

# 노출 시간이 다른 두 HDR 영상의 융합 기법

김진현<sup>†</sup>

## 요약

본 논문에서는 노출 시간을 달리해 촬영한 두 장의 HDR 사진을 LCD, CRT 같은 LDR 장치에 출력할 수 있도록 융합하는 알고리즘에 대해 기술하였다. 제안된 기법은 레이디언스 맵을 만들지 않고 직접 입력 영상에 대해 계산된 가중치를 이용해 융합한다. 가중치는 처음에는 화소 단위로 만들어져 추후 가우시안 함수로 혼합된다. 이러한 작업은 급격한 가중치 변화로 발생할 수 있는 스파클 잡음을 방지하고 두 영상 정보의 연결 부분을 부드럽게 만드는데 기여한다. 색상 정보의 융합은 RGB와 이들의 평균값과의 차이를 이용해 두 영상의 색차 정보를 가중평균하여 이루어진다. 본 알고리즘은 두 원본 영상에서 포화되지 않은 부분을 잘 표현하고 포화, 불포화 영역간의 연결이 부드러운 특징이 있다. 제안된 기법은 2장의 사진만을 사용하고 영상에 따라 자동으로 내부 인자를 조절하기 때문에 향후 이중 노출이나 이중 센서 셀을 이용한 HDR 카메라에 내장하여 자동화 처리가 가능한 장점이 있다.

## An Image Merging Method for Two High Dynamic Range Images of Different Exposure

Jin Heon Kim<sup>†</sup>

## ABSTRACT

This paper describes an algorithm which merges two HDR pictures taken under different exposure time to display on the LDR devices such as LCD or CRT. The proposed method does not generate the radiance map, but directly merges using the weights computed from the input images. The weights are firstly produced on the pixel basis, and then blended with a Gaussian function. This process prevents some possible sparkle noises caused by radical change of the weights and contributes to smooth connection between 2 image informations. The chrominance informations of the images are merged on the weighted averaging scheme using the deviations of RGB average and their differences. The algorithm is characterized by the feature that it represents well the unsaturated area of 2 original images and the connection of the image information is smooth. The proposed method uses only 2 input images and automatically tunes the whole internal process according to them, thus autonomous operation is possible when it is included in HDR cameras which use double shuttering scheme or double sensor cells.

**Key words:** Wide Dynamic Range(광 생동폭), High Dynamic Range(고 생동폭), Image Merging(영상 병합)

## 1. 서론

실생활에 존재하는 조도의 범위는 106:1에 걸쳐 분포하는 것으로 알려져 있다. 반면 그러한 영상을

취득하는 CCD, CMOS 센서는 이보다 훨씬 좁은 생동폭(dynamic range)을 가지고 있다. HDR(High Dynamic Range) 영상 정보를 취득하는 방법으로 손쉬운 기법 중의 하나는 같은 장면을 노출 시간을 달

\* 교신저자(Corresponding Author) : 김진현, 주소 : 서울시 성북구 정릉동 16-1(136-704), 전화 : 02)940-7294, FAX: 02)6280-7294, E-mail : jinheon@skuniv.ac.kr

접수일 : 2009년 10월 8일, 수정일 : 2009년 12월 7일  
완료일 : 2009년 12월 29일

<sup>†</sup> 정회원, 서경대학교 컴퓨터공학과

리하여 여러 번 촬영하는 것이다[1]. 노출 시간을 적게 주어 촬영한 단노광(短露光) 영상은 높은 조도를 가진 영역의 정보를 담게 되고 노출 시간을 많이 주어 촬영한 장노광(張露光) 영상은 그보다 낮은 조도를 가진 영역의 정보를 담게 된다. 이렇게 넓은 범위의 조도 영역에 걸친 HDR 영상 정보를 레이디언스 맵(radiance map)이라고 하며 이 HDR 영상 정보를 LCD나 CRT 장치에 출력하기 위해 LDR(Low Dynamic Range) 영상 정보로 압축하는 과정을 톤 매핑(tone mapping)이라 한다. 이 기법은 크게 대조화소만으로 출력 계조치를 산출해내는 전역적 처리 방식의 TRC(Tone Reproduction Curve)와 주위 화소의 계조치를 감안하여 출력 계조치를 산출해내는 지역적 처리 방식의 TMO(Tone Mapping Operators)로 나뉜다[2]. 전체적으로 보아 TRC는 계산이 단순한 반면 출력 영상의 대조비가 약한 단점이 있고 TMO 기법은 대조비는 좋으나 계산이 복잡하고 후광 효과(halo effect)[3]가 발생할 가능성이 있다.

