

2D 이미지 재조명에 따른 색채변화를 반영한 비사실적 렌더링

김휘진^o, 김종현^{*}

^o강남대학교 소프트웨어응용학부,

^{*}강남대학교 소프트웨어응용학부

e-mail: jonghyunkim@kangnam.ac.kr

Painterly Rendering Reflecting 2D Image Relighting and Color Change

Hwi-Jin Kim^o, Jong-Hyun Kim^{*}

^oSchool of Software Application, Kangnam University,

^{*}School of Software Application, Kangnam University

● 요약 ●

본 논문에서는 빛에 영향에 따른 유화의 변화를 보여주기 위해 2D 이미지 재조명과 색채변화를 반영한 회화적 렌더링 방법을 제안한다. 이 방법은 2D 이미지를 재조명하고 해당 음영 값을 가중치로 하여 색채변화를 반영해 렌더링한다. 이때 재조명의 경우 2D 이미지를 3D 이미지로 근사 추정하여 노말값을 결정하고 해당 값과 조명 위치값 사이의 각을 음영 값으로 추출하여 반영한다. 조명 위치는 사용자가 지정 가능하며 빛에 영향에 따른 색채변화 결과는 기존에 연구된 결과를 참조한다. 본 논문에서는 기존의 로컬 이미지에 근사한 자동 회화적 렌더링이 보여주는 단순하고 평면적인 결과에 비해, 재조명을 통해 빛바랜 색과 양감을 반영함으로써 현실에 존재하는 작품처럼 생동적이고 입체적인 렌더링 결과를 제공하여 문화예술작품으로의 표현 및 색채변화 예측-복원에 기여하고자한다.

키워드: 비사실적 렌더링(Non-photorealistic rendering), 회화적 렌더링(Painterly rendering), 유화 렌더링(Oil-painting rendering), 재조명(Relighting), 색채변화(Color change), 변색(Discoloration), 빛바램(Light faded),

I. Introduction

본 연구의 목적은 사용자 상호작용을 통해 2D 이미지를 재조명하고 재조명된 빛의 영향에 따른 색채변화를 반영한 렌더링 결과를 제공하는 것이다. 비사실적 렌더링 중 로컬 이미지의 근사치 값을 기반한 자동 회화적 렌더링은 스트로크를 캔버스에 합성하는 방식을 채택한 것으로 색상 차이 이미지 및 이미지 모멘트를 활용해 자동으로 스트로크의 배치, 크기, 방향을 결정해 준다[1]. 이는 대표적으로 유화 이미지로의 렌더링에 활용되며 본 논문에서는 해당 알고리즘을 기반으로 회화적 렌더링을 구성했다. 다만 2차원 이미지만 다루는 기존 방법과 다르게 이미지 재조명을 위해 3차원 정보도 활용한다. 또한 스트로크 색상 결정 방법에서도 차이가 있다.

이미지 재조명을 위해서 2D 이미지를 3D로 근사 예측하여 노말값을(법선벡터) 결정한다[2]. 결정된 노말과 사용자가 지정한 조명의 위치인 벡터 사이의 각을 음영으로 활용하여 2D 이미지로 재조명한다. 스트로크 색상 결정에는 기존 유화의 색채변화를 연구하여 유기안료와 무기안료의 내광성을 실험하고, 분광광도계로 측정하여 정량화된

데이터 값을 CIE L*a*b*로 제시한 것을 활용한다[3]. CIE L*a*b*로 제시된 색채변화를 RGB로 변환한 결과에 재조명을 통해 측정된 음영 값을 가중치로 반영하고자 한다.

II. Preliminaries

1. Related work

기존 NPR(Non Photo-realistic Rendering)에 관련된 연구들에서 유화, 수채화, 펜화, 수묵화 등 예술 매체의 표현을 구현하고자 시도해 왔다. 그러나 ‘예술’적 성과라기보다 지나치게 기술적인 측면에서 발전되어 온 인상을 받는다[3] 또한 실제 현실에서 작품감상 시 필수적으로 영향을 미치는 빛에 영향에 대한 반영이 되어 있지 않았다. 로컬 이미지의 근사치 값을 기반한 자동 회화적 렌더링은 사용자가 결정한 로컬 이미지의 크기를 스트로크의 최대 크기로 하며, 입력

이미지의 세부 사항을 살린 렌더링 결과를 보여준다 (Fig. 1 참조)[1].

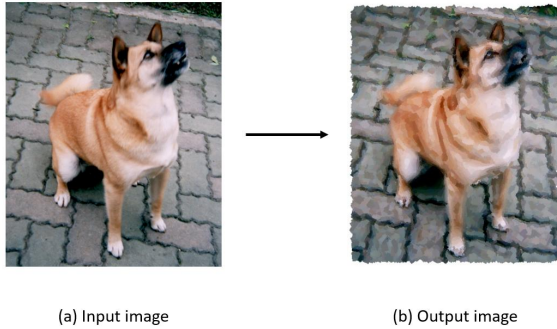


Fig. 1. Previous painterly rendering[1].

