

채색 분리를 이용한 그림 영상에서의 색변환 기법

곽정민^o 박찬우 문영식
한양대학교 컴퓨터공학

imkwak^o@cse.hanyang.ac.kr, cwpark@cse.hanyang.ac.kr, ysmoon@cse.hanyang.ac.kr

Color Transfer in Painting Images Using Separation of Saturation

Jeong Min Kwak^o Chan Woo Park Young Shik Moon
Dept. of Computer Science & Engineering
Hanyang University

요 약

색 변환(Color Transfer) 기법은 컴퓨터 비전 및 영상 처리 분야에서 점점 더 많은 연구가 되고 있는 분야이다. 이는 참조 영상의 분위기를 원본 영상에 반영하는 기법이다. 본 논문에서는 채도가 낮은 색상에서 나타나는 잘못된 연산 결과를 해결하기 위해 채도 문턱치에 따라 유채색과 무채색으로 분류하여 인덱싱 하고, Lab색 모델에서 색상 채널인 a, b를 사용하여 그림 영상에서의 색 변환하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 영상의 화소들의 채도 문턱치를 이용하여 유채색과 무채색으로 분류하는 단계, 분류된 화소들의 색 특성을 이용한 cylindrical metric를 이용한 인덱싱 하는 단계, 각 인덱스 내의 위치적 표준편차와 화소수를 이용하여 인덱스들의 우열을 가리는 단계, 인덱스들의 우세한 순서로 Lab 색 모델에서 a 채널과 b 채널을 이용하여 색 변환하는 단계 등 4단계로 구성된다. 실험결과는 제안한 방법이 무채색과 유채색이 잘 분류되어 인덱싱 되었음을 보이고 원본 영상의 색이 참조영상의 색으로 잘 변환된 것을 보인다.

1. 서 론

그림(painting)은 화가의 스타일뿐만 아니라 사용되는 원료에 따라 같은 색이라도 다양하게 표현된다. 색은 영상에서 영향력 있는 요소 중의 하나이며, 여러 가지 색 처리 기법들이 영상처리 분야에서 제안되고 있다. 그 중 색 변환 기법은 컴퓨터 비전 및 영상 처리 분야에서 점점 더 많은 연구가 되고 있는 분야 중 하나이다. 이는 참조 영상의 색상 분위기를 원본 영상에 반영하는 기법이다.

색 변환 기법들은 일반적으로 간단한 통계적 기법들을 사용하였다. Reinhard^[2] 등은 Lab 색 모델에서 평균과 표준편차를 이용한 색 변환 기법을 제안하였고, Xiao^[2] 등은 RGB 색 모델에서 색 변환 기법을 제안하였다. Neumann^[3] 등은 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Lightness)를 이용하여 3D 히스토그램을 통한 색 변환 기법을 제안하였다.

이와 같은 변환 기법들은 영상 전체를 대상으로 적용되었으며, 간단한 통계적 분석을 통해 성공적으로 색 변환을 수행하였지만, 영상을 표현하는 색이 다양해질수록 참조 영상의 분위기를 살리지 못한 색으로 변환되는 문제가 발생되었다. 또한 색을 사용하는 기법에서 낮은 채도 상에서 색상의 식별력 저하로 인해 무채색을 유채색으로 분류하여 색 변환함으로써 원하지 않은 색상으로 색 변환이 이루어지기도 하였다.

Greenfield^[4] 등은 영상을 표현하고 있는 대표 색상을 추출하여 색 변환하는 팔레트(Palette) 기법을 제안하였다. 추출된 색상은 그 영상의 분위기를 대표하여 색 변

환시 참조 영상의 색을 잘 반영하였다. 하지만 영상에서 추출된 팔레트의 수가 불필요하게 많아지거나 유사한 색상이 추출되는 경우도 있었다. 유사한 색상을 사용할 경우, 비슷한 색이 각기 다른 영역으로 분류 되어 서로 다른 색으로 색 변환되는 문제가 발생하였다.

본 논문에서는 채도 문턱치를 이용하여 무채색과 유채색으로 영상을 나누고, 나누어진 유채색과 무채색을 인덱싱 하여 그림 영상에서 색 변환하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 낮은 채도 상에서 색상의 식별력 저하로 인해 무채색이 유채색으로 분류되어 적절하지 못한 유채색으로 색 변환 되는 것을 제한한다.

