



Color Reproduction Techniques Based on Color Harmonized Pattern of Reference Image

Won-Yong Lee*

Department of internet security, Hyejeon College

ABSTRACT

A color reproduction technique is a study in which the color information of the reference image is expressed in the input image. Previous studies makes natural color transferred results by allowing the input image to have a distribution of colors with reference images. However, if reference images are used with works by famous artists, their characteristics are not properly expressed. This is because works by famous artists use limited colors, and color harmonized pattern. In this study, we propose novel color reproduction techniques which use artist's work as a reference image and reflects the characteristics of the reference image. Our algorithm consists of two stages. The first step is the reference image analysis phase. For this purpose, the representative colors used in the reference images were extracted using K-means clustering algorithms. And the color harmonization patterns that the work has were analyzed by analyzing what forms are composed between the representative colors of the reference image. The second stage is the color transfer phase using the analysis information. For this, we use image saliency algorithm to extract the most focusing color of the input image. Image saliency is a study that extracts the most visible areas of the image, making it the most visible color of the input images viewed by the area with the highest visibility. The rest of the region applied the color harmonization pattern of the reference image. Our algorithm can easily generate result images that express the color harminized pattern effects of works used as reference images.

© 2019 KKITS All rights reserved

KEYWORDS: Color Reproduction Techniques, Image Saliency, Color Harminized pattern, Reference image, Representative colors

ARTICLE INFO: Received 5 August 2019, Revised 26 August 2019, Accepted 11 October 2019.

*Corresponding author is with the Department of Information Security Engineering, Hyejeon College, 42 Daihak-1gil Hongsungeub, Chungnam, 32244, KOREA.
E-mail address: wylee@hj.ac.kr

1. 서론

색상 변환 기법은 참조 영상의 색 또는 작품의 팔레트에 기반해 입력영상의 색상을 변경시키는 기술이다. 다양한 색상 변환 연구들이 2000년대 들어 진행되었으며, 일반적으로 참조 영상의 색상 및 밝기(tone)에 기반해 색상 변환을 수행함으로써, 이미지 색 선명화 및 이미지 시각화 분야에서 사용되어왔다.

기존의 연구들은 단순히 참조 영상의 색상 또는 지정된 팔레트의 색상을 바로 입력 영상에 적용하기 때문에, 참조 영상을 유명 화가의 작품을 사용하여 그와 같은 느낌을 표현하고자 하는 경우 부자연스러운 결과를 생성하였다. 그 이유는 실제 유명 화가들의 그림에는 각 화가가 가지는 독특한 색상 사용 규칙이나 특징들이 내제되어 있으나, 이를 반영해 주지 않기 때문이다.

본 논문은 기존의 명화 이미지를 참조 영상으로 사용하여 입력 영상의 색상을 변환하는 기법을 제안한다. 이를 위해 본 연구에서는 빈센트 반 고흐의 영상을 대상으로 실험을 수행하였다. 반 고흐는 인상주의 시대의 대표적 화가이며, 그의 작품은 강렬한 색채 및 대비를 가지고 있어, 작품을 관찰하는 사람으로 하여금 큰 감흥을 준다고 알려져 있다.

우리는 변환하고자 하는 이미지를 입력 영상으로 정의하며, 반영하고자 하는 명화 작품을 참조 영상으로 정의한다. 우리는 입력 영상을 객체 별로 구분하고 가장 시선이 많이 가는 영역을 주 대상 객체로 정의하며, 주 대상 객체의 색상 정보를 기반으로 주변 객체 색상을 변형한다. 이때 참조 영상이 가지는 색상 조화 패턴 정보를 기반으로 색상을 변경해 준다. 위의 과정을 통해 우리는 입력 영상의 주요 색상을 중심으로 참조 영상이 내포하고 있는 화가의 색 조화 특징을 가진 색상 변환 결과를 생성할 수 있었다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 본 연구와 관련된 색상 변환과 관련된 기존의 연구들이 정리되어 있으며, 3장에서는 참조 영상에 대한 분석과정을 소개한다. 이 과정에서는 참조 영상의 색상 분석과 색 조화 패턴 분석이 수행된다. 4장에서는 3장에서 분석된 정보를 기반으로 입력 영상의 색상 변형 과정을 소개한다. 이 과정은 세일리언스 기반의 중심색상 변환과, 대비 패턴에 기반한 주변 영역 색 변환으로 구성된다. 5장에서는 본 연구에 대한 구현 결과를 소개하며, 6장에서는 결론 및 향후 연구에 대해 제시한다.