현실에서 우리가 작품을 볼 때는 조명을 비롯한 빛의 위치에 따라 작품의 명암, 음영, 색채 등에 영향을 준다. 특히 유희의 경우 인파스토 기법을 활용하기에 두텁게 바르기에 입체감이 중요한 특징이 되며 빛에 영향을 더욱 크게 받는다. 따라서 정확한 회화적 렌더링 알고리즘 구현을 위해서는 유희의 특징을 반영하고 빛이 작품에 영향을 주는 특징들 또한 충실히 알고리즘에 반영되어야 한다.

이헌형(2013)의 색채변화 연구에서 내광성 데이터를 값으로 제시했으나 해당 결과만으로는 색채변화를 고려해서 작품 결과를 예측 및 복원에 구체적으로 활용하기는 어렵다[4]. 따라서 현재 사용하고 있는 다양한 색과 충분한 시간 동안 실험한 색채변화 자료를 반영한 렌더링 결과를 통해 시각적으로 확인할 수 있도록 시각화해주는 연구가 필요하다.

III. The Proposed Scheme

1. Relighting

1.1. Light positioning

사용자가 임의의 조명 위치(x, y, z)를 선정한다. Fig. 2의 경우 우측 최하단에 해당하는 가로, 세로(x, y)와 높이(z) 100으로 조명 위치를 선택하였다.

1.2 Shading value extraction

본 논문에서는 이미지로부터의 노말값을 추출하기 위해 x의 방법을 활용하였다. 이렇게 얻어진 노말값을 향후 재조명에 의한 음영을 추출할 때 활용한다. 조명의 위치와 노말의 각도를 통해 음영에 해당하는 $\cos\theta$ 를 계산한다. 계산한 $\cos\theta$ 값을 활용하여 음영값으로 생성한 그레이스케일 이미지 및 재조명된 RGB 이미지를 생성한다.

2. Painterly rendering

회화적 렌더링 알고리즘의 기초로는 색상 차이 이미지와 이미지 모멘트가 있다. 색상 차이 이미지의 경우 다음 수식으로 정리된다.

$$I(x,y) = f(d(C, C_w(x,y)))$$

$$f(d) = \begin{cases} (1 - (d/d_0)^2)^2 & \text{if } d \in [0, d_0] \\ 0 & \text{if } d \in [d_0, \infty) \end{cases} \quad (1)$$

$I(x,y)$ 는 입력 이미지에서 잘라 온 로컬 픽셀을 의미하며 함수 $f(d) \in [0, 1]$ 의 계산으로 결정된다. $d(C_1, C_2)$ 는 CIE L*a*b* 색상 공간에서 C_1 과 C_2 의 유클리드 거리를 계산한 것이다. 이때 C_1 에 해당하는 C 는 입력 이미지에서 잘라 온 로컬에 해당하는 중심 색상이자 스트로크의 임시 색상을 의미한다. C_2 에 해당하는 $C_w(x,y)$ 는 입력 이미지에서 잘라 온 부분(local) 이미지의 픽셀들을 의미한다. d_0 의 값은 유클리드 거리를 통해 계산된 색상 차이 정도를 어느 범위까지 유사한 색상으로 인식할지를 결정한다. 이미지 모멘트의 경우 다음 수식으로 정리된다.

$$M_{lm} = \sum_x \sum_y x^l y^m I(x,y) \quad (2)$$

여기서 이미지 모멘트는 0차, 1차, 2차 등 존재하며 n차 이미지 모멘트라고 부른다. $n = l + m$ 를 만족하며 0차는 M_{00} , 1차는 M_{10} 와 M_{01} , 2차는 M_{20} , M_{02} 와 M_{11} 로 한다.

2.1 Stroke distribution

회화적 렌더링을 위해서는 먼저 붓칠할 범위 추정 후 붓칠할 위치의 분포를 결정해야 한다 (Fig. 2 참조).

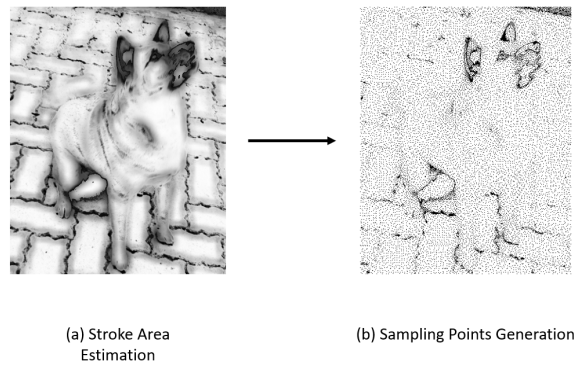


Fig. 2. Stroke distribution.

