스 개발이 활발히 시도 되고 있으나, 이들 서비스는 고화질의 영상에 대해서만 안정적이고, 저조도와 같은 열악한 실제 환경에서는 정확도가 낮다. 이를 극복하고자 다양한 저조도 영상 시인성 개선 기법들이 개발 되었으나 높은 복잡도 문제로 인해 실제 적용이 이루어지지 못하고 있다.

본 논문에서는 먼저 전처리 과정을 통해 잡음 제거 성능을 크게 저하시키는 임펄스 잡음을 효과적으로 제거한다. 다음으로 영상 각 영역이 받는 광원의 세기를 의미하는 광도를 고속으로 추출하고, 광도를 이용하여 영상의 지역적 특성이 고려된 밝기 개선 영상을 얻는다. 또한 동영상에 가지는 장점 활용 극대화를 통해 효율적으로 영상의 잡음을 제거한다. 마지막으로 저조도 영상의 색상 불균형 문제 해소를 위해 백색 평형 복원 기법을 활용하여 색상을 효과적으로 복원한다.

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

2.1 전처리

임펄스 잡음은 유사 블록 검색 기법의 정확도를 크게 낮춰, 잡음 제거 성능을 매우 저하시킨다. 제안 기법은 이를 극복하기 위하여 영상 피라미드의 각 계층에 중앙값 필터링을 적용하여 다양한 크기의 임펄스 잡음을 효과적으로 제거한다.

2.2 광도 기반의 밝기 개선

제안 기법에서는 영상에서 추출한 광도를 이용하여 저조도 영역과 고조도 영역을 독립적으로 개선함으로써 최적의 밝기 개선 효과를 얻는다. Dark channel prior [2]는 대표적인 광도 추출 방법으로 영상의 밝기와 지역적 정보를 동시에 활용하여 정확한 광도 추정 성능을 보이나, 추정 과정에서 화소와 블록 단위의 정렬 연산 사용으로 인해 복잡도가 높다는 문제가 있다.

제안 기법은 아래의 광도 추출 기법을 통해 영상의 광도를 고속으로 계산한다.

$$S(\mathbf{x}) = \left(1 - \frac{I(\mathbf{x})}{255}\right)^3 \quad (1)$$

여기에서 $S(\mathbf{x})$ 는 화소 \mathbf{x} 의 광도, $I(\mathbf{x})$ 는 화소 \mathbf{x} 의 밝기 값을 의미한다. 하지만 (1)로 추출된 광도는 밝기 정보만이 활용되어 정확도가 떨어진다는 문제가 있다. 따라서 추가적인 가우시안 필터링 수행을 통해 개선된 광도를 얻는다. 다음으로 광도를 통해 영상의 밝은 정도와 어두운 정도를 계산한다. 밝은 정도는 광도와 동일하며, 어두운 정도는 광도를 반전하여 얻는다.

모든 화소에서 동일한 가중치를 사용하는 일반적인 밝기 히스토그램 생성 기법과 달리, 제안 기법은 밝은 정도와 어두운 정도를 가중치로 사용함으로써 저조도와 고조도 영역의 특징이 독립적으로 반영된 히스토그램을 얻게 된다. 다음으로 취득한

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. 제안 기법의 각 과정별 결과: (a) 입력 영상, (b) 밝기 개선 결과, (c) 잡음 제거 결과 (d) 색상 복원 결과

히스토그램을 누적 및 정규화한 뒤, 항등 함수와의 평균을 통해 일대일 대응이면서 단조 증가인 전달 함수를 생성한다. 생성된 전달 함수를 적용한 개선 결과들을 밝은 정도와 어두운 정도를 이용, 가중 합하여 개선 영상을 얻는다. 그림 1(b)는 밝기 개선 기법을 적용한 결과 영상을 도시한다.

2.3 시공간적 잡음 제거

제안 기법에서는 잡음 제거를 위해 비국소적 평균(non-local means) 기법 [3]을 활용한다. 비국소적 평균 기법에서는 먼저 영상 전체에서 영상 내 각 블록과 유사한 블록들을 찾고, 이들간의 유사도를 계산한다. 다음으로 앞에서 얻은 유사도를 이용, 유사 블록들을 가중 합하여 잡음이 제거된 영상을 얻는다. 비국소적 평균 기법은 성능이 우수하지만 복잡도가 매우 높다.