톤 매핑 방법의 가장 기본적인 것은 감마나 로그 함수를 사용하는 것이다. 이 같은 처리는 강한 휘도 일수록 그만큼 약하게 인지하게 하는 눈의 작용과 유사해서[4] 결과가 자연스러운 장점이 있으나 휘도의 압축 과정에서 일어나는 계조 변화의 감쇄 때문에 에지의 감쇄와 함께 대조비가 약화되는 단점이 있다. 이러한 단점을 개선하기 위해 저주파 영상만 휘도 압축을 행하고 에지 정보가 있는 고주파 영상에 대해서는 압축을 하지 않는 방안이 제시되었다[5]. 그러나 이는 저주파 영상을 구하는 과정에서 후광 효과가 나타나는 문제가 있다. 이후 저주파 영상을 바이래트럴 필터(bilateral filter)로 구현하여 영상의 경계를 선명하게 만들어 이를 개선하는 방안이 제안되기도 하였다[3]. 이것은 TRC 기법의 한계를 고주파 영상으로 보완하고자 하는 시도로 볼 수 있다. 한편 사람의 시각 응답이 국부적 변화에 민감하다는 사실을 기반으로 입력 영상의 로그 압축의 미분에 감쇄를 주어 이를 적분하여 영상을 복원함으로써 고조도 부분과 저조도 부분의 그레이디언트(gradient)가 적절하게 표현되도록 하는 그레이디언트 기법[6,7]이 있다. 그러나 이 방식은 복잡한 연산을 수반하기 때문에 향후 실시간 처리에 불리한 단점이 있다[8].

최근 들어 레이디언스 맵을 구하는 과정을 거치지

않고 바로 다수의 영상에서 적절한 영상 정보를 골라내어 이를 융합하는 방법이 소개되고 있다. 이 방법은 수학, 과학적인 근거는 취약하지만 실제 만들어진 영상은 톤 매핑보다 더욱 사실적인 영상을 만들어 내는 특징이 있다[9]. 이러한 접근법으로 보편화된 것은 입력 영상을 여러 개의 블록으로 나누어 각 블록에서 가장 영상 정보를 많이 담고 있는 블록을 찾아 영상을 재구성하는 것이다[8,10-13]. 그러나 이 방법은 블록 선택의 기준 요소를 잘못 결정하면 성능이 떨어질 수 있고 다수의 노출 영상이 필요하기 때문에 2개의 입력 영상에 적용하기에는 적합하지 않다. 한편 HDR 영상 제작에 많이 활용되고 있는 상업용 프로그램인 easyHDR[9]은 기존의 톤 매핑보다 우수한 영상 품질을 보여 주는 'smart merge'라는 자체 알고리즘을 통해 2개 이상의 영상을 융합할 수 있는 기능을 제공하고 있다. 그러나 이 프로그램은 좋은 품질의 영상을 얻기 위해 프로그램 내부의 강도(strength)와 평탄도(smoothness)라 불리는 인자를 사용자가 영상 결과를 보고 시행착오 방식으로 조정해야 하기 때문에 본 연구에서 목표로 하는 자동화 처리에는 적용이 어려운 단점이 있다.

본 논문에서는 이와 같이 레이디언스 맵을 만들지 않고도 2개의 입력 영상 정보를 융합하여 LDR 영상 정보로 만들어내는 기법에 대해 소개하고자 한다. 입력 영상을 2개로 제한하고자 하는 이유는 이런 제한 조건을 가진 알고리즘이 크기가 다른 두 개의 센서 셀이 활용된 HDR 카메라와 이중 노출에 의한 HDR 카메라의 응용에 유리하게 쓰일 수 있기 때문이다. 카메라의 응용을 위해서는 영상 융합을 자동화 처리해야 하기 때문에 취득된 영상 정보에 따라 내부 제어 인자를 자동으로 설정하도록 하였다. 제안된 기법은 영상 융합을 휘도와 색도 평면상의 두 입력영상에 대한 화소단위의 가중평균으로 수행한다. 화소 단위의 가중평균은 포화 영역의 경계 상에서 휘도 역전 현상이 일어날 수 있기 때문에 이 가중치를 가우시안(Gaussian) 함수를 이용해 주변으로 확산하여 자연스러운 전이가 일어나도록 하였다. 색도 평면상의 융합은 색차 성분의 편차의 가중평균으로 이루어진다. 본 논문의 II 절에서는 휘도 정보의 융합 기법을 소개하고 III 절에서는 색상 정보의 융합 기법을 설명한다. IV 절에서는 실험 결과를 보이고 V 절에서 결론을 맺기로 한다.

## 2. 휘도 정보의 융합 기법

두 영상의 융합은 휘도와 색도 평면으로 나누어 진행한다. 휘도는 RGB 화소의 휘도 정보에의 기여도를 가중평균으로 산출하였고 색도는 R, B 화소와 휘도와의 차이를 활용하였다. 2회의 촬영 중에서 장노광 영상  $I_L$ 은 장면의 저조도 부분의 영상 정보를 취득하며 단노광 영상  $I_S$ 는 같은 장면의 고조도 부분의 영상 정보를 취득하는 역할을 담당한다. 본 논문에서 제안하는 기법의 발상은 포화가 일어난 영역의 영상 정보는 서로 상대편의 해당 영역에서 취득하자는데서 출발한다. 이를 위해 가중평균으로 융합을 하되  $I_L$ 의 경우에는 255로 포화된 곳에서의 가중치를 최소로 하고, 반대로  $I_S$ 에 대해서는 화소가 0의 값을 가질 때 가중치를 최소로 한다. 그 중간 단계의 가중치는 입력 영상의 계조 평균을 참조하여 계조의 가중치를 조정하였다.