2. 관련 연구

색상 전이기법은 영상의 색상 재표현에 가장 널리 사용되는 방법이다. 이 기법은 참조 영상을 영역 별로 구분하지 않고 바로 적용하는 전역 접근과 영역 별로 나누어 매칭 시키는 지역 접근방법으로 구분된다. [1-3]은 대표적인 전역 접근 방법에 속한다. [1]은 색상 전이 연구의 가장 기반이 되는 연구로, Lab 색 모델의 평균, 편차 정보를 활용해 색을 변경하였다. [2]에서는 HSV 공간에서, [3]에서는 Lab공간에서의 히스토그램 매칭 알고리즘을 적용해 색상 및 톤의 변화를 적용하였다. 위의 연구들에서는 영역 구분 없이 참조 영상의 전체정보를 활용하기 때문에 별도의 매뉴얼 한 작업이 필요 없다는 장점이 있다. 하지만 예술작품과 같이 각 영역별로 명확한 색상의 구분 및 대비가 있는 이미지에는 사용하기에 한계가 있다. [4-7]에서는 색상에 대해 적용한 전이 기법과 유사한 접근 방식을 텍스처를 대상으로 적용한 연구를 보여준다.

지역 접근방법의 대표적인 연구는 [8-11]이다. 이 연구들에서는 영역을 구분하고 각 영역에 매칭될 참조 영역을 지정하여 각 영역별로 톤 및 색상을 변형시키는 알고리즘을 제안하였다. 이 접근법은 각

매칭되는 영역별로 색상의 변화 및 밝기 보정 등에 활용하기에는 적합하였지만, 각 영역의 매칭 관계를 사용자가 일일이 지정해 줘야하기 때문에 많은 시간이 소모되었다. 우리의 연구는 작품의 대비정보를 명확히 표현하기 위해 지역 접근법에 기반하며 영역별 중요도와 위치 정보를 기반으로 매칭 하였다. 또한 회화작품에 나타나는 색에 초점을 두지 않고, 영역별 색의 대비 패턴 정보를 반영 하였다.

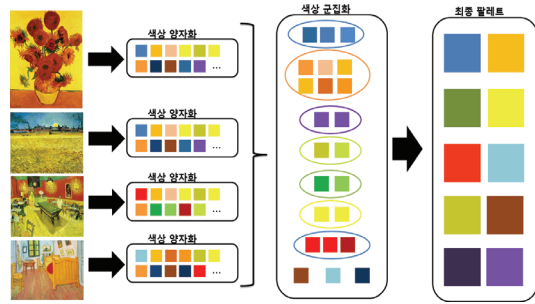


그림 1. 참조 영상에 기반한 팔레트 색상 추출
Figure 1. Color palette extraction based on reference image.

3. 참조 이미지 분석

3.1 참조 영상의 사용 색상 분석

대부분의 고희 작품들은, 2~4개의 대표 색으로 구성되며, 대표 색들은 화가의 스타일에 따라 인접 색, 보색 등의 색상 조화를 이루며 분포한다. 우리는 반 고희가 실제 작품에 사용하는 대표색을 추출하기 위해 HSV(Hue, Saturation, Value) 색 공간에서 K-평균 군집화를 수행한다. 이때 K개의 초기 값 설정은 성공적인 클러스터링을 위한 중요한 요소이다. 이를 위해 우리는 각 영상에서 K개의 색으로 색상 양자화를 수행한다. 그리고 뭉쳐져 분포되는 위치의 HS 공간 값을 초기 위치로 설정한다. 그리고 군집된 색상들의 평균값을 적용하여 대표 색상으로 정의하였다. <그림 1>은 반 고희의 대표 작품들을 기반으로 색상 양자화 결과 및 이를 기반으로 추출한 팔레트 색상 결과를 보여준다.

