

# HDR 영상을 위한 비선형 동적영역 정규화를 이용한 톤 매핑 기법

\*김범용, 황보현, 윤종호, 최명렬  
한양대학교 전자전기제어계측공학과  
e-mail : \*kby84@asic.hanyang.ac.kr, jokersir@asic.hanyang.ac.kr,  
sfw1179@asic.hanyang.ac.kr, choimy@asic.hanyang.ac.kr

## Tone Mapping Method using Non-linear Dynamic Range Normalization for High Dynamic Range Images

\*Beom-Yong Kim, Bo-Hyun Hwang, Jong-Ho Yun, Myung-Ryul Choi  
Dept. of EECE, Hanyang University

### Abstract

In this paper, we propose a tone mapping method using Non-linear Dynamic Range Normalization (NDRN) for High Dynamic Range (HDR) images. HDR images are not suitable for commercial display devices because dynamic range of HDR images do not match with one of Low Dynamic Range (LDR) display devices. To reproduce a tone of HDR images for LDR displays, tone mapping methods have been proposed such as local and global tone mapping. We introduce NDRN to locate mean of HDR images at the center of LDR. NDRN preserves the details for highlight and shadow. By suppressing the significant luminance change in tone mapping, naturalness of original image can be also preserved. The experimental results show that the proposed method preserves details and naturalness of original images.

### I. 서론

실세계의 High Dynamic Range (HDR)을 갖는 영상의 밝기(Luminance)는  $10^{-4} \sim 10^5 \text{cd/m}^2$ 에 이른다. 그러나 HDR 영상의 실제 밝기는 일반적으로 사용되는 디지털 디스플레이 장치로 표현 할 경우 제한된 Low Dynamic Range(LDR) 내에서 표현되어야한다. 따라서, 동적영역의 불일치로 인한 동적영역 (Dynamic Range)의 압축이 발생되어 영상의 명암비와 세부현상

가 훼손된다. HDR 영상이 갖는 동적영역을 디지털 디스플레이 장치가 갖는 동적영역의 범위로 변환하여 원 영상의 훼손을 최소화하는 톤 매핑(Tone Mapping) 기법이 제안되었다[1].

본 논문에서는 새로운 글로벌 톤 매핑 기법을 제안한다. 제안한 방법은 HDR 영상의 비선형 동적영역 정규화를 이용한 방법으로 HDR 영상의 명암비를 효율적으로 표현하며, 원 영상의 세부현상 훼손을 방지한다.

### II. 본론

#### 2.1 밝기 맵 (Luminance Map) 생성

영상의 R, G, B 채널에 대하여 톤 매핑 과정에서 필요한 영상의 밝기 정보를 얻기 위해서 식(1)과 같은 연산을 수행 한다[2].

$$L(x, y) = \log_{10}(0.2126R(x, y) + 0.7152G(x, y) + 0.0722B(x, y)) \quad (1)$$

여기서,  $L(x, y)$ 는 영상의 밝기 값을 로그 스케일로 나타내는 밝기 맵의 픽셀 값이며,  $(x, y)$ 는 픽셀의 위치를 나타낸다. 밝기 맵은 톤 매핑 과정에서 동적영역 정규화 (Non-linear Dynamic Range Normalization, NDRN)를 위한 정보로 사용된다.

#### 2.2 비선형 동적영역 정규화 (NDRN)

비선형 동적영역 정규화는 HDR 원 영상의 동적영역을 디스플레이 장치의 동적영역으로 변환하는 과정이다. 밝기 맵을 비선형 동적영역 정규화하여 0에서 1까지의 픽셀 값을 갖게 한다. 동적영역 정규화는 식(2)로

정의되며,  $L_d(x, y)$ 는 정규화 된 픽셀 값을 나타낸다.

$$L_d(x, y) = \begin{cases} \left( \frac{L(x, y) - L_{min}}{L_{max} - L_{min}} \right)^{(1+NF)} & \text{for } L(x, y) \leq L_{av} \\ \left( \frac{L(x, y) - L_{min}}{L_{max} - L_{min}} \right)^{(1-NF)} & \text{for } L(x, y) > L_{av} \end{cases} \quad (2)$$

여기서,  $L_{max}$ ,  $L_{min}$ ,  $NF$ ,  $L_{av}$ 는 각각 픽셀의 최대 값, 최소 값, 정규화 인자(Normalization Factor) 그리고 평균 픽셀 값을 나타내며, 정규화 인자는 식(3)과 같이 정의된다.

$$NF = -1 + \frac{\log_{10} 5 - 1}{\log_{10} Key} \quad (3)$$

여기서  $Key$ 는 영상의 밝고 어두운 정도를 나타내며 일반적으로 0.09 ~ 0.75의 값을 가진다[3].