Fig. 2a는 붓칠할 범위를 추정한 결과이다. 범위 추정은 캔버스에 위치별로 배치할 스트로크의 밀도를 파악할 수 있게 한다. 여기서 밀도는 이미지의 세부 사항을 살리기 위해서 어느 부분을 촘촘하게 혹은 듥성듬성하게 붓칠할지 알려준다. Fig. 2a는 앞서 설명한 색상 차이 이미지를 통해 계산할 수 있으며 검은색에 가까울수록 해당 픽셀의 색상이 주변 픽셀과 색상 차이가 크다는 것을 의미한다. 즉, 주변 픽셀과 색상 차이가 작을수록 밝게 표현되고 차이가 클수록 어둡게 표현된다. Fig. 2b는 붓칠할 위치의 분포 결정하여 표시한 결과이며 Fig. 2a를 기반으로 생성한다. 어두운 부분을 더 촘촘하게

붓칠할 위치로 선정하기 위해서 지역성을 보존해주는 힐베르트 공간 채우기 곡선으로 공간을 채운다. 곡선을 따라 이동하며 픽셀값들을 누적하다 임계값에 도달하면 붓칠할 위치로 선택한다. 이렇게 선택한 위치를 이미지로 표시한 것이 Fig. 2b이다.

2.2 Stroke attributes

2.1 과정을 통해 스트로크들의 붓칠할 위치가 결정되었다면 이제는 스트로크의 속성들을 결정해야 한다(Fig. 3 참조).

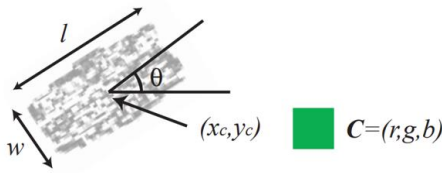


Fig. 3. Stroke attributes.

스트로크의 속성은 크기에 해당하는 w, l, 중심에 해당하는 Xc, Yc, x축을 기준으로 회전한 회전 방향에 해당하는 θ 마지막으로 임시 색상에 해당하는 C가 있다. 해당 속성들은 색상 차이 이미지와 이미지 모멘트를 활용해 계산되며 스트로크 색상 외의 속성들은 수식 3에 따라 계산된다.

$$\begin{aligned}
 x_c &= \frac{M_{10}}{M_{00}}, \\
 y_c &= \frac{M_{01}}{M_{00}}, \\
 \theta &= \frac{\tan^{-1}\left(\frac{b}{a-c}\right)}{2}, \\
 w &= \sqrt{6\left(a+c-\sqrt{b^2+(a-c)^2}\right)}, \\
 l &= \sqrt{6\left(a+c+\sqrt{b^2+(a-c)^2}\right)}, \\
 a &= \frac{M_{20}}{M_{00}} - x_c^2, \\
 b &= 2\left(\frac{M_{11}}{M_{00}} - x_c y_c\right), \\
 c &= \frac{M_{02}}{M_{00}} - y_c^2.
 \end{aligned} \tag{3}$$

스트로크의 색상 결정은 이현형(2013)의 연구 결과를 정리한 것과 재조명할 때 계산한 음영값을 활용하여 결정한다[4]. 이현형(2013)의 연구에서 제시된 CIE L*a*b* 값을 본 연구의 취지에 맞게 활용하기 위해서는 색체의 시각적 확인이 가능해야 한다. 따라서 혼합색을 제외한 자외선 노출 전후 CIE L*a*b* 결과와 이를 RGB로 변환한 값을 다음과 같이 따로 정리하였고 참조했다. (Fig. 4 참조)

VERMILION #3				BLUE GREEN PALE #41			
#3	L	A	B	#41	L	A	B
	49.25	50.48	34.93		55.87	-53.72	14.06
	37.70	27.33	18.91		55.17	-48.58	1.99
	bf_BGR [62 74 201]				bf_BGR [107 155 0]		
	af_BGR [61 70 135]				af_BGR [128 152 0]		

Fig. 4. Result of color change

스트로크 색상 결정 과정을 정리하면 다음과 같다. 임시 색상 C의 RGB 값과 오차가 가장 적은 자외선 노출 전 RGB 데이터를 찾는다. 해당 데이터의 자외선 노출 후 RGB 데이터를 가져오고 이 값에 음영을 가중치로 반영해준다. 이후 임시 색상과 자외선 노출 전 RGB 값 사이의 오차만큼 더하여 색 차이로 인한 오차를 보완하는 방식으로 구현한다.

