

두 장의 LDR 영상을 이용한 HDR 영상 취득 기법

박태장, 박인규

인하대학교 정보공학과

taejang.park@gmail.com, pik@inha.ac.kr

Acquisition of HDR Image Using Two LDR Images

Tae Jang Park, In Kyu Park

School of Information Engineering, Inha University

요약

기존의 HDR (high dynamic range) 영상취득 기법은 한 장의 HDR 영상을 얻기 위해 여러 장의 LDR (low dynamic range) 영상을 취득하기 때문에 영상 취득에 많은 시간이 소요된다. 본 논문에서는 이런 단점을 보완하기 위해 두 장의 LDR 영상을 이용하여 평균 밝기 값에 대한 노출 곡선을 추정한다. 그리고 추정된 노출곡선을 이용하여 밝은 영상과 어두운 영상 각각의 최적의 노출 시간을 취득하는 기법을 제안한다.

1. 서론

디지털 카메라를 이용하여 HDR 영상을 얻기 위해서는 노출이 다른 여러 장의 LDR 영상을 합성한다[1][2]. WDR 기법은 노출시간이 다른 두 장의 영상을 취득하여 어두운 영상에서는 밝은 부분, 밝은 영상에서는 어두운 부분을 합성한다 [5]. 그러나 이 방법들은 입력영상의 취득에 많은 시간이 소요되거나 취득될 영상의 노출시간의 기준이 없다. 따라서 본 연구에서는 장면의 밝기 범위에 따라 최적의 노출 값을 가진 두 장의 영상을 취득할 수 있는 알고리즘을 제안한다

2. 평균 화소 값에 따른 노출 곡선

2.1 노출 값에 따른 화소

어떤 정적인 장면의 노출 값 t_1 에 의하여 취득한 첫 번째 영상과 노출 값 $t_2 = t_1 K$ 의 두 번째 영상을 취득한다. 여기서 노출 값 t_i 에 의하여 취득한 영상의 j 번째 화소 값을 P_{ij} 라 하자. 장면은 정적이므로 E_j 는 일정하고 화소 값은 오직 셔터 스피드의 영향을 받는다. 따라서 그림 1에서 첫 번째 영상의 임의의 점(붉은색)의 화소와 두 번째 영상에서 같은 위치의(녹색)점의 화소의 관계는 식 (1)와 같다[4].

$$P_{1j} = KP_{2j} \quad (1)$$

그러나 카메라에서 영상을 취득할 때 발생하는 잡음 N_{ij} 때문에 P_{1j} 은 두 번째 영상에서 항상 P_{2j} 의 값을 가지지는 않는다. 또한 f 가 비선형 함수로 단조 증가 함수라 가정하면 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$K + N = \sum_{i=0}^M c_i p^i \quad (2)$$

여기서 N 은 CCD 센서의 잡음으로 평균 0, 분산 σ^2 의 가우시안 모델링으로 i.i.d 하다고 가정하면[3] 첫 번째 영상의 화소 값에서 두 번째 영상으로 대응되는 화소값들의 잡음은 식 (3)에 의하여 얻어진다.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{M}, \sigma_N^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i - \mu)^2}{2(M-1)}, \text{var}[\hat{\sigma}_N^2] = \frac{2(\sigma_N^2)^2}{(M-1)} \quad (3)$$

2.2 반응 곡선

카메라의 반응함수에 의해 매핑된 화소와 노출 값의 관계인 식(2)를 다항식으로 표현하면

$$T_i = a_0 + a_1 p_i + a_2 p_i^2 + a_3 p_i^3 + \dots + a_n p_i^n \quad (4)$$

이고 최적의 계수를 구하기 위해 식 (5)의 최소근사제곱 알고리즘을 적용하여 그림 2의 노출 비율에 따른 반응 곡선을 얻는다.

$$\chi^2 = \left[\frac{\sum_{k=0}^{M-1} a_k X_k(x_i)}{\sigma_i} \right] \quad (5)$$

3 노출 곡선을 이용한 셔터 스피드 추정

일반적으로 노출 값이 다른 영상의 히스토그램은 전체 모양은 거의 비슷한 형태를 가지며 평균 화소 값만 바뀐다. 따라서 첫 번째 영상의 최대 화소 값(P_{\max})이 255보다 작으면 히스토그램을 $255 - P_{\max}$ 만큼 오른쪽