그림 1에 휘도 융합 기법의 절차도를 보였다. 전반적인 처리 절차를 살펴보면 본 알고리즘은 두 입력 영상의 동일한 위치의 화소마다 계조 정보를 기반으로 가중치를 구하고 이를 기반으로 가중평균으로 융합하는 절차를 거친다. 이때 각 가중치는 주변 화소의 가중치와 가우시안 함수로 혼합되어 잡음을 방지하고 두 영상 정보의 부드러운 혼합을 도모한다. 각 단계별 상세 처리 과정은 다음과 같다.

(1) 화소별 가중치의 연산: 입력된 영상 데이터는 각각 함수  $T_S, T_L$ 을 이용해 범위 [0 1]의 가중치로 변환한다. 변환 함수는 그림 2에 보인 바와 같다. 단노광 영상의 변환 함수  $T_S$ (그림 2a)로 TS0을 사용하

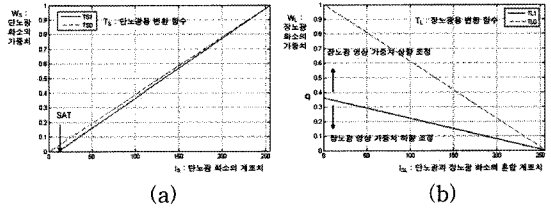


그림 2. 휘도 변환 함수 - 단노광용 변환 함수( $T_S$ )와 장노광용 변환 함수( $T_L$ )

면 자칫 낮은 계조 영역에서 단노광 영상의 영상 잡음이 강조될 수 있다. 이를 방지하기 위하여 계조치가 임계치(SAT)보다 낮을 때는 가중 반영치를 0으로 삭감한 TS1을 사용하기로 한다. 장노광 변환 함수(그림 2b)  $T_L$ 은 식 1에 보인 최대 가중치( $q$ )가 자동으로 조정되는 TL1을 사용한다.

$$q = 1 - \frac{\sum \sum I_L}{M \cdot N \cdot 255} \quad (1)$$

$q$ 의 자동 조정 기능에 의해 출력 영상이 지나치게 어두워지거나 밝아지는 현상을 막을 수 있다. 또한  $q$ 는 장노광의 평균이 255가 아닌 이상 1보다 작은 값을 갖기 때문에  $T_S$ 가 상대적으로 더 많은 가중치를 받게 되어 휘도 역전 사태를 방지하는 역할을 한다.  $T_L$  변환 함수는  $I_L$ 을 변환할 때 식 2에 보인 바와 같이 정규화된 평균 휘도로 가중평균한 혼합 계조치  $I_{SL}$ 을 사용한다. 이는  $I_L$ 의 반영도를 장노광의 전체 밝기에 따라 조정하는 역할을 하기 때문에  $I_L$ 만으로 처리할 때보다 휘도 역전을 방지하는데 도움을 주기 때문이다. 여기서 M, N은 각각 영상의 가로 및 세로 해상도이다.

$$I_{SL} = A_S \cdot I_S + A_L \cdot I_L \quad A_S = \frac{\sum \sum I_S}{M \cdot N \cdot 255} \quad (2)$$

$$A_L = \frac{\sum \sum I_L}{M \cdot N \cdot 255}$$

(2) 가중치의 정규화: 이후의 작업은 구해진 가중치를 주변 화소의 가중치와 혼합하는 단계이다. 가중치의 합이 1이 되도록 정규화하였기 때문에 이후로는 두 개의 가중치 정보 중에서 한 가지만 처리하면 된다. 그림 3에 사례 영상의 단노광 영상(a)과 장노광 영상(b)을 보였다. 이를 바탕으로 추출한  $I_S$ 의 정규화 가중치  $NW_S$ 와  $I_L$ 의 정규화 가중치  $NW_L$ 을 그림 3(c), (d)에 보였다. 그림에서 밝고 어두움은 가중치가 크고 작음을 나타내는데 단노광 영상에서는 어두

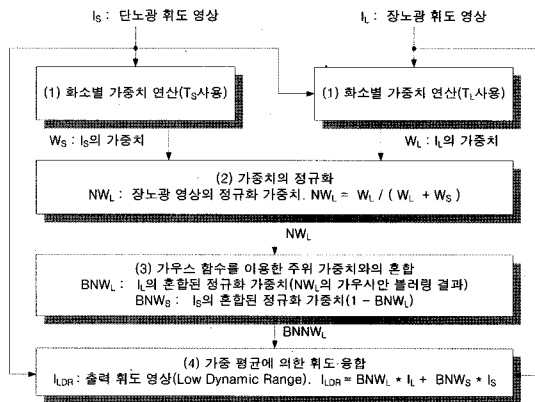


그림 1. 휘도 융합의 절차도

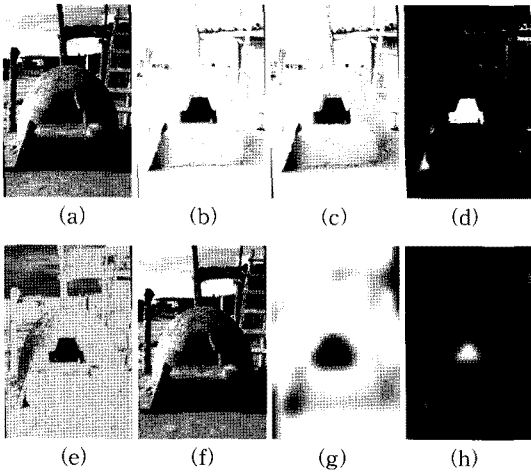


그림 3. 영상 적용 사례 - (a)  $I_S$ , (b)  $I_L$ , (c)  $NW_S$ , (d)  $NW_L$ , (e) 가중치의 편차, (f)  $NW$  기반 융합 영상, (g)  $BW_{NW_S}$ , (h)  $BW_{NW_L}$

