

영상 분할 기반의 색상 전이

허준영 이윤진 이승용
포항공과대학교 컴퓨터그래픽스연구실
{aquari22, jin, leesy}@postech.ac.kr

Color Transfer Based on Image Segmentation

Junyoung Heo Yunjin Lee Seungyong Lee
POSTECH

요약

색상 전이는 스타일 전이, 색이 바랜 사진의 복원, 색상화, 색상의 보정에 사용될 수 있는 기법이다. 본 연구에서는 기존 색상 전이의 문제점을 해결하기 위해서 영상 분할 기반의 색상 전이 기법을 제시한다. 영상에서 색상의 가장 의미있는 최소 단위를 픽셀로 보고 있는 기존 연구에 반해서, 본 연구에서는 영상 조각을 영상에서 가장 의미 있는 최소 단위로 보고 색상 전이를 수행한다. 영상 분할 기반의 색상 전이를 통해서 기존 연구에서 발생할 수 있었던 픽셀간의 코히런스 문제를 해결한다. 또한 영상 분할 기반으로 했을 때에 생길 수 있는 경계 문제를 해결하기 위한 새로운 방법을 제시한다. 제시된 기법을 이용해서 색상 전이의 응용인 스타일 전이에 적용한다.

제 1 절 서론

색상화(colorization)에서 아이디어를 얻은 사람들은 컬러 영상을 사용자가 원하는 또 다른 컬러 영상으로 바꾸는 색상 전이(color transfer) 연구에도 관심을 가지게 되었다. 대낮에 찍은 사진을 아름답게 저무는 석양의 사진으로 바꾼 다던가, 오래전에 찍은 색이 바랜 컬러 영상을 원래의 색상으로 복원한다던가, 스타일 전이의 목적으로 대상 영상을 참조 영상의 색상으로 바꾸려고 하는 등의 목적으로 색상 전이 기법이 연구되기 시작하였다.

최근까지 색상 전이의 연구 경향은 픽셀 기반의 연구가 주요한 키워드였다. Reinhard 등 [12]의 연구와 몇몇 연구를 제외하면, 다른 이전 연구들은 처음부터 픽셀 기반의 연구 [11, 13, 10]를 하거나, 혹은 처음 접근은 범주 기반의 색상 전이였지만 실제적인 의미는 픽셀 단위의 색상 전이 [5, 4, 3] 방식의 연구가 대부분이다.

픽셀 기반의 연구를 살펴보면 최근에 가장 좋은 결과를 보여준 Levin 등 [11]의 연구에서는 사용자 입력을 통해서 실제 카메라로 찍은 영상과 거의 차이가 없는 좋은 결과를 얻었다. 그 외의 연구에서는 사용자 입력 없이 자동화된 색상 전이 기법들이었다. 픽셀 기반의 연구들이 주된 이슈가 되고 있지만, 픽셀 기반의 연구에서 한계가 있었다.

그 이유를 분석해 보면, 영상에서 색상은 각각의 한 픽셀의 의미가 있기 보다는 그 픽셀들이 모여서 이루어진 어떤 사물, 장면, 느낌이 더 큰 의미가 있다고 볼 수 있다. 결국 사용자 입력을 통해서 정확한 색상을 지정해 줄 수 있는 경우 [11]가 아닌 이상, 색상 전이를 위해서는 픽셀 단위로 색상을 전이하기 보다는 어떤 구조를 통해서 색상을 전이하는 것이 더 이상적이라고 할 수 있다. 즉 픽셀간의 응집성(coherence)을 고려할 수 있는 색상 전이 단위가 필요하다.

본 연구에서는 크게 다음과 같은 두 가지의 목표를 제시한다.

- 기존 픽셀 기반의 색상 전이 방법과 다르게 좀더 의미 있는 단위인 영상 조각(image segment) 단위로 영상을

분할하고 이것을 가지고 색상을 전이하는 새로운 프레임워크(framework)을 만든다. 색상 조각 단위로 색상을 전이할 경우 픽셀간의 응집성이 보장된다.