3.2 참조 영상의 색 조화 패턴 분석

대표 색상을 추출한 후, 현재 참조영상이 가지는 대표 색상들 간의 어떤 관계가 있는지를 분석하였다. 이를 위해 우리는 [12]의 색 조화타입 연구를 활용하였다. [12]의 연구는 일반적으로 사람들이 조화롭고 아름답다고 느끼는 영상들에 대해 분석하였

으며, 그 결과 8가지의 패턴으로 색상이 분포될 때 조화롭다고 보는 사람이 느낀다는 것을 증명하였다. <그림 2>는 [12]의 연구에서 제시한 8가지 색 조화 패턴 중 4가지 패턴을 보여준다.

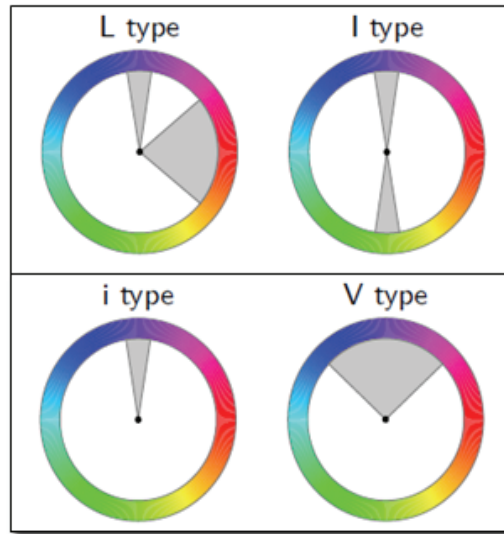


그림 2. [12]의 연구에서 제시된 색 조화 패턴 중 일부 (L-패턴, I-패턴, i-패턴, V패턴)

Figure 2. Color harmonization pattern as proposed on [12] (L-type, I-Type, i type, V type)

우리는 실제 반 고희의 작품들에서, 각 작품에 나타나는 주요 색상들의 분포가 어느 패턴에 맞는지 분석하였다. 이를 위해 앞의 대표 색상들 중

가장 많이 나타나는 3개의 색상을 기반으로 영역으로 구분하고, 각 영역들 간에 나타나는 색상 분포를 기반으로 Hue 공간에서 색상들 간의 분포가 어떻게 나타나는지를 확인하였으며, 그 결과 <표 1>과 같은 조화 패턴을 가짐을 확인 할 수 있었다.

표 1. 참조 영상의 색 조화 패턴 분석
Table 1. Color Harmonization Pattern analysis based on reference image

| 작품 | 중심대상 색 (Hue 값) | 주변 색 1 | 주변 색 2 |
|------------|----------------|------------|-------------|
| <그림 3> (좌) | 40~50 | V-패턴 (-40) | I-패턴 (+180) |
| <그림 3> (우) | 35-45 | L-패턴 (-30) | I-패턴 (+170) |



그림 4. 반 고흐의 작품. (좌) "Sunflowers" (1888), (우) "La chambre de Van Gogh a Arles" (1889)
Figure 3. Van Gogh's masterpiece. (Left) "Sunflowers" (1888), (Right) "La chambre de Van Gogh a Arles" (1889)

각 작품을 3 영역으로 나누었을 때, 가장 대표 색과, 하나의 영역은 약간의 차이 값을 가지는 색상을 사용하였으며, 나머지 영역은 보색을 사용한 것을 확인할 수 있었다. 이는 [8]의 연구에서 제시한 V 또는 L 타입이며, 나머지 영역은 I 타입을 공통으로 가지고 있는 것을 알 수 있다.