운 토굴 내부의 가중치가 작아서 (c)의 토굴 내부가 검은 값을 갖는 반면 장노광의 반영도를 나타내는 (d)에서는 토굴 내부의 가중치가 흰 색으로 표현되어 장노광의 영상 정보가 많이 반영됨을 보여주고 있다. (e)는 이들 정규화 가중치의 차이를 그림으로 나타낸 것이다. 적색은  $NW_L$ 이 더 큰 경우이고 녹색은  $NW_S$ 가 더 큰 경우 그리고 노란 색은 이들이 혼합되어 있는 상황을 나타내고 있다. (f)는 이들 두 개의 가중 평균으로 영상 융합을 시도해 본 결과이다. 융합된 영상은 전체적으로 보면 성공한 듯 보이지만 화소 단위의 급격한 가중치의 변화 때문에 영상 일부분에 스파클(sparkle) 잡음이 나타날 수도 있다.

(3) 가우시안 함수를 이용한 주위 가중치와의 혼합 : 이 단계에서는 가중치를 주변의 것과 혼합한다. 이 방법은 영상을 여러 개의 블록으로 나누어 특정 노출 시간의 영상 블록을 선택하는 기법에서 활용한 혼합 기법[8,10-13]과 유사한 측면이 있다. 본 연구에서도 주변 화소의 정보를 혼합함으로써 스파클 잡음을 제거하고 두 원본 영상 정보의 부드러운 연결을 도모한다. 기존의 방법과 다른 점은 본 기법은 영상을 블록으로 나누지 않고 화소 단위로 처리한다는 것과 계조치를 직접 혼합하는 것이 아니라 주변 가중치와 혼합한다는 것이다. 이 작업은  $I_S$ ,  $I_L$  정보 영역의 급작스러운 출현을 막기 때문에 두 영상 정보가 자연스럽게 연결되는 것을 기대할 수 있다. 또한 세부 영역 안에서도 화소별로 존재할 수 있는 가중치의

오류를 전체적인 흐름에 맞추어 확산하는 효과가 있다. 가중치의 혼합 함수는 식 (3)의 가우시안 함수를 사용하였으며 그림 3의 (g), (h)에  $\sigma=12$ , 마스크 크기 35로 블러링(blurring)된 정규화 가중치  $BW_S$ ,  $BW_L$ 을 보였다.

$$G(x,y) = e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (3)$$

(4) 가중평균에 의한 휘도 융합 : 위 가중치를 이용해 2개의 입력 화소에 대해 식 4에 따라 융합 영상  $I_{LDR}$ 을 구한다. 최종 영상처리 결과는 후술할 색상 융합 기법과 함께 적용하여 IV 절에서 보이기로 한다.

$$I_{LDR} = BW_S \cdot I_S + BW_L \cdot I_L \quad (4)$$

### 3. 색상 정보의 융합

제안한 기법에서는 색상 정보의 융합은 두 색상 신호의 가중평균으로 구현하였다. 이때 색이 강하면 강할수록 그 화소의 색상 성분에 더 많은 비중을 방식을 채택하였다. 색상이 강한 정도를 나타낼 때는 채도를 판단의 기준으로 활용할 수 있다. 그러나 채도는 같은 휘도 평면에서 색상 강도를 비교하기에는 적당하지만 현 사례와 같이 두 영상의 촬영 노출 속도가 달라 휘도가 다르게 취득되었을 때는 이 지표가 적절치 않다. 본 논문에서는 식 (5)과 같이 RGB 평균 값과 각 RGB의 편차의 합을 가중치로 사용하였다. 그림 4는 이러한 편차 정보의 변화를 원본 영상과 함께 색상 영상으로 보인 것이다. 그림 4(c), (d)에서 녹색은  $I_S$ 의 가중치  $NW_S$ 를, 적색은  $I_L$ 의 가중치  $NW_L$ 을 나타내는데 (c)의 토굴 내부가 적색으로 표현되어 장노광 영상의 가중치를 크게 취해야 한다는 것을 나타내는데 반해 (d)에서는 이 가중치가 많이 약화되어 있어서 본 지표가 채도보다 훨씬 양호하게 선택할

