

# Virtual Reality 영상 합성을 위한 히스토그램 평활화 알고리즘

여다솔, \*한중기

세종대학교, \*세종대학교

bluemoon18ds@sju.ac.kr, \*hjk@sejong.edu

## Luminance Compensation based on Histogram Equalization for Stitching of 360 VR images

Dasol Yeo, \*Jong-Ki Han

Sejong University, \*Sejong University

### 요 약

. 이미지 스티칭 기술은 360 VR 영상을 제작하기 위한 기술들 중 가장 중요한 기술 중 하나이며 활발하게 연구되고 있는 분야이다. 이렇게 제작된 VR 영상에서 발생하는 이질감은 이미지를 합성하는 스티칭 과정에서 오류에 의해 전체적인 품질이 저하되기 때문이다. 본 논문에서는 스티칭 과정에서 발생하는 다양한 오류 중 다양한 시점에서의 촬영으로 인해 발생하는 밝기 차에 의해 발생하는 이질감을 감소시키고 명암 대비를 높임으로써 후처리 과정에서 발생 가능한 오류를 사전에 감소시킬 수 있는 밝기 보상 알고리즘을 제안한다.<sup>1</sup>

### 1. 서론

최근 실감형 콘텐츠가 본격적으로 활성화되고 관련 기술 중 하나인 VR에 관심이 급증하면서 VR 콘텐츠의 제작과 유통이 증가하고 있다. 그러나 VR 콘텐츠의 제작에는 특수 장비가 필요함에 따라 VR의 대중화를 위해 스마트폰으로 촬영한 영상을 스티칭(stitching)하여 VR 영상을 만드는 이미지 스티칭 기술이 활발하게 연구되고 있다.

이미지 스티칭이란 동일한 시간대에 360도의 시점을 갖도록 촬영된 영상들을 한 장의 영상으로 이어 붙이는 기술이다. 각기 다른 시점을 촬영하기 때문에 이질감이 없도록 자연스럽게 이어 붙이는 방법이 활발하게 연구되고 있으며, 이질감을 주는 원인으로는 광량의 차이로 인하여 밝기 차이가 발생하는 경우, 물체의 시차로 인해 영상이 겹쳐지는 부분이 어긋나는 경우, 움직이는 물체가 존재하는 경우 등이 있다. 위와 같은 경우에 합성된 영상의 품질이 저하되고, 이는 360 VR 콘텐츠의 완성도를 떨어뜨리게 된다.

VR 콘텐츠와 같은 입체 영상에서 이와 같은 오차가 발생한다면 사용자의 몰입도 및 만족도 저하, 피로도 증가와 같은 결과를 초래한다. 이와 관련해 아주대학교 미디어학부에서 수행한 연구에 따르면, 입체 영상의 품질에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 명암비이다. 따라서 본 논문에서는 이미지 스티칭 전처리 과정으로 향상된 밝기 보상 과정을 제안함으로써 영상 간 밝기 차이에 의해 발생하는 오차를 감소시키고, 영상의 명암도를 증가시킴으로써 보다 선명한 영상을 얻음에 따라 궁극적으로 발생 가능한 360 VR 영상의 이질감을 감소시키는 것을 목표로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 일반적인 히스토그램 기반 밝기 보상 알고리즘에 대해서 설명한다. 본 논문에서 제안하는 기술을 3절에서 설명한다. 제 4절에서는 본 논문에서 제안하는 기술의 우수성을 컴퓨터 실험을 통해 증명한다. 5절에서 간단하게 결론을 맺는다.

### 2. 히스토그램을 이용한 밝기 보상 알고리즘

히스토그램이란 영상의 밝기값(Intensity)의 분포도를 나타낸 그래프로써, 영상의 밝기값을 수평축으로 하고, 이에 해당하는 밝기값을 갖는 픽셀의 개수를 수직축으로 함으로써 영상의 명암 분포를 직관적으로 받아들일 수 있도록 하였으며, 이를 통해 밝기 및 명암 대비 처리를 통한 영상 개선 및 화질 향상을 가능하게 한다.

VR 영상 합성을 위한 이미지 스티칭 기술에서는 동일한 시간대에 촬영한 다중 시점 영상을 필요로 하는데, 이 때 효과적인 합성을 위해 연속된 이미지 사이에 겹치는 부분이 많도록 해야 한다. 따라서 연속된 이미지 사이에서의 밝기는 유사한 흐름을 띠어야 한다. 그러나 야외 촬영에서는 시점별로 광량의 편차가 크고, 역광 현상 등이 빈번하게 발생하므로 이미지 사이의 밝기 편차가 크게 나타날 것이다. 따라서 히스토그램의 개형을 유사하게 함으로써 이러한 현상을 최소화할 수 있다. 히스토그램을 구하는 과정은 다음과 같다.