물론 각 작품들이 수치적으로 동일한 대비 값을 갖지는 않으며 정확하게 대칭되도록 색상이 분포하지는 않았다. 하지만 당시의 사용되던 표현 색상의 한계 등을 고려하면, 화가들이 색상의 대비 효과를 활용한 것을 확인할 수 있으며, 이는 화가, 그리고 동일한 화가더라도, 각 작품 활동 시기별로 다양한

효과가 나타나는 것을 확인 할 수 있다.

4. 참조 영상 기반의 색상 변형

4.1. 세일리언시 기반 색 중심 색 변형

대상 영상에서 눈이 많이 가는 곳이, 색상 변환의 가장 중심 색상이 된다는 가정을 기반으로 중심 색상을 먼저 선정하였다. 이를 위해, 우리는 입력 영상을 3~4개의 영역으로 구분하였다. 이를 위해 우리는 [13]을 이용해 영역분할 알고리즘을 적용하였다.

우리는 입력 영상에서 가장 시선이 많이 가는 영역을 쉽게 추출하기 위해 이미지 세일리언시 연구를 활용하였다. 이미지 세일리언시는 이차원 영상 또는 3차원 데이터에서 영상의 복잡도를 기반으로 가장 시선이 많이 가는 곳을 자동으로 추출해 주는 연구이며 이 연구는 다양한 영상처리 분야에서 활용되어 왔다.[14,15,16,17]. 본 연구에서는 그래프 이론에 기반한 세일리언시 추출 방법 [18]에 기반하여 세일리언시 맵을 추출하였다. 이 연구는 영상의 각 영역간의 색상 및 그라디언트 값의 변화 정보를 그래프 형태로 구성하고, 그 변화 량 값이 가장 크게 변하는 영역을 기반으로 각 픽셀별 세일리언시 값을 빠르게 추출 가능한 연구이다.



그림 5. (좌측부터) 입력 영상, 영역 구분 영상, 세일리언시 맵 및 가장 세일리언시가 높은 영역의 평균 색상 추출 결과
Figure 4. (From Left) Input image, Segmented image, Image saliency map and average color of high saliency region.

세일리언시가 가장 높은 영역의 색상을 추출하고, <그림 1>에서 추출한 참조 영상의 팔레트에서 가장 유사한 색상을 찾아 입력 영상의 중심 영역의 색상을 변형하였다. 하지만 때에 따라서는 사용자가 의도적으로 팔레트의 색상 중 임의의 색상을 적용할 수 있도록 허용하였다. <그림 4>는 입력 영상과, 영역 구분을 수행한 결과영상, 영상의 세일리언시 맵을 보여준다. 세일리언시 맵에서 붉은 부분일수록 세일리언시가 높은 곳을 의미하며, 이는 영상을 보는 사람으로부터 보다 시선이 많이 가는 영역을 의미한다. 우리는 이를 기반으로 가장 세일리언시가 높은 영역들의 평균 색상을 중심 색상으로 선정하였다.

4.2. 대비 정보를 이용한 주변 색 변형

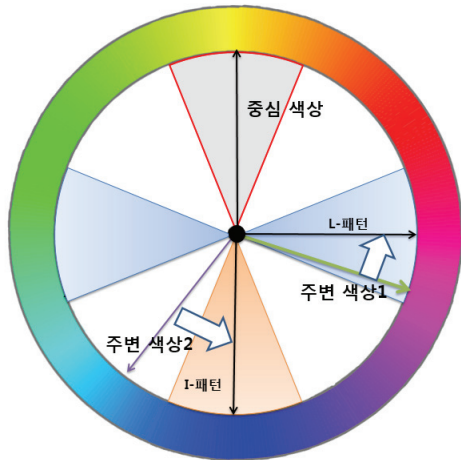


그림 6. 중심 색상과 참조 영상에 나타나는 조화 패턴에 기반한 주변 색상 값 변환 개념

Figure 5. Other area color transfer concept based on main color and harmonized pattern in reference image

우리는 입력 영상의 주변 영역 색 변환에 참조 영상에서 나타난 색 조화 패턴 정보를 활용한다. 입력 영상의 주변 영역들의 색상 분포와 색상 차이 값을 고려해 가장 차이가 작게 참조 영상의 매칭

영역을 찾고, 각 영역의 중심 영역의 색상과 가지던 조화 패턴을 가지도록 hue값을 보정해 주었다. <그림 5>는 입력 영상의 나머지 영역의 색(Hue) 값들을 참조 영상의 조화 패턴에 맞도록 변환해 주는 개념을 보여준다.