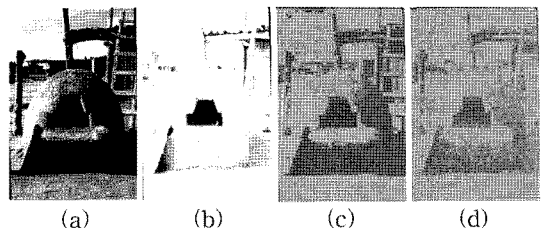


그림 4. 편차의 성능 - (a)  $I_S$ , (b)  $I_L$ , (c) 편차 가중치, (d) 채도 가중치

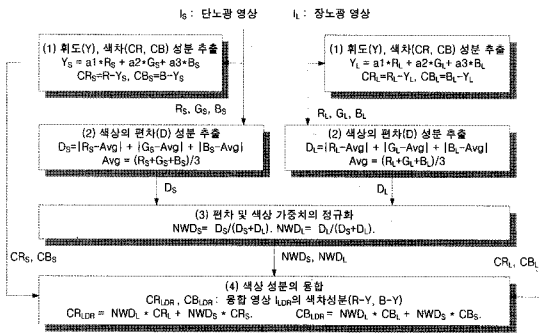


그림 5. 색차 정보의 융합 절차

색상을 가려내는 모습을 확인할 수 있다.

$$D = |R - Avg| + |G - Avg| + |B - Avg|, \quad Avg = (R + G + B) / 3. \quad (5)$$

그림 5에 색차 정보를 융합하는 과정을 보였다. 1 단계에서는 RGB 정보를 휘도와 색차 정보로 변환하고, 2 단계에서 식 5의 영상별 편차 정보를 생성한 후, 3 단계에서 이것들을 정규화하여, 4 단계에서  $I_S$ ,  $I_L$ 의 색차 정보와의 가중평균에 적용하여 융합 영상  $I_{LDR}$ 의 색차 정보 신호  $CR_{LDR}$ ,  $CB_{LDR}$ 을 만든다. 이 색차 신호는 식 6을 통해 휘도 신호  $I_{LDR}$ 과 함께 RGB 정보로 만들어진다. 식에서  $a1$ ,  $a2$ ,  $a3$ 은 각각 RGB 화소가 휘도에 미치는 기여도로  $a1=20/61$ ,  $a2=40/61$ ,  $a3=1/61$ 을 사용하였다[3].

$$\begin{aligned} R_{LDR} &= CR_{LDR} + I_{LDR} \\ B_{LDR} &= CB_{LDR} + I_{LDR} \\ G_{LDR} &= (I_{LDR} - a1 \cdot CR_{LDR} - a3 \cdot CB_{LDR}) / a2 \end{aligned} \quad (6)$$

#### 4. 실험 결과

본 절에는 제안 기법으로 처리한 결과를 다른 기법들과 비교해 보였다. 실험 과정에서 제안된 기법은 자동으로 내부 인자의 설정이 이루어지며 제안된 기법 자체의 성능을 살피기 위해 예지 강조, 대비 강화, 색상 강조 등의 후처리 과정은 포함시키지 않았다. 비교된 다른 기법은 두 영상의 평균기법, 레이디언스 맵을 사용한 그레이디언트 기법[6]과 easyHDR[9]이다. 평균 기법은 휘도와 색차 평면상에서 이루어졌다. [6]의 방법은 더 풍부한 데이터를 사용하였기 때문에 본 제안 기법과 직접적인 성능 비교는 적당치 않으나 본 제안 기법이 얼마나 충실히 장면을 묘사해

내는지를 보기 위해 참조용으로 제시한 것이다.

그림 6에 본문에서 사용했던 사례 영상의 처리 결과를 보였다. easyHDR 결과의 팔호는 5단계의 설정 값 ‘강도-평균도’를 보인 것이다. (a)의 제안 기법은 (b)의 평균 기법보다 대비 및 색상 관점에서 우수한 결과를 보여주고 있으며 2개 영상만을 사용하는 불리한 조건에서도 레이디언스 맵을 사용한 (c)와 유사한 영상 품질을 보인다. (d)-(g)의 essayHDR의 결과는 설정 값에 따라 다양한 결과를 보인다. 그중 (f), (g)는 장노광과 단노광의 융합 과정에서 생기는 역전 현상이 심하게 드러나 보이는데 적당한 설정 값을 미리 알 수 없다는 것이 HDR 카메라의 응용에는 적합하지 않음을 보여주는 사례라고 말할 수 있다. 더구나 가장 양호한 (e)의 경우에도 (h)의 확대한 영상을 보면 제안된 기법에 비해 화소가 매우 거칠게 표현되었음을 알 수 있다.