그림 1은 HDR 동적영역과 비선형 정규화된 LDR의 동적영역의 비교를 나타낸다. 제안한 기법은 비선형 정규화를 이용하여 정규화 픽셀 값을 집중화(Normalized Pixel-value Centralization, NPC) 시킨다. 정규화 픽셀 값의 집중화는 HDR영상을 LDR로 변환시 발생할 수 있는 과도한 밝기변화를 억제하여 원 영상의 명암비를 최대한 표현하기 위해 HDR 영상의 평균 값 ( $L_{av}$ )과 픽셀 값의 비를 이용하여 LDR의 중간 값 주위에 분포시킨다. 또한, 원 영상의 명부(highlights)와 암부(shadows)의 정규화 영역의 비율을 확장함으로써 세부현상을 보존한다.

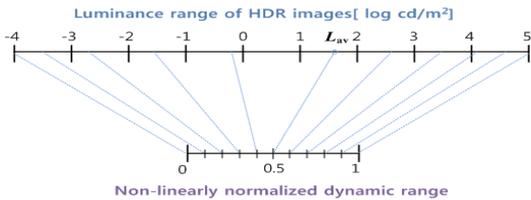


그림 1. 비선형 동적영역 정규화

정규화된 밝기 맵을 LDR 디스플레이에 표시하기 위해 비선형 정규화된 픽셀 값에 LDR 디스플레이가 갖는 동적영역의 최대 값을 식(4)와 같이 연산한다.

$$L_{display}(x, y) = DR_{Display} \cdot L_d(x, y) \quad (4)$$

여기서, 8비트의 밝기 맵을 갖는 디스플레이의 경우  $DR_{Display}$ 는 255의 값을 갖는다.

### III. 실험 결과

제안한 기법의 성능을 평가하기 위해 밝기가  $10^{-4} \sim 10^3 \text{cd/m}^2$ 인 gorveC 영상을 사용하였다. 기존의 글로벌

톤 매핑 기법의 Log Operator와 Miller's Operator의 결과 영상은 전체적으로 어둡게 나타나 원 영상의 밝기와 암부의 세부정보를 보존하지 못하였다. 로컬 톤 매핑 기법인 Pattanik's Operator의 결과 영상은 과도한 밝기의 변화와 그에 따른 명부의 세부정보 훼손이 발생하였다. 그러나 제안된 기법의 경우 원 영상의 명·암부의 세부현상이 보존되었고 LDR로의 자연스러운 변화가 이루어졌음을 알 수 있다.

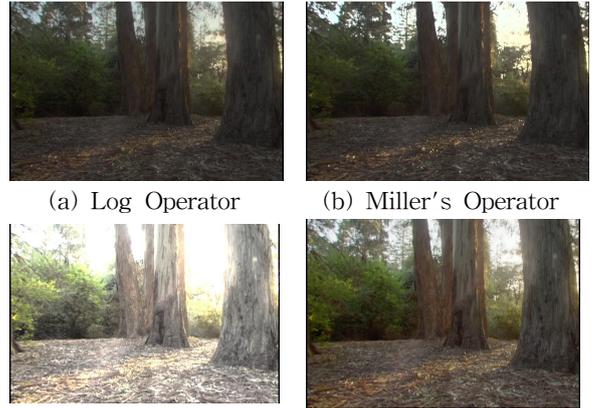


그림 2. groveC의 실험 결과 영상

### IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 HDR 영상을 위한 비선형 동적영역 정규화를 이용한 톤 매핑 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 기존의 방법들보다 HDR 영상의 세부정보 보존과 LDR에서의 원영상의 자연스러운 변화가 가능하며, LCD 모니터, LCD TV, PDP TV 등의 LDR 디스플레이 장치에 적용가능하다.

### V. Acknowledgement

본 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 『3단계 BK21 사업』의 지원비를 받았습니다.

### 참고문헌

[1] X. Li, et al., "An adaptive algorithm for the display of high-dynamic range images," Journal of Visual Communication and Image Representation, Vol. 18, No. 5, pp.397-404, 2007.  
 [2] Reinhard, E., et al., "HIGH DYNAMIC RANGE IMAGING," Morgan Kaufmann, pp. 187-323, 2006.  
 [3] Reinhard, E., et al., "Photographic Tone Reproduction for Digital Images," ACM Transactions on Graphics, Vol. 21, No. 3, pp. 267-276, 2002.