5. 실험 결과

<그림 6>은 <그림 4>를 입력 영상으로 하고 <그림 3>을 참조 영상으로 색상 변환한 결과 영상을 보여준다. 본 알고리즘 적용을 통해 해바라기의 중심 영역은 주황색 값이 나타나고 주변 부에 참조영상이 가지는 조화 패턴을 적용함에 따라 다른 느낌의 결과 영상이 생성되는 것을 볼 수 있다. 이는 서론에서 설명한 바와 같이 예술가의 작품은 일반 사진과는 다르게 한정된 색상으로 명확한 대비 효과를 가지고 있기 때문이다. 그리고 이런 특징을 고려한 본 알고리즘을 적용하면 명확한 색상 대비 효과를 쉽게 표현 가능함을 확인할 수 있다.

<그림 7>은 다른 입력영상을 사용한 결과로 기존 알고리즘을 적용한 결과영상을 비교하여 보여주었다. <그림 7-(a)>는 빈센트 반 고흐의 "Cafe Terrace at Night"(1888)"를 참조 영상으로 한 것이다. 우리는 중심 색상을 노란색으로 설정하고, 참조 영상의 조화 패턴을 적용한 결과, 실제 고흐의 작품에서 나타나는 색상의 느낌이 결과 영상에 나타나는 것을 확인할 수 있었다. <그림 7-(b)>는 대표적인 색상변환 연구인 [1]을 적용한 결과 영상이다. 기존 연구의 경우 단순히 참조 영상의 Hue의 히스토그램 정보를 고려하여 색상 변환을 수행하기 때문에, 예술가의 작품과 같이 한정된 색상을 가진 영상을 참조 영상으로 사용하고 영역별로 해당 알고리즘을 적용하면 본 결과와 같이 매우 어색한 결과 영상이 생성되는 것을 확인할 수 있었다.

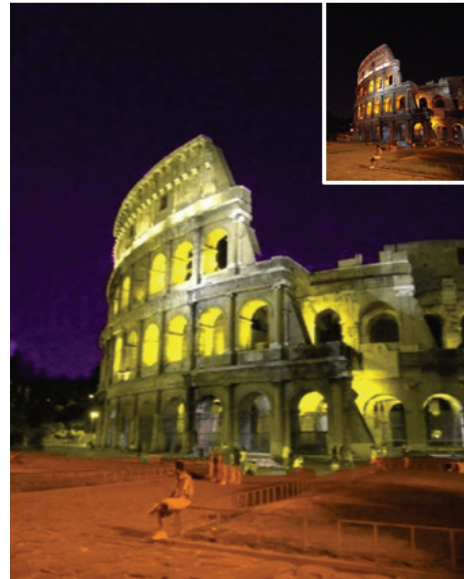


(a) 색상 변환 결과, 참조영상: <그림 3>(좌)
 (a) Color transfer result, reference image: <Figure 3>(left)

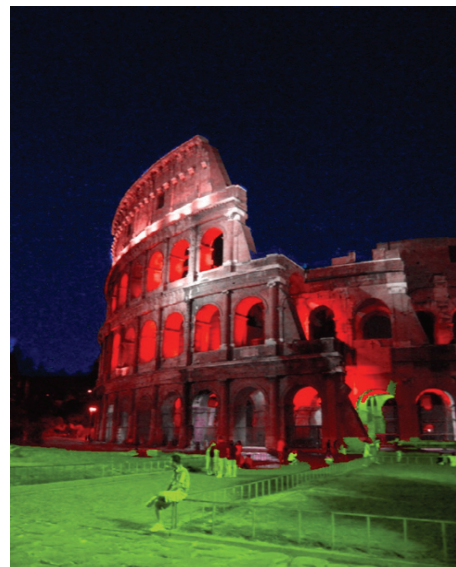


(b) 색상 변환 결과, 참조영상: <그림 3>(우)
 (b) Color transfer result, reference image: <Figure 3>(right)

그림 6. 본 알고리즘 적용한 결과 영상
 Figure 6. Results image based on proposed algorithm.