주어진 이미지를  $I$  라고 할 때, 임의의 위치  $(x, y)$ 에 해당하는 화소의 밝기 레벨(intensity level)을  $I_{xy}$  라 하면,  $I_{xy}$  를 갖는 누적 화소수에 대한 함수  $h(k)$ 를 다음과 같이 구할 수 있다.

<sup>1</sup> 연락저자: 한중기

$$h(I_{x,y}) = \sum_{k=0}^{I_{max}} \delta(n, I_{x,y}) \quad (1)$$

여기서  $I_{max}$  은 영상의 화소가 가지는 밝기  $I_{x,y}$  의 최고 레벨이며, 일반적인 8 비트 영상에서는 255 을 가진다. 이렇게 구한 히스토그램은 최대 값이 영상 화소의 범위를 넘지 않도록 영상의 전체 픽셀 수로 나누어 정규화해야 한다.

$$H(x,y) = h(I_{x,y}) / \text{num\_pixel} \quad (2)$$

여기서  $\text{num\_pixel}$  이 영상의 전체 픽셀 개수이다. 밝기 레벨  $I_{x,y}$  는 0 에서  $I_{max}$  범위의 값을 가지므로 8 비트 영상에서  $I_{x,y}$  를  $I$  라 표현하면, 위 식을 이용하여  $v$  개의 영상 간의 히스토그램  $H$  에 대한 누적 히스토그램  $S(v)$  은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$S(v) = \sum_{i=0}^v H(i) \quad (3)$$

### 3. 제안하는 알고리즘

다중 시점으로 촬영된 영상들의 밝기 값의 평균을 이용한 밝기 보상 방법을 제안한다. 밝기 평균을 구하기 위해 히스토그램이 사용되며, 구한 밝기 평균의 히스토그램과 유사한 개형을 띠도록 각 히스토그램을 재조정하는 방식이다.

우선 밝기 보상 과정에서는 영상의 밝기 성분만 필요하기 때문에 입력 영상들을 밝기 값만 가지는 Gray 영상으로 변환한다. 전체적인 흐름은 아래와 같다.

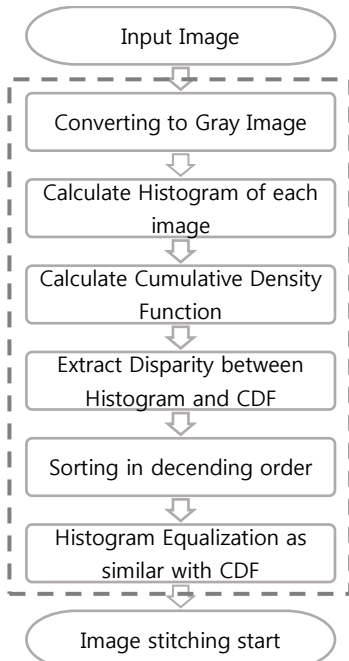
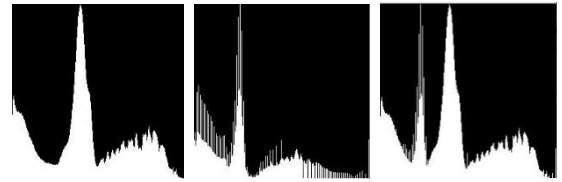


그림 1. 제안된 방법의 흐름도

### 3.1 평균 밝기 값 계산

입력 영상에 대한 히스토그램을 이용하여 평균 밝기를 계산한다. 이 때 평균 밝기란, 입력 영상 전체에서의 밝기 값의 평균을 뜻하며 각 영상의 히스토그램을 이용하여 누적 히스토그램을 구함으로써 얻을 수 있다.

히스토그램의 각 레벨에 대해 입력 영상의 빈도수와 누적 히스토그램의 빈도수를 계산하면 밝기 레벨 별 평균 밝기와 입력 영상의 편차를 구할 수 있다. 각 레벨 편차의 합이 큰 영상이 밝기 값의 차이가 크게 나타나는 영상이다.



영상 1                  영상 2                  누적

그림 2. 밝기 차이를 갖는 연속된 두 영상의 히스토그램과 두 영상의 누적 히스토그램

### 3.2 밝기 편차를 이용한 밝기 보상

각 레벨 별 편차의 합을 내림차순으로 정렬하여 평균 밝기와 가장 편차가 큰 영상부터 순차적으로 밝기 보상을 진행할 수 있도록 한다. 밝기 보상은 입력 영상의 히스토그램의 개형이 평균 밝기 히스토그램과 유사하도록 히스토그램을 평활화하는 과정으로 진행된다.