그림 7의 경우 역시 제안 기법(c)은 2장만을 활용했음에도 불구하고 전 영역 HDR 데이터를 사용한 (e)와 유사한 성능을 보이고 있다. (f-h)의 easyHDR 결과를 제안 기법과 비교한 결과를 (i, j)에 보였다. (i)의 하단부에 보인 바와 같이 제안 기법은 부드러운 영상 면을 보이는데 비해 다른 결과들은 블록 처리한 흔적이 심하게 남아 있는 것이 관찰되었다. 이것은 화소 기반으로 수행하는 본 제안 기법의 장점을 보여주는 사례라고 할 수 있다. 본 영상의 경우에는 (j)의

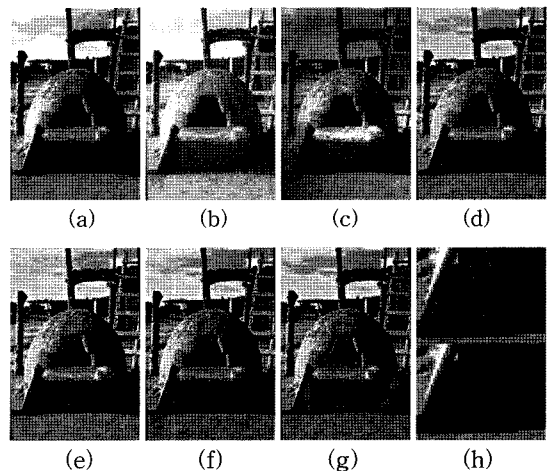


그림 6. 결과 영상 - (a) 제안 기법, (b) 평균 기법, (c) 그레이디언트[6], (d) easyHDR(0-0), (e) easyHDR(2-2), (f) easyHDR(4-4), (g) easyHDR(4-0) (h) 일부 확대 : easyHDR(2-2)(상)와 제안 기법(하)

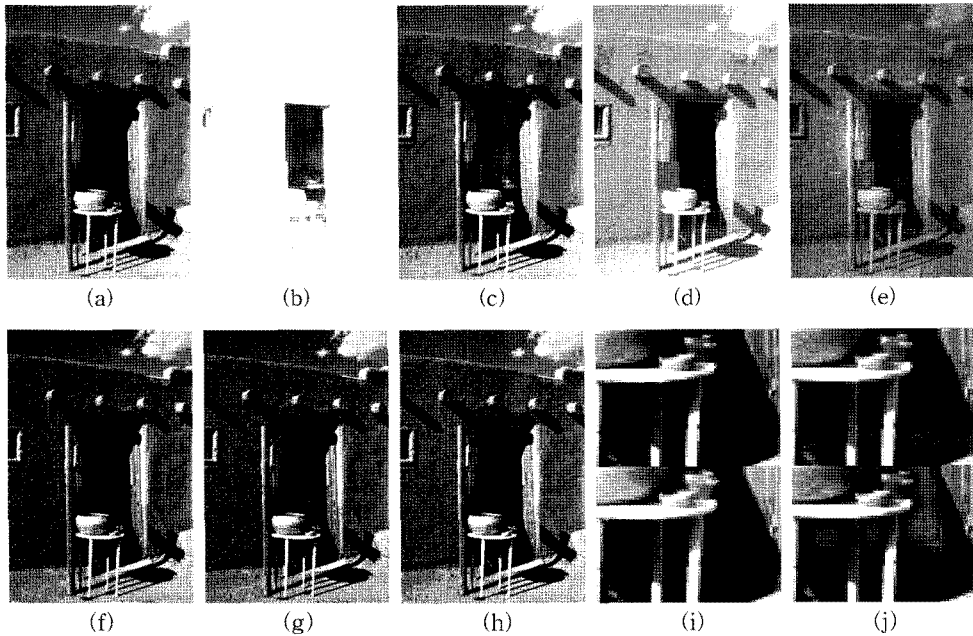


그림 7. 결과 영상 - (a)  $I_s$ , (b)  $I_L$ , (c) 제안 기법, (d) 평균 기법, (e) 그레디언트[6], (f) easyHDR(2-2), (g) easyHDR(4-4), (h) easyHDR(0-4), (i) easyHDR(2-2)(상)와 제안 기법(하), (j) easyHDR(0-4)(상)와 easyHDR(4-0)(하)

상단부에 보듯이 easyHDR의 인자(0-4)가 가장 양호한 결과를 보였는데 이는 그림 6과는 다른 설정 값이다. 이렇듯 [9]의 기법이 인자를 바꾸어야 최적 결과를 얻을 수 있는데 반해 본 제안 기법은 인자 설정 과정 없이도 일관된 처리 성능을 보여주었다.

그림 8에는 다양한 사례 영상의 단노광, 장노광 영상과 이를 제안 기법으로 처리한 결과 영상을 보였다. (e)의 입력 영상은 지면 관계상 생략하였으며 해당 입력 영상의 조합은 [6]의 홈페이지에 나온 바와 같다.

제안 기법의 화질 개선의 정도를 확인하기 위해 표 1에 보인 바와 같이 해당 영상의 평균 예지 크기를 보였다. 여기서 평균 예지 크기는 수직, 수평 방향의 소벨 절대치를 영상의 크기로 나누어 준 것이며 테두리 정보(20화소)를 제외한 것이다. 이 지표가 영상의 품질을 대변하는 완벽한 지표는 아니지만 적어도 영상 정보가 얼마나 많이 신장되었는가를 보여주는 간접 정보로는 활용할 만하다. easyHDR의 설정 값은 비교적 실패가 적은 (2-2)와 (0-4)로 고정하였다. 표에서 보듯 제안 기법은 평균 기법에 비해 명백히 예지가 증가하였으며 그레디언트[6]에 비해서는 7개

영상 중 3개 영상이 더 큰 예지를 보였다. 이는 [6]이 고품질의 영상 데이터를 이용한 것을 고려하면 나쁘지 않은 성능을 보인 것으로 인정할 만하다. 한편 easyHDR의 경우는 여타의 어떤 기법보다 강한 예지를 보유하고 있지만 영상 손괴를 수반하는 경우가 많았기 때문에 수치만으로 의미가 있는 결과라고는 할 수 없을 것이다. 또한 자동화 처리를 구현할 수 있는 제안 기법과는 다르게 설정 값을 시행착오로 탐색해야 하는 문제가 있어 영상 품질 외적인 실용적인 문제를 내포하고 있다.