- 새로운 색상 전이 프로세스를 이용해서 여러 응용들을 만들어 본다. 가장 먼저 색상 전이 결과를 텍스처 전이 기법에 적용해서 색상이 변화된 텍스처 전이의 결과를 본다.

제 2 절 관련 연구

이 장에서는 영상 분할 기반의 색상 전이를 설명하기에 앞서 관련된 연구들을 살펴본다. 우선 흑백 영상을 컬러 영상으로 전이하는 색상화를 살펴보고, 컬러 영상간의 색상을 옮기는 색상 전이와 관련된 연구들을 살펴본다.

2.1 흑백 영상의 색상화

최근 흑백 영상의 색상화에서 좋은 결과가 나오기 시작한 것은 Levin 등의 연구부터이다. Levin 등 [11]은 사용자에 의한 색상 입력을 주지만, 적은 색상 입력으로도 좋은 색상화 결과를 얻는 기법을 제시하였다. 이 방법은 흑백 영상에 사용자가 적절한 색깔로 컬러 영상이 될 스크리블을 먼저 그려준다. 이 스크리블은 다음 프로세스인 선형 시스템을 풀 때에 제약조건(constraint)이 되어 스크리블이 그려지지 않은 흑백 픽셀까지 색상이 전파된다. 이 기법의 결과는 실제 사진과 상당히 유사한 결과까지 낼 수 있는 큰 장점이 있다. 하지만 이 기법의 단점은 사용자가 스크리블을 그려주는 것이 쉽지가 않다. 스크리블의 적절한 색상도 문제이기니와, 스크리블을 적절하게 필요한 부분까지 그리기가 쉽지가 않다. 만약 스크리블의 적절한 색상 선택과, 배치기가 이루어지지 않는다면 결과의 질은 상당히 떨어진다.

Levin 등의 연구에서 사용자 입력을 능숙하게 주는 것이 쉽지 않기 때문에 이런 문제점을 해결하기 위해 Irony 등 [10]은 자동화된 색상화 기법을 제시하였다. Irony 등

의 기법은 Levin 등의 방법에 착안하여, 스크리블과 유사한 개념인 마이크로스크리블 (micro-scribble)을 자동적으로 생성해주는 방법으로 수행된다. 이 방법은 신뢰도 지도(confidence map)를 정의하고, 이것을 바탕으로 마이크로스크리블을 결정한다. 결정된 마이크로스크리블을 가지고 Levin 등의 방법과 같이 선형 시스템을 풀어서 신뢰도(confidence)가 높지 않은 픽셀들의 색상을 얻는다. 이 방법은 완전 자동화된 색상화 기법을 제시하였다는 데 큰 의미가 있다. 하지만 이 방법은 대상 영상과 참조 영상이 유사한 경우에만 색상화가 이루어진다는 단점이 있다. 즉 대상 영상이 치타 영상이면 참조 영상도 그와 비슷한 치타 영상이어야만 한다.

2.2 컬러 영상의 색상 전이

색상 전이의 초기 연구에는 Reinhard 등 [12]의 연구가 있었다. 이 연구는 대상의 전체 영상에 참조 영상의 대표되는 분위기(tone) 색상을 찾아서 대상 영상을 바꿔주는 기법이 있었다. 하지만 대상 영상에 하나의 분위기 색상만 전이하기 때문에 다양한 분위기의 색상을 가진 참조 영상에 대해서는 결과가 좋지 못하다.