또한, 인덱싱 할 때에는 Berlin^{[5][6]} 등에 의해 처음으로 보고된 Basic Color Terms를 사용한다. Berlin 등은 98개의 언어를 통해 유사한 타입과 색 범위들을 조사하여 11개의 보편적인 Basic Color Terms를 가지는 것을 보고하였다. Basic Color Terms를 가지는 것을 보고 하였다. Basic Color Terms는 영어로 red, green, yellow, blue, brown, purple, pink, orange, black, white, gray로 구성되었다. 본 논문에서는 이를 이용하여 인덱싱 함으로써, 인덱스의 수가 무한정 늘어나는 것을 제한한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 채도 문턱치를 이용하여 유채색과 무채색으로 구분하고, cylindrical metric을 통해 인덱싱 하는 방법을 설명한다. 3장에서는 각 인덱스의 우세한 순서로 Lab 색 모델에서 색 변환하는 것을 설명한다. 4장에서는 실험 결과를 보여주고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 채도 문턱치와 인덱싱

2.1 채도 문턱치를 이용한 유채색과 무채색의 분류

화소의 색상은 밝기 성분과 독립적이기 때문에 HSI 색 모델의 세 채널 중 가장 큰 식별력을 갖지만, 채도가 매우 낮을 경우에는 색상을 분리해 내는 기능이 크게 저하되어 식별력이 불안정하다는 문제점을 갖고 있다.

채도는 '0'에 가까울수록 명도(Intensity)에 근접하여 색상(Hue)을 구분하기 힘들어지며, 채도가 '1'에 가까울수록 색상에 근접하여 명도를 구분하기 힘들어진다. 또한, 인간의 시각은 채도의 변화에 덜 민감하게 작용하므로, 색상이나 명도가 인간의 시각적 지각에 더 관계가 있음을 알 수 있다. 그러므로 채도의 변화를 제한함으로써, 영상을 유채색과 무채색으로 분류하여 색 변환하는 것이다. 채도 문턱치 값(T_s)은 Sural^[7], Kim^[8] 등이 제안한 0.2를 사용한다.

$$\begin{cases} P_s \geq T_s, & \text{chromatic} \\ P_s < T_s, & \text{achromatic} \end{cases} \quad (1)$$

- P_s : 영상의 화소
- T_s : 채도문턱치

식 (1)을 이용하여 화소의 채도 값이 0.2를 넘으며 유채색으로 분류하고 그렇지 않으면 무채색으로 분류한다. 영상뿐만 아니라 Basic Color Terms도 채도 문턱치 값인 0.2를 기준으로, 유채색은 red, green, yellow, pink, blue, brown, orange, purple로 구분하고 무채색은 white, black, gray로 구분한다.

2.2 Cylindrical metric을 이용한 인덱싱

각 화소들과 Basic Color Terms 간의 색 유사도 측정을 위해 사용되는 Cylindrical metric은 인덱싱 되는 색과 각 화소들 간의 투영 거리를 계산하는 것으로서 두 화소 x, y 에 대해 D_{cyl} 는 다음과 같이 정의한다^[9].

$$D_{cyl}(x, y) = \sqrt{(d_I^2 + d_C^2)} \quad (2)$$

$$d_I = |I_x - I_y| \quad (3)$$

$$d_C = \sqrt{(S_x^2 + S_y^2 - 2S_x S_y \cos\theta)} \quad (4)$$

$$\theta = \begin{cases} |H_x - H_y|, & \text{if } |H_x - H_y| < 180^\circ \\ 360^\circ - |H_x - H_y|, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

- H : Hue
- S : Saturation
- I : Intensity

식 (3)과 (4)는 두 화소간의 명도와 색상 간의 유클리드 거리를 의미하며, 식(5)는 HSI 색 모델에서 두 화소간의 거리가 된다. 이 거리가 작을수록 서로 가까운 색

이며 각 화소와 11가지 Basic Color Terms의 Cylindrical metric을 구하여 최소 거리를 가지는 Basic Color Terms에 속한다고 정의한다.