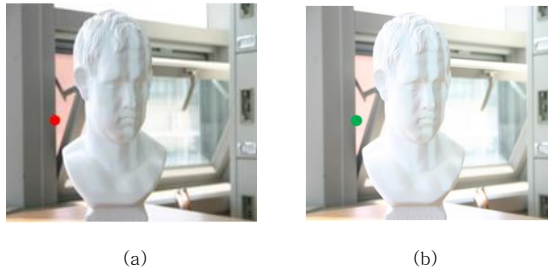


그림 1. 노출이 다른 2장의 LDR 영상. (a) 기준 영상 (b) 기준 영상보다 k 배 밝은 영상

으로 이동시킨 후 평균 밝기 값(μ_{high})을 구한다. 밝은 영상의 평균 밝기는 높은 화소에 분포하므로 μ_{high} 보다 큰 화소들의 평균 밝기 값(H_{high})을 식 (7)에 적용하여 밝은 영상의 셔터 스피드를 구한다. 이와 같은 방법으로 어두운 영상의 셔터 스피드를 추정한다.

$$R_{high} = \frac{f(H_{high})}{f(\mu)} \quad R_{low} = \frac{f(L_{low})}{f(\mu)} \quad (7)$$

$$SS_{high} = R_{high} * SS_s \quad SS_{low} = R_{low} * SS_s$$

여기서 SS_s 와 μ 는 각각 첫 번째 영상의 셔터 스피드, 평균 밝기 값이다.

4. 실험 결과

본 논문에서는 기존의 HDR 영상 취득기법[2]과 제안하는 알고리즘으로 구한 HDR영상을 비교하였다. 셔터 스피드가 다른 19장의 입력 영상(그림 3)을 이용하여 [2]의 방법으로 취득한 HDR 영상을 참값으로 생각한다. 그림 4는 제안한 알고리즘에 의해 생성한 HDR 영상이 참값과 거의 유사함을 보여주고 있다. 두 장의 LDR 영상 취득의 정확도를 평가하기 위해 노출이 다른 모든 조합의 두 장의 영상들로 만든 HDR 영상과 참값과의 차에 의한 PSNR을 비교하였으며 그 결과를 그림 5에 제시하였다. 실험 결과에서 보듯이 제안된 방법의 PSNR은 모든 조합들 중 최상위에 위치함을 알 수 있고 이는 제안하는 알고리즘이 전역 탐색에 의한 최적의 해를 근사하는 해를 도출함을 알 수 있다.

5. 결론

기존의 HDR 알고리즘은 입력 영상을 취득하기 위해 많은 시간이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 각 장면 밝기 값에 적합한 두 장의 노출 값을 찾아 기존의 HDR 영상과 거의 비슷한 HDR 영상을 얻은 결과를 보였다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2010-0027514). 본 연구는 지식경제부 및 정보통신 산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2010-(C1090-1011-0003)).

Reference

[1] P. Debevec and J. Malik, "Recovering high dyna-

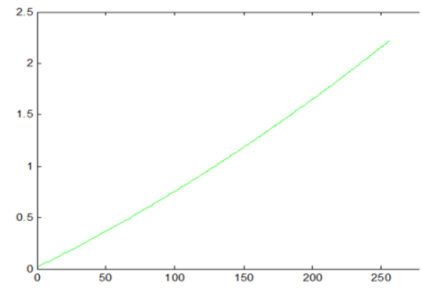


그림 2. 노출 비율에 대한 반응 곡선



그림 3. 19장의 입력 영상



(a) (b)
그림 4. (a) 기존 방법 [2], (b) 제안된 방법

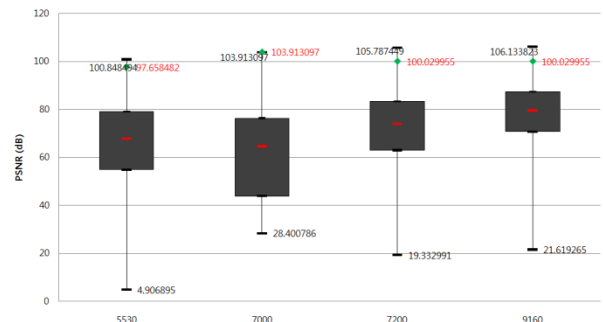


그림 5. 그림 3의 19장 입력 영상의 HDR 영상과 모든 조합의 두 장의 입력영상의 HDR 영상간의 PSNR

mic range radiance maps from photographs," *Proc. of SIGGRAPH*, pp. 369-378, August 1997.

[2] M. A. Robertson, S. Borman, and L. Stevenson, "Dynamic range improvement through multiple exposures," *Proc. IEEE ICIP*, pp. 159-163, 1999.

[3] G. Healey and R. Kondepudy, "Radiometric CCD camera calibration and noise estimation," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. 16, no. 3, March 1994.

[4] S. Mann and R. W. Picard, "Being 'undigital' with digital cameras: Extending dynamic range by combining differently exposed pictures," *Proc. of IS&T Annual Conference*, pp. 422-428, May 1995.

[5] 삼성테크윈(주), "광역 역광보정 영상처리에서의 전처리 방법 및 장치," 대한민국특허 출원번호 10-2008-0037837, 2008년 04월.