이런 문제를 해결하기 위한 연구가 Chang 등 [5]의 색상 클러스터링에 기반을 둔 기법이다. 이 연구에서는 먼저 대상 영상과 참조 영상을 BCTS(Basic Color Terms)의 11개의 색상(검은색, 흰색, 빨간색, 녹색, 노란색, 파란색, 갈색, 보라색, 분홍색, 오렌지색, 회색)중에서 검은색, 흰색, 회색을 제외한 8가지의 색상으로 범주화 (categorize) 한다. 이렇게 8개의 색상으로 픽셀들의 범주가 결정되면 같은 범주끼리 색상 전이를 한다. 이 기법은 범주화 방법으로 색상 전이 문제를 접근하면서 이전 연구들의 단조로운 색상 전이가 아닌 보다 다양한 색상으로 자동화된 색상 전이를 시도했다는 점에서 의미가 있다. 하지만 픽셀의 주위 색상 정보를 고려하지 않기 때문에 pseudo-outlier가 생길 가능성이 있고 이를 최소화 하기 위해서 이 연구에서는 이미지 공간에서 Fuzzy Color Naming이라는 블러링(blurring)기법을 통해서 후처리 과정을 수행하고 있다. 이 기법의 단점은 각 범주의 경계에 걸쳐져 있는 색상을 가진 픽셀이 많을 경우 원하는 결과와 다른 색상의 결과가 나올 수 있다.

제 3 절 영상 분할 기반의 색상 전이

이 장에서는 영상 분할 기반의 색상 전이를 위한 프로세스를 설명한다. 먼저 영상 분할 기반의 색상 전이 알고리즘을 개괄하고, 프로세스의 각 단계인 영상 분할, 히스토그램 명세화, 대상 영상 조각과 참조 영상 조각의 매칭, 색상 전이, 영상의 경계 처리 방법에 대해 설명하고 그 과정들의 의미를 자세히 설명한다.

3.1 알고리즘 개괄

본 연구에서 제시하는 색상 전이 프로세스는 색상 전이를 하려는 대상 영상(target image)과 색상 전이의 색상 정보를 제공하는 참조 영상(reference image)에 대해 총 다섯 단계로 수행된다. 그림 1을 보면 본 연구의 프로세스를 알 수 있다.

1. 영상 분할 과정 : 먼저 대상 영상과 참조 영상이 입력으로 주어지면 각각의 영상에 대해서 영상 분할 과정을 수행한다.

2. 히스토그램 명세화 : 영상 분할 과정이 끝나면 참조 영상의 휘도 정보를 가지고 대상 영상에 히스토그램 명세화 과정을 수행한다. 히스토그램 명세화 과정은 색상의 요소 중에서 휘도 성분을 참조 영상과 비슷하게 하는 과정이다.
3. 대상 영상 조각과 참조 영상 조각의 매칭 : 히스토그램 명세화된 대상 영상은 그 분할된 영역에 대해서 참조 영상의 분할된 영역과 가장 비슷하다고 결정되는 매칭(matching)을 만든다. 이 매칭은 색상 전이에서 어떤 색상을 전이할지 결정할 수 있는 정보를 제공한다.
4. 색상 전이 : 매칭 관계가 결정된 대상 영상에 대해 색상 전이 과정을 수행한다.
5. 영상의 경계 처리 : 전이되는 색상이 영상의 실제 경계를 넘어가지 않도록 영상 조각의 경계 부분을 다듬는 과정을 수행한다.

3.2 영상 분할

영상 분할 단계에서는 색상 전이의 기본이 되는 단위로 대상 영상을 분할 한다. 대상 영상을 분할하는 이유는 근본적으로 한 영상에서 의미있는 최소의 단위는 하나의 픽셀이 아니고, 픽셀로 이루어진 형태, 장면, 느낌이라고 볼 수 있다. 그런 의미있는 영상 단위를 ‘영상 조각’이라고 본 논문에서는 정의한다. 영상 분할은 mean-shift 영상 분할 [6]의 방법으로 수행된다.

Mean-shift 영상 분할 과정을 살펴보면, 먼저 입력 영상이 들어오면 이 영상을 픽셀 단위로 특징 벡터(수식 (1))를 만든다. 여기서 x, y 는 위치 정보이고, r, g, b 는 색상 정보이다.

$$FeatureVector = spatial + color = [x, y, r, g, b] \quad (1)$$

각 특징 벡터들은 5차원상의 한 점에 해당한다. 만들어진 특징 벡터들은 지역 평균(local mean)을 이용하여 반복적으로 이동해서 수렴점을 찾는다. Mean-shift는 특수한 경우를 제외하고는 항상 수렴하는 조건을 가진다. 프로세스가 수렴이 되면 각각의 특징 벡터들은 k개의 수렴점과 그 포함 관계를 알 수 있다. 이때 k는 만들어진 영상 조각의 개수이고, 수렴점의 색상 부분을 포함 관계에 따라서 원래 픽셀에 복사하면 특징을 따라 분할된 영상을 볼 수 있다.