3. 색변환

3.1 인덱스의 우열 결정

우열한 순으로 인덱스를 정렬하여 그 순서에 맞게 색 변환을 함으로써, 전체적인 영상의 색에 반하지 않고 색 변환을 할 수 있게 한다. 인덱스의 우열을 구하기 위해서 각 인덱스에 속하는 화소수를 측정한다. 하지만 화소 수만을 사용하여 우열을 결정할 경우, 영상에서 분산도가 높은 화소 수에 의해 우선순위가 변동이 될 수도 있으며, 이는 영상의 전체적인 분위기를 해칠 수도 있다. 그래서 위치적인 표준편차를 추가하여 영상의 전체적인 분위기를 주도하는 인덱스가 우위에 오도록 한다.

3.2 인덱스 내의 평균과 표준편차

색 변환을 위해 각 인덱스들에 속하는 화소들의 평균과 표준편차를 구한다. 식 (6)은 각 인덱스 내에 속하는 화소들의 평균이고 식 (7)은 각 인덱스 내에 속하는 화소들의 표준편차이다.

$$\mu^i = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} P_k^i \quad (6)$$

$$\sigma^i = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} (P_k^i - \mu^i)^2 \quad (7)$$

- i : 인덱스의 번호
- μ^i : i 번째 인덱스의 평균
- σ^i : i 번째 인덱스의 분산

원본 영상과 참조 영상에서 나타나는 인덱스의 수가 일치하거나 참조 영상에 나타나는 인덱스의 수가 많은 경우도 있지만 그렇지 않은 경우도 존재한다. 원본 영상의 인덱스의 수가 많을 경우에는 참조 영상의 빈 인덱스의 평균과 표준편차에 의해 잘못된 색으로 변환된다.

비어있는 인덱스의 평균과 표준편차를 구하기 위해 구해진 인덱스들의 평균과 표준편차를 이용한다. 이는 영상의 인덱스들의 평균과 표준편차를 이용함으로써 영상의 전체적인 분위기를 해치지 않기 위함이다.

$$\mu^{bin-i} = P_{BCTs}^i + \frac{1}{i} \sum_{k=1}^i (P_{BCTs}^k - \mu^k) \quad (8)$$

$$\sigma^{bin-i} = \frac{1}{i} \sum_{k=1}^i \sigma^k \quad (9)$$

- P_{BCTs}^i : i 번째 인덱스의 Basic Color Terms

식(8)은 빈 인덱스의 평균으로써 구해진 인덱스들의 평균과 인덱스의 색인 Basic Color Terms와의 차이를 구하고 그 차이들의 평균을 구하여 빈 인덱스의 Basic

Color Terms 값을 더한다. 식 (9)는 빈 인덱스의 표준편차로써 인덱스들의 평균적인 표준편차 값을 구한다. 이를 이용하여 원본 영상과 참조 영상의 인덱스 수의 차이로 인한 오류를 막을 수 있다.

3.3 색 변환

색 변환을 위해 Reinhard^[1] 등이 제안한 방법을 사용한다. Reinhard 등이 제안한 간단한 통계적인 방법인 Lab 색 모델에서의 평균과 표준편차를 이용한 색 변환 기법을 사용한다. 또한, 그림 영상을 대상으로 하며 색상 정보를 이용하여 변환하므로 Lab 색 모델에서 빨간색과 초록색의 색 정보를 나타내는 a 채널과 파란색과 노란색의 색 정보를 나타내는 b 채널을 이용하여 색 변환한다^[4].

식 (10), (11)을 이용하여 연산되는데, 원본 영상의 화소는 그 화소가 속하는 인덱스 내의 평균을 빼고, 원본 영상과 참조 영상의 표준편차의 비율을 곱해준다. 그리고 그 화소가 속하는 인덱스와 대응한 참조 영상의 인덱스의 평균을 더해줌으로써 색 변환한다. 식 (10), (11)을 이용하여 우세한 인덱스 순으로 원본 영상과 참조 영상의 색 변환을 수행한다.

$$a' = \frac{\delta_{reference}^i}{\delta_{source}^j} (a - \mu_{source}^j) + \mu_{reference}^i \quad (10)$$

$$b' = \frac{\delta_{reference}^i}{\delta_{source}^j} (b - \mu_{source}^j) + \mu_{reference}^i \quad (11)$$