## 5. 결 론

이상으로 두 영상으로 기반으로 HDR 영상을 융합하는 기법에 대하여 기술하였다. 제안된 기법은 기존의 알고리즘에 비해 다음과 같은 특징 및 장점을 갖고 있다.

블록 처리를 하는 기존의 기법들은 2개 이상의 다양한 노출의 영상을 필요로 한다. 그러나 프레임(frame) 당 2회 이상의 촬영은 초당 30 프레임의 노출을 어렵게 하며 취득한 데이터 양이 방대하여 실시

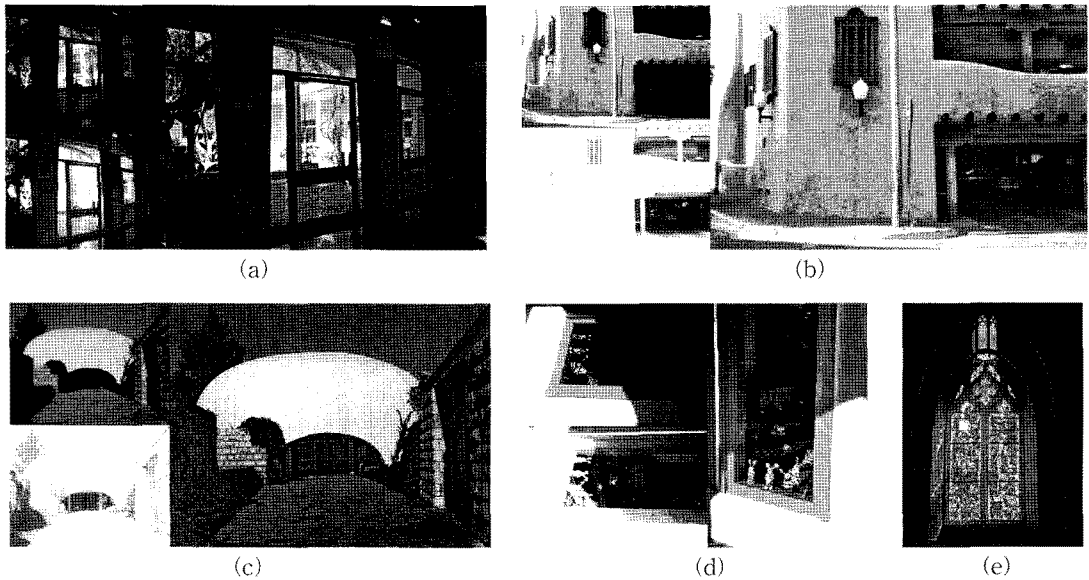


그림 8. 단노광, 장노광 입력 영상과 본 제안 기법으로 처리한 해당 영상의 처리 결과

표 1. 평균 에지의 크기 비교

대상 \ 기법	기법	제안 기법	평균기법	그레이디언트[6]	easyHDR(2-2)	easyHDR(0-4)
그림 6		101.59	65.88	86.04	110.29	103.30
그림 7		80.24	45.68	67.39	118.81	101.82
그림 8(a)		53.46	45.35	70.39	66.13	64.13
그림 8(b)		72.64	48.05	61.89	98.22	87.05
그림 8(c)		49.58	36.18	81.37	81.61	74.40
그림 8(d)		72.83	51.09	77.89	87.70	84.74
그림 8(d)		74.87	60.84	84.99	96.47	90.83

간 처리를 어렵게 한다. 셀의 수광부 넓이가 다른 센서를 이용하면 다양한 노출로 촬영된 영상들의 조합을 얻을 수 있다. 그러나 2종 이상의 개구면 센서는 제작도 어렵지만 후단의 ISP(Image Signal Processing)를 복잡하게 만드는 문제가 있다. 반면 이중(dual) 노출과 이중 셀 구조의 센서는 실현하기가 용이한 편인데 2개만의 입력 영상을 사용할 수 있는 본 알고리즘은 HDR 카메라의 실용화에 유리한 장점이 있다. 또한 레이디언스 맵을 만드는 단계가 필요 없기 때문에 레이디언스 맵 기반의 다른 알고리즘에 비해 실용화가 더욱 용이하다고 할 수 있다. 제안된 기법은 화소 단위로 처리하기 때문에 블록 기반의 알고리즘에서 나타날 수 있는 작위적인 결합

(artifact)이 적으며 가중치의 가우시안 처리로 장노광과 단노광 영상 정보 간의 부드러운 연결이 가능하다. 이러한 특징들은 easyHDR 결과와의 비교를 통해 관찰하였다. 또한 easyHDR을 포함한 일부 알고리즘은 좋은 결과를 얻기 위해 다양한 설정 값을 적용해 보는 시행착오가 필요한 반면 본 알고리즘은 전 과정이 자동 처리되기 때문에 HDR 카메라에 탑재하기 훨씬 더 적합하다.