Mean-shift 방법으로 영상 분할을 하는 이유는 기존에 나온 영상 분할 알고리즘 중에서 가장 좋은 결과를 내면서도, 속도가 상당히 빠르다는 장점 때문이다. 또한 사용자 입력이 거의 필요없다는 장점도 있다. 본 연구의 핵심은 자동화에 있는데, 만약 사용자 입력이 다수 필요하게 되면 자동화는 불가능하다.

3.3 히스토그램 명세화

영상 분할이 완료되면, 참조 영상의 휘도 분포를 반영해서 대상 영상에 대해 히스토그램 명세화(histogram specification) [7] 과정을 수행한다. 이 과정은 색상 전이를 하기에 앞서 색상의 한 요소인 휘도 부분을 참조 영상과 비슷하게 맞추는 과정이다. 히스토그램 명세화를 하는 이유는 색상에서 휘도를 먼저 전이하려는 것인데, 휘도를 다음 과정인 제 3.4 절의 이후에서 전이하게 되면 전이될 색상이 미리 결정되어서 나중에 휘도를 전이하더라도 대응되는 참조 영상의 색상과는 다른 색상이 발생할 수 있다. 그렇다고 해

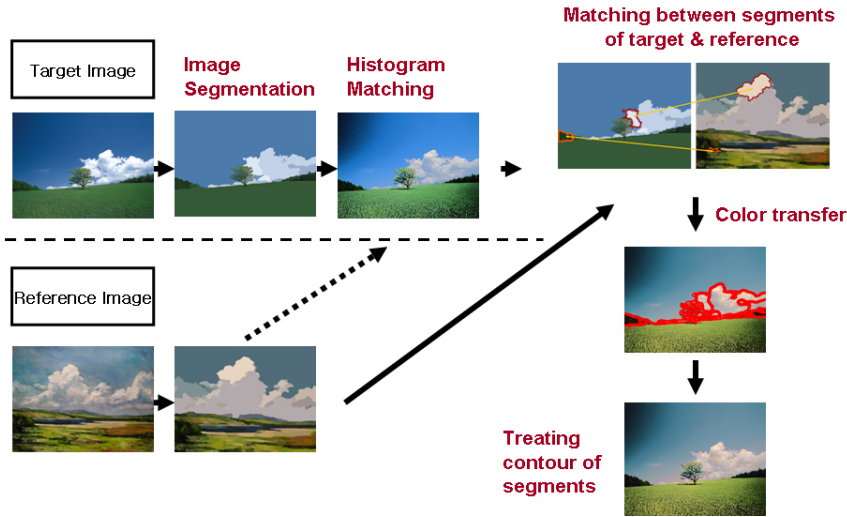


그림 1: 영상 분할 기반의 색상 전이 프로세스

서 히스토그램 명세화 과정을 생략한다면, 색상의 한 요소인 휘도가 전이되지 않아서 색상 전이가 완벽히 이루어진다고 얘기할 수 없다.

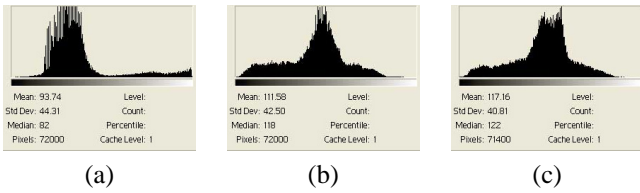


그림 2: (a) 대상 영상의 히스토그램 (b) 히스토그램 명세화 결과의 히스토그램 (c) 참조 영상의 히스토그램

그림 2는 대상 영상의 히스토그램 매칭 전과 매칭 후 그리고 참조 영상의 휘도 히스토그램을 직접 그린 것이다.