- μ_{source}^j : 원본 영상의 j번째 인덱스 평균
- δ_{source}^j : 원본 영상의 j번째 인덱스 표준편차
- $\mu_{reference}^i$: 참조 영상의 i번째 인덱스 평균
- $\delta_{reference}^i$: 참조 영상의 i번째 인덱스 표준편차
- a, b : 원본영상의 a, b 채널
- a', b' : 색변환된 a, b 채널

4. 실험 결과

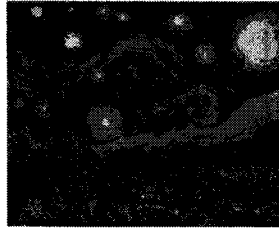
제안한 방법을 검증하기 위해 WebMuseum, Paris^[10]와 artframed^[11]의 그림 영상을 사용하여 원본 영상을 참조 영상의 색으로 변환하는 것을 실험한다. 비교된 방법은 Greenfield^[4] 등이 제안한 방법이다.

4.1 채색 분리를 이용하여 인덱싱 한 결과

그림 1의 (a)를 보면, 교회의 뾰족탑, 소용돌이, 마을 부분이 무채색에 속하는 것을 확인할 수 있다. 무채색과 유채색을 분리하지 않고 인덱싱 한 (b) 영상을 보면 무채색 부분이 채색으로 분류 되어 유채색으로 인덱싱 되었다. 하지만 제안된 방법을 이용하여 인덱싱 한 (c) 영상을 보면 무채색과 유채색이 분리 되어 무채색에 속하는 부분들이 유채색으로 분류되는 오류가 줄어들었음을 확인할 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 1. 유채색과 무채색을 분리하여 인덱싱 한 결과 (a) 입력 영상, (b) 채색을 분리하지 않고 인덱싱 한 결과, (c) 채색을 분리하여 인덱싱 한 결과

4.2 인덱싱 결과

영상에서 채도의 구분 없이 인덱싱 할 경우 낮은 채도 상에서 색상의 식별력 저하로 인해 무채색 영역인데도 불구하고 색 모델의 값에 의해 유채색으로 구분되는 문제가 발생된다. 이를 극복하기 위해 채도 문턱치를 기준으로 무채색과 유채색을 나누어 11가지 Basic color Terms의 색상으로 인덱싱 한다.

그림 2의 (a)는 원본 영상이고 (b)는 Greenfield 등이 제안한 방법으로 원본 영상인 (a)에서 추출된 팔레트 색상이다. 그리고 (c)는 제안한 방법으로 인덱싱 하였을 때, 각 인덱스들의 평균값을 색으로 나타낸 것이다. 팔레트의 경우 전체 24가지 색상으로 나타나며, 유사한 색상들이 2개 이상인 경우도 있다. 예를 들어 팔레트의 붉은 타입이 적어도 4가지 이상 나타난 것을 확인할 수 있다. 제안된 방법에서는 11가지의 적은 색상으로도 효과적으로 인덱싱 한 결과를 얻을 수 있다.

4.3 색 변환 결과

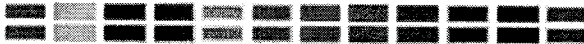
채도 문턱치를 사용하여 유채색과 무채색으로 분리하여 인덱싱 된 영상을 색 변환하는 실험을 수행한다.

그림 3의 (a)를 보면, 오른쪽 윗부분과 왼쪽 윗부분은 유사한 색상이다. 하지만 그림 3의 (c)인 경우 두 부분이 각기 다른 색으로 변환되었음을 확인할 수 있다. 또한, 배경 부분을 보면, 노란색과 파란색이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 노란색은 참조 영상을 나타내는 색상이지만 파란색인 경우 참조 영상을 나타내는 색 특성에 반하는 색상이다. 이는 같은 영역인데도 불구하고 다양한 팔레트 색상으로 인해 서로 다른 영역으로 분류되었기 때문이다. 제안된 방법의 결과인 그림 3의 (d)를 보면, 효과적으로 인덱싱 되어 배경에서도 참조 영상의 색 특

성이 잘 반영 된 것을 확인할 수 있다. 그리고 가면 내의 색상도 (c)의 결과처럼 부자연스럽지 않고 일괄적으로 색 변환된 것을 볼 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 2. 채도 문턱치를 이용한 인덱싱 결과 (a) 입력 영상, (b) Greenfield 등이 제안한 팔레트 색상, (c) 제안한 방법