(a) 추가 결과 영상 (참조 영상: "Cafe Terrace at Night"(1888))
 (a) Another result (Reference image: "Cafe Terrace at Night"(1888))



(b) 기존 연구[1]을 적용한 결과
 (b) Result image based on the previous algorithm [1]

그림 7. 기존 연구와의 비교 결과 영상
 Figure 7. Comparing Result with previous work.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 참조 영상의 색 조화 패턴을 활용한 색상 변환 알고리즘을 제안하였다. 이를 위해, 우리는 실제 화가가 사용하는 색상 팔레트를 분석하였고, 추가적으로 작품의 영역 간에 나타나는 색상 조화 패턴정보를 분석하였다. 그리고 이를 기반으로 입력 영상의 색상을 변환하였다. 우리의 연구는 때때로 기존의 색 변형 알고리즘들에 비해 영역 사이에서 자연스러운 색상 변환 결과를 생성하지는 못하였다. 하지만, 명화에 나타나는 화가들의 대비 효과를 표현해 줌으로써 보다 명확한 색상의 대비 느낌을 표현할 수 있었다. 하지만 영역의 구분이 모호한 입력 영상을 사용하거나, 이미지 세일리언스 값이 다방면에서 높게 검출되는 영상의 경우 어색한 결과 영상을 생성하기도 하였다.

본 연구에서는 예술가의 색상만을 기반으로 연구를 진행하였다. 하지만, 각 작품에서 나타나는 윤곽선 표현 방법이나, 유화의 재질감 등을 추가로 분석하여, 반영할 수 있다면 보다 참조 영상과 유사한 결과 영상을 생성해 낼 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 향후 참조 영상에 나타나는 다양한 예술적 특징을 추출하고 이를 반영해 주는 연구의 진행이 필요할 것으로 예상된다.

References

- [1] E. Reinhard, M. Ashikhmin, and B. Gooch, *Color transfer between images*, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 21, pp. 34-41, 2001.
- [2] L. Neumann, and A. Neumann, *Color style transfer techniques using hue, lightness and saturation histogram matching*. In: Proc. CAe 2005, pp. 111-122, 2005.
- [3] X. Xiao, and L. Ma, *Gradient-preserving color transfer*, Computer Graphics Forum, Vol. 28, pp. 1879-1886, 2009.
- [4] Q.C. Tian, and L.D. Cohen, *Histogram-based color transfer for image stitching*, Journal of Imaging, Vol. 3, No. 3, p. 38, 2017.
- [5] M. Ashikhmin, *Fast texture transfer*, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 23 No. 4, pp. 38-43, 2003.
- [6] L. Liang, C. Liu, Y.-Q. Xu, B. Guo, and H.-Y. Shum, *Real-time texture synthesis by patch-based sampling*, ACM Transactions on Graphics, Vol. 20, pp. 127-150, 2001.
- [7] A. A. Efros, and W. T. Freeman, *Image quilting for texture synthesis and transfer*, In: Proceedings of SIGGRAPH 2001, pp. 341-346, 2001.
- [8] Y. W. Tai, J. Jia, and C.K. Tang, *Local color transfer via probabilistic segmentation by expectation maximization*. In Proc. CVPR, 2005, pp. 217-226, 2005.
- [9] C. Wen, C. Heich, B. Chen, and M. Ouhung, *Example-based multiple local color transfer by strokes*, Computer Graphics Forum, Vol. 27, No. 2, pp. 1765-1722, 2008.
- [10] D. Lischinski, Z. Farbman, M. Uyttendaele, R. Szeliski, "Interactive local adjustment of tonal values", In. Proc. ACM SIGGRAPH, 2006, pp.646-653, 2006.
- [11] T. Pouli, and E. Reinhard, *Progressive histogram reshaping for creative color transfer and tone reproduction*, In Proc. NPAR 2010, pp. 81-90, 2010.
- [12] D. Cohen-Or, O. Sorkine, R. Gal, T. Leyvand, and Y. Q. Xu, *Color*

harmonization. In Proc. ACM SIGGRAPH 2006, pp. 624-630, 2006.