### 4. 실험 결과



(a) 원본 영상을 이용한 스티칭 결과



(b)흑백 영상을 이용한 스티칭 결과



(c)블렌딩 과정을 제외한 스티칭 결과

그림 3. 밝기 차이가 발생한 영상

그림 3 은 역광으로 인해 밝기 차이가 발생한 영상들을 이용하여 스티칭 했을 경우의 결과 영상이다. (a)는 원본 영상을 이용한 스티칭 결과이고, (b)는 입력 이미지들을 색상 성분을 제외하고 밝기 성분만을 갖도록 변환하여 차이를 볼 수 있도록 하였다. (c)는 블렌딩 과정을 제외하여 각 이미지 간 밝기 차이를 뚜렷하게 보이도록 하였다. 그림 3 의 (c)를 보면 역광으로 인해 발생한 정면과 측면의 밝기 차이가 (a)와 (b)에서 스티칭 에러로 나타났음을 알 수 있다.



그림 4. 그림 3의 입력 이미지 6 장에 대한 누적 히스토그램

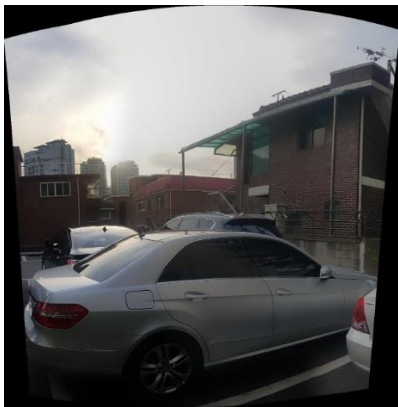


그림 5. 선명도가 떨어지는 결과 스티칭 영상

그림 5 는 입력 이미지에 역광으로 인한 밝기 차이가 발생한 영상을 스티칭하여 출력 이미지의 선명도가 다소 떨어진 영상이다.

본 논문에서 제안된 알고리즘을 VR 영상 제작을 위해 촬영된 영상들에 적용하면, 그림 5 와 같은 단점이 제거되고,

제작된 360 VR 영상의 품질을 향상시킬 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 360 VR 영상을 합성할 때 발생하는 오류를 알아보고, 360 VR의 품질을 저하시키는 요소 중 밝기와 명암 차이에 의한 이질감을 감소시키기 위해 전체 영상의 평균 밝기 값에 대한 히스토그램 평활화를 이용한 밝기 보상을 제안하였다.

하지만 본 논문에서 평균 밝기와 밝기 차이가 큰 영상부터 보상하고 저장하기 때문에, 이미지 스티칭 과정을 시작하는데 있어서 영상의 순서가 뒤섞여 시간적 측면에서의 품질 저하를 일으킬 수 있다. 따라서 영상의 입력 순서를 정렬할 수 있는 알고리즘의 연구가 필요하다.

## ACKNOWLEDGMENT

This work was partly supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) under Grant NRF-2018R1A2A2A05023117 and partly by Institute for Information & communications Technology Promotion (IITP) under Grant 2017-0-00486 funded by the Korea government (MSIT).

## 참고문헌

- [1] 임유상. (2012). 입체영상에서의 명암비에 의한 고스트 감소. 애니메이션연구, 8(2), 39-59.
- [2] H. Niu, Q. Lu and C. Wang, "Color Correction Based on Histogram Matching and Polynomial Regression for Image Stitching," *2018 IEEE 3rd International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC)*, Chongqing, 2018, pp. 257-261.
- [3] Yoo, Ji-Hyun & Ohm, Seong & Chung, Min-Gyo. (2012). Maximum-Entropy Image Enhancement Using Brightness Mean and Variance. *Journal of Internet Computing and Services*. 13. 10.7472/jksii.2012.13.3.61.
- [4] 이재원, 홍성훈. (2014). 자연스러운 영상의 평균 밝기 유지를 위한 차별적 압축 방법 기반의 분할 히스토그램 평활화. 방송공학회논문지, 19(4), 453-467.
- [5] 문준원, 김재석. (2019). 과대 대조 강조 방지 및 엷지 강화를 동시에 수행하는 히스토그램 평활화 알고리즘. 멀티미디어학회논문지, 22(9), 983-991.
- [6] Brown and Lowe, "Recognising panoramas," *Proceedings Ninth IEEE International Conference on Computer Vision*, Nice, France, 2003, pp. 1218-1225 vol.2.
- [7] H. Su, J. Wang, Y. Li, X. Hong and P. Li, "An Algorithm for Stitching Images with Different Contrast and Elimination of Ghost," *2014 Seventh International Symposium on Computational Intelligence and Design*, Hangzhou, 2014, pp. 104-107
- [8] D. G. Lowe, "Object recognition from local scale-invariant features," *Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision*, Kerkyra, Greece, 1999, pp. 1150-1157 vol.2.
- [9] Matthew Brown and David G. Lowe, "Automatic Panoramic Image Stitching using Invariant Features," *International Journal of Computer Vision*, Vol. 74, No. 1, pp. 59-73, 2007