그림 4의 (c)를 보면, 영상 전체의 명도가 낮게 나타난 것을 확인할 수 있다. 이는 입력 영상인 (a)의 뒷 배경에 나타난 낮은 명도에 영향을 받아 전체적인 분위기가 어두워졌으며, (c) 영상의 길 부분도 낮은 명도의 영향을 받아 원근감이 사라진 것을 볼 수 있다. 또한, (b) 영상의 왼쪽 부분에 있는 집을 보면 벽면에 흰색 부분이 나타난 것을 확인할 수 있는데, (c) 영상에서 보면 그 벽면의 색이 선명한 무채색으로 바뀐 것을 확인할 수 있다. 하지만 제안된 방법으로 색 변환된 (d) 영상을 보면, 길 부분에 원근감이 표현되어 있으며, 왼쪽의 벽면에도 흰색도 (b) 영상처럼 부드럽게 표현된다.

5. 결과

본 논문에서는 채도 문턱치를 사용하여 인덱싱 된 영상을 색 변환하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 채도 문턱치를 사용하여 인덱싱 한 결과 낮은 채도 상에서도 적절한 유채색과 무채색으로 분류함으로써 효과적으로 인덱싱 한 결과를 보인다. 또한, Lab 색 모델에서 a 채널과 b 채널만을 사용함으로써 조명을 배제한 고유한 색을 이용하여 효과적으로 색 변환된 결과를 보인다.



(a)

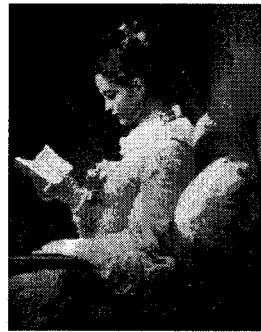
(b)



(c)

(d)

그림 3. 색 변환 결과 (a) 원본 영상, (b) 참조 영상, (c) Greenfield 등이 제안한 방법, (d) 제안한 방법



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 4. 색 변환 결과 (a) 원본 영상, (b) 참조 영상, (c) Greenfield 등이 제안한 방법, (d) 제안한 방법

Acknowledgment

본 연구는 한국건설교통기술평가원 건설기술혁신사업 (05첨단융합B01) 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] E. Reinhard, M. Ashikhmin, B. Gooch and P. Shirley, "Color Transfer between Images," IEEE Computer Graphics and Applications, Volume 21, pp.34-41, 2001.
- [2] X. Xiao and L. Ma, "Color Transfer in Correlated Color Space," Proceedings of the 2006 ACM international conference on Virtual reality continuum and its applications, pp.305-309, 2006.
- [3] L. Neumann and A. Neumann, "Color Style Transfer Techniques Using Hue, Lightness and Saturation Histogram Matching," In Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging 2005, pp.111-122, 2005.
- [4] G. Greenfield and D. House, "Image Recoloring Induced by Palette Color Associations," Journal of Winter School of Computer Graphics and CAD Systems , Vol. 11, pp.189-196, 2003.
- [5] B. Berlin and P. Kay , "Basic Color Terms: Their Universality and Evolution," Center for the Study of Language and Inf, 2001.
- [6] Y. Chang , K. Uchikawa and S. Saito, "Example-Based Color Stylization Based on Categorical Perception," Proceedings of the 1st Symposium on Applied perception in graphics and visualization, pp.91-98, 2004.
- [7] S. Sural, G. Quin and S. Pramanic, "Segmentation and Histogram Generation Using the HSV Color Space for Image Retrieval," in Proceedings of the IEEE 2002 International Conference on Image Processing, pp.589-592, 2002
- [8] T. Kim, S. Kim and K. Lee, "Content-Based Image Retrieval Using Adaptive Representative Color Histogram and Directional Pattern Histogram," journal of IEEK, Vol.42, pp.119-126, 2005.
- [9] H. Nam, B. Kim and W. Kim, "Block-based Color Image Segmentation Using Cylindrical Metric," journal of IEEK, Vol.42, pp.285-292, 2005.
- [10] <http://www.ibiblio.org/wm/>
- [11] <http://www.artframed.com>