제안 기법은 인접 프레임들간의 높은 유사성을 활용, 유사 블록 검색의 범위를 주변 영역으로 국한한다. 또한 유사 블록 검색 시, 복잡도가 높은 전역 검색 기법(full search)이 아닌, 3 단계 검색 기법(three-step search) [4]을 적용, 복잡도를 최소화한다. 그림 1(c)는 잡음이 제거된 영상을 도시한다.

2.4 색상 복원

저조도 영상의 색상 불균형 해소를 위해 제안 기법은 백색 평형 복원 기법을 활용한다. Gray-world 가정[5]은 영상에 적응적인 백색 평형 복원에 사용되는 주요 가정으로, 이상적인 영상의 경우 RGB 채널의 평균 색상이 무채색임을 의미한다.

제안 기법에서는 Gray-world 가정을 활용한 아래의 식을 통해 영상의 색상 복원을 위한 색상 매핑 함수 c^j 를 얻는다.

$$c_i^j = \min \left\{ \left(\frac{128}{\mu_j} \right) i, 255 \right\}, \quad j \in \{r, g, b\} \quad (2)$$

여기서 i 는 밝기 값, c_i^j 는 j 번째 색상 채널의 밝기 값 i 의 매핑 값, μ_j 는 j 번째 색상 채널의 평균을 의미한다. 이렇게 얻은 색상 매핑 함수를 밝기 개선에서와 동일하게 항등 함수와 평균하여 최종 색상 매핑 함수를 얻고, 이를 적용하여 색상을 복원한다. 그림 1(d)는 색상 복원 기법을 적용한 결과 영상을 도시한다.

3. 실험 결과

본 실험에서는 성능 비교를 위해 저조도 영상 시인성 개선 및 잡음 제거 분야 최신 기법인 Rivera의 기법 [1]과 Dabov의 기법 [6]을 조합하여 비교 기법을 구성하였다.

그림 2(a)는 입력 영상, 그림 2(b)와 (c)는 각각 비교 기법 및 제안 기법의 결과 영상을 도시한다. 결과에서 알 수 있듯이, 두 영상 모두에 대해 제안 기법이 기존 기법 대비 우수한 밝기 개선 결과를 보인다. 이는 기존 기법이 실험적으로 얻은 변수를 그대로 사용하여 전달 함수를 생성하는 반면, 제안 기법은 입력 영상에 적응적인 전달 함수 생성이 가능해 다양한 영상에서도 높은 개선 성능이 유지되기 때문이다.



그림 2. 비교 기법과의 개선 성능 비교: (a) 입력 영상, (b) 비교 기법, (c) 제안 기법

제안 기법의 속도 개선 효과 분석을 위해 본 실험에서는 임베디드 환경에서 640×360 크기 동영상에 시인성 개선 기법을 적용하였다. 기존 기법의 경우 평균적으로 4.31s 가 소요되는 반면, 제안 기법의 경우 0.10s 가 소요되었다. 이를 통해 제안 기법이 성능과 속도 모든 면에서 우수함을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 잡음이 있는 저조도 동영상의 고속 시인성 개선 기법을 제안하였다. 먼저, 영상에서 고속 추출한 광도를 활용해 효과적으로 밝기를 개선하였다. 다음으로 동영상이 가진 장점을 극대화하여 효율적으로 잡음을 제거하였다. 마지막으로 색상 매핑 함수의 생성 및 적용을 통해 저조도 영상의 색상을 효과적으로 복원하였다. 실험을 통해 제안 기법이 기존 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] A. Buades, B. Coll, and J.-M. Morel, "Nonlocal image and movie denoising," *Int. J. Comput. Vis.*, vol. 76, no. 2, pp. 123–139, Feb. 2008.
- [4] T. Koga, "Motion-compensated interframe coding for video conferencing." In *Proc. NTC*, 1981
- [5] G. Buchsbaum, "A spatial processor model for object colour perception." *J. of the Franklin inst.*, vol. 310, no. 1, pp. 1–26, Jul. 1980.
- [6] K. Dabov, A. Foi, V. Katkovnik, and K. Egiazarian, "Image denoising by sparse 3-D transform-domain collaborative filtering," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 16, no. 8, pp. 2080–2095, Aug. 2007.