종래의 레이디언스 맵 기반의 기법은 입력 영상의 포화된 영역의 정보 때문에 촬영을 많이 하지 않는 이상 올바른 HDR 정보를 확보하기 어렵다. 반면 제안된 기법은 포화된 해당 영역의 가중치를 0에 가까운 값으로 만들기 때문에 원본 영상의 정보를 충실하

게 재현하는 특징을 갖고 있다. 이러한 특징은 에지 강조, 대비 강화, 색상 강조 등의 후처리에 대해서도 유리하게 작용할 것으로 기대된다. 본 알고리즘은 대다수의 연산을 픽셀 단위로 진행할 수 있는 것과 연산 내용이 H/W 구현에 유리하다는 것은 향후 H/W 구현 과정에서 유리하게 적용된다. 그러나 가우시안 혼합을 위해서 대용량의 라인 메모리가 필요하게 된다는 점에서 이를 효과적으로 구현하기 위한 방안에 대한 연구가 필요할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [ 1 ] Paul E. Debevec and Jitendra Malik, "Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs," SIGGRAPH'97 Conference Proceedings, Aug. 1997.
- [ 2 ] Jeffrey M. DiCarlo and Brian A. Wandell, "Rendering High Dynamic Range Images," Proceedings of the SPIE : Image Sensors, Vol.3965, pp. 392-401, 2001.
- [ 3 ] F. Durand and J. Dorsey, "Fast Bilateral Filtering for the Display of High-Dynamic-Range Images," Proc. ACM SIGGRAPH, pp. 257-266, 2002, <http://people.csail.mit.edu/fredo/PUBLI/Siggraph2002/>
- [ 4 ] E. Land and J. McCann, "Lightness and Retinex theory," *Journal of the Optical Society of America*, Vol.61, pp. 1-11, 1971.
- [ 5 ] K. Chiu, M. Herf, P. Shirley, S. Swamy, C. Wang, and K. Zimmerman, "Spatially Nonuniform Scaling Functions for High Contrast Images," Proc. Graphics Interface, pp. 245-253. 1993.
- [ 6 ] Raanan Fattal, Dani Lischinski, and Michael Werman, "Gradient Domain High Dynamic Range Compression," Proc. ACM SIGGRAPH '02, Vol.21 Issue 3, July 2002, [http:// www.cs.huji.ac.il/~danix/hdr/results.html](http://www.cs.huji.ac.il/~danix/hdr/results.html)
- [ 7 ] Won-ho Cho and Ki-Sang Hong, "Extending Dynamic Range of Two Color Images under Different Exposures," Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition, ICPR 2004, Vol.4, pp. 853-856, Aug. 23-26, 2004.
- [ 8 ] E. Reinhard, G. Ward, S. Pattanaik, and P. Debevec, "High Dynamic Range Imaging," Morgan Kaufmann Publishers, 2006.
- [ 9 ] easyHDR, "easyHDR PRO 1.70 Documentation," Oct. 17, 2009, <http://www.easyhdr.com/>
- [ 10 ] A. Vavilin and Kang-Hyun Jo, "Recursive HDR Image Generation from Differently Exposed Images Based on Local Image Properties," International Conference on Control, Automation and Systems, ICCAS, pp. 2791-2796, Oct. 14-17, 2008.
- [ 11 ] A. Rovid, T. Hashimoto, and P. Varlaki, "Improved High Dynamic Range Image Reproduction Method," 4th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, SACI '07, pp. 203-207, May 18, 2007.
- [ 12 ] A. R. Varkonyi-Koczy, A. Rovid, and T. Hashimoto, "HDR Colored Information Enhancement Based on Fuzzy Image Synthesization," IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing, pp. 1-6, Oct. 3-5, 2007.
- [ 13 ] A. R. Varkonyi-Koczy, A. Rovid, and T. Hashimoto, "Gradient-Based Synthesized Multiple Exposure Time Color HDR Image," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol.57, Issue 8, pp. 1779-1785, Aug. 2008.





김진현

1978년 3월~1982년 2월 고려대  
학교 공과대학 전기공학  
과 공학사

1982년 3월~1984년 2월 고려대  
학교 대학원 전기공학과  
공학석사

1983년 12월~1986년 10월 동양  
정밀공업(OPC) 중앙연구소 연구원, PC 개발

1986년 10월~1989년 10월 삼성종합기술원 정보통신시  
스템연구소 선임연구원, PC 개발

1989년 11월~1991년 1월 ZyMOS 한국지사 FAE, PC  
Chip set 기술지원

1990년 3월~1994년 8월 고려대학교 대학원 전기공학과  
공학박사

1995년 3월~현재 서경대학교 컴퓨터공학과 전임강사,  
조교수, 부교수

관심분야 : 디지털영상처리, 영상신호처리(ISP), 영상/비  
디오시스템