2.3 Painting order

스트로크 크기 속성(w,l)이 큰 것에서 작은 것 순서로 캔버스에 그리도록 정렬한다. 그리고 정렬한 스트로크 순서대로 각각의 스트로크의 속성들을 참고하여 렌더링한다.

3. Results

우측 최하단에 조명을 배치하여 이미지 재조명 후 색채변화를 반영해 렌더링한 결과이다 (Fig.5~Fig. 7).

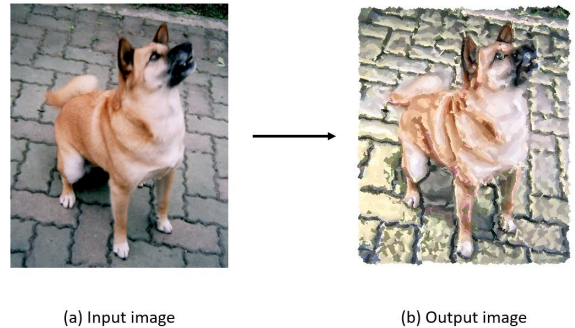


Fig. 5. Our method (scene1).

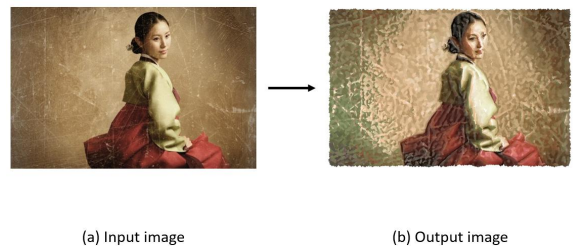


Fig. 6. Our method (scene1).

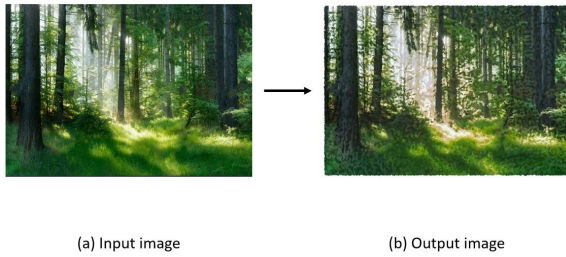


Fig. 7. Our method (scene1).

Contents Association Conference, pp. 259-264. The Korea Contents Association, 2006.

[4] Hun-hyung Lee. A Study on the Oil Color's Light Stability and Color Change Resulting from Ultraviolet Rays. Journal of Korean Society of Color Studies. pp.106-116. 2013.

IV. Conclusions

본 논문에서는 2D 이미지 재조명에 따른 색채변화를 반영한 회화적 렌더링이라는 새로운 프레임워크를 제안하였다. 회화적 렌더링을 보다 예술적인 측면에서 접근하고 기존 연구에서는 고려되지 않았던 빛의 영향을 고려함으로써 알고리즘을 개선하였다. 기존의 렌더링 결과와 비교하여 차이를 확인할 수 있도록 했으며 추가적인 이미지 테스트 통해 빛의 영향에 따른 색채변화를 반영한 렌더링의 성능을 입증하였다.

해당 알고리즘을 제안함으로써 문화예술작품의 색채변화 예측 및 복원에 기여하고 더 나아가 2D 가상 예술작품의 제작 가능성을 확장하고자 했다. 다만 회화적 조성 방법과 제조기술에 따라 색채변화가 다르게 일어나기 때문에 해당 알고리즘이 예술작품의 예측과 복원에 유의미하게 활용되기 위해서는 다양한 인료조합에 대한 색채변화 연구가 선행되어야 한다. 또한 자외선, LED 등 여러 빛의 영향에 따른 색채변화 연구도 필요하다.

현재로서는 색채변화 데이터가 부족하기에 다양한 조합에 따른 빛바랜 색상을 반영하기는 어렵다는 한계점이 있다. 향후 혼합색과 형질 변화에 따른 색채 영향을 반영 데이터 등의 확보하여 결과의 사실성을 확장하고자 한다. 이처럼 다양한 데이터가 확보된다면 이것을 반영하여 가상 예술작품 제작이 가능하도록 렌더링 알고리즘을 보완할 계획이다.

REFERENCES

[1] Michio Shiraishi and Yasushi Yamaguchi, An Algorithm For Automatic Painterly Rendering Based On Local Source Image Approximation. University of Tokyo. pp.53-58.???.

[2] Khan, Salman, Hossein Rahmani, Syed Afaq Ali Shah, and Mohammed Bennamoun. "A guide to convolutional neural networks for computer vision." Synthesis lectures on computer vision 8, no. 1 (2018): 1-207.

[3] Huh, Soo-Jung, and Jin-Wan Park. "Analysis of the Oil painting for the painterly rendering-focusing on the 19C Impressionism painting." In Proceedings of the Korea