[13] D. Chen, T. Jia, C. Wu, "Visual Saliency Detection", Image Communication, Vol.44, No. C, pp.57-68, 2016.

[14] Y. Kim, and A. Varshney, *Saliency-guided enhancement for volume visualization*, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 12, No. 5, pp. 925-932, 2006.

[15] C. H. Lee, A. Varshney, and D. W. Jacobs, *Mesh saliency*, ACM Transactions on Graphics, Vol. 24, No. 3, pp. 659-666, 2005.

[16] J. P. Collomosse, and P. M. Hall, *Painterly rendering using image salience*, In: Proceedings of the 20th UK conference on Eurographics. EGUK '02, pp. 122-128, 2002.

[17] M-M. Cheng, G-X. Zhang, N. J. Mitra, X. Huang, and S-M. Hu, *Global contrast based salient region detection*. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 409-416, 2011.

[18] H. Jonathan, K. Christof, and P. Pietro, *Graph-based visual saliency*, Advances in Neural Information Processing Systems 19, pp. 545-552, 2007.

참조영상의 색 조화 패턴을 활용한 색상 변환 기법

이원용

혜전대학교 인터넷보안과 교수

요 약

색상 변환 기법은 참조 영상이 가지는 색상정보를 입력 영상에 표현하는 연구이다. 기존의 연구들은 참조 영

상이 가지는 색상의 분포를 입력 영상이 가지도록 하여 자연스러운 색상 변환이 가능하였다. 하지만 참조 영상을 유명 화가의 회화 작품을 사용하는 경우 그 특징이 제대로 표현되지 않았다. 이는 유명 화가의 작품들이 제한된 색상을 사용하며, 색상 대비 효과를 포함하고 있기 때문이다. 본 연구에서는 화가의 작품을 참조 영상으로 하여, 참조 영상이 가지는 특징을 반영한 색상 변환 기법을 제안한다. 이를 위해 본 연구는 두 단계로 구성된다. 첫 번째 단계는 참조 영상 분석 단계이다. 이를 위해 참조 영상에 사용된 대표 색상을 K-평균 군집 알고리즘을 적용하여 추출하였다. 그리고 참조 영상의 대표 색상들 간의 어떤 형태로 구성되어 있는지를 분석하여 작품이 가지고 있는 색 조화 패턴을 분석하였다. 두 번째 단계는 분석 정보를 이용한 색상 변환 단계이다. 본 연구에서는 입력 영상의 가장 중심 색상 추출을 위해 이미지 세일리언시 알고리즘을 적용하였다. 이미지 세일리언시는 영상에서 가장 시선이 많이 가는 곳을 추출해 주는 연구로써, 세일리언시가 가장 높은 영역이 본 입력 영상의 가장 시선이 많이 가는 색상이 된다. 그리고 나머지 영역은 참조영상의 색 조화 패턴을 적용하였다. 우리의 알고리즘은 참조 영상으로 사용한 작품의 색상 대비 효과를 잘 표현한 결과 영상을 쉽게 생성할 수 있다.



Won Yong Lee received the bachelor's degree in the Department of Computer Engineering from the Chung Ang University in 1980. He received the M.S. degree Chung Ang University in 1985 and the Ph.D. degree in the Department of Computer Engineering from Soon Chun Hyang University in 2001, respectively. He has been a professor in the Department of Internet Security at Hyejeon Collage since 1993. His current research interests include artificial intelligence, Multi Media, Internet Security. He is a life member of the KKITS.

E-mail address: wylee@hj.ac.kr