3.4 대상 영상 조각과 참조 영상 조각의 매칭

이 과정에서는 대상 영상의 각각의 영상 조각에 대해서 참조 영상의 어떤 영상 조각이 매칭이 될 것인지를 결정한다. 매칭 관계가 결정이 되면 대상 영상의 색상이 참조 영상에서 어떤 색상으로 전이가 될 것인지 결정된다. 본 연구에서는 색상 전이를 픽셀 단위가 아닌 영상 조각 단위로 색상을 전이하기 때문에 대상 영상의 각각의 조각이 참조 영상의 어느 조각과 매칭이 되는지가 중요하다.

매칭을 하기 위해서 수식 (2) 의 식으로 대상 영상 조각 각각에 대해서 참조 영상의 모든 영상 조각과의 D (difference)를 계산해서 가장 D 값이 작은 참조 영상의 조각과 매칭을 시킨다. 단, 수식 (3) 처럼 가중치(weight)의 합은 1이 되어야 한다.

$$D = w_1(\Delta m_l)^2 + w_2(\Delta m_\alpha)^2 + w_3(\Delta m_\beta)^2 + (\Delta \sigma_l)^2 \quad (2)$$

$$w_1 + w_2 + w_3 = 1 \quad (3)$$

위의 식에서 w 는 가중치이고 m 은 평균, σ 는 표준 편차이다. l, α, β 는 $l\alpha\beta$ 컬러 공간의 각각의 채널 값이다. Δ 는 대상 영상 조각과 참조 영상 조각에서 해당하는 값의 차이를 말한다. 어떤 결과를 원하느냐에 따라서 w_1, w_2, w_3 을 조절해주면 된다. 예를 들면, 색상이 휘도에 비슷한 색상

을 가져오길 원한다면 w_1 값을 크게 해주고, 휘도보다는 비슷한 색상을 가져오길 원한다면 w_1 은 낮추고, w_2, w_3 은 높이면 된다.

3.5 색상 전이

영상 조각 단위가 색상 전이의 최소 단위가 되기 위해서는 영상 조각 단위 내부의 픽셀들의 색상을 한번에 바꿀 수 있어야 한다. 그래서 대상 영상의 각 픽셀이 포함되는 영상 조각과 대응되는 참조 영상의 영상 조각의 평균과 표준편차를 얻고, 이것을 이용해서 색상을 전이한다.

이전 연구 중에서 Reinhard 등 [12]의 방법을 수정하여 색상 전이 식을 아래와 같이 만들었다.

$$l_{new} = l_t \quad (4)$$

$$\alpha_{new} = (\sigma_{\alpha,t}/\sigma_{\alpha,r})(\alpha_t - m_{\alpha,t}) + m_{\alpha,r} \quad (5)$$

$$\beta_{new} = (\sigma_{\beta,t}/\sigma_{\beta,r})(\beta_t - m_{\beta,t}) + m_{\beta,r} \quad (6)$$

위의 식에서 l, α, β 는 $l\alpha\beta$ 컬러 공간의 각각의 값이고, m, σ 는 평균과 표준 편차이다. t 는 대상 영상이고, r 은 참조 영상이다.

여기에서 Reinhard 등의 방법과 다른 점은 휘도 부분이 다. 본 연구에서는 휘도의 색상 전이는 이미 히스토그램 명세화에서 결정된 것으로 보고, 히스토그램 명세화 된 대상 영상의 휘도를 그대로 값을 유지한다.

그림 3이 색상 전이의 결과이다. 그림 3의 색상 전이 결과를 보면 경계 부분에서 부자연스러운 색상 전이 결과를 볼 수 있다. 이것은 mean-shift의 영상 분할 결과가 영상의 큼직한 단위로는 분할이 잘 되고 있는 것처럼 보이지만 자세히 보면 경계 부분이 정확하게 분할이 되지 않고 있기 때문이다. 이것을 해결하기 위해서 mean-shift의 과정에서 유일하게 입력하는 스파셜 파라미터(spatial parameter)를 작게 주어 경계 부분의 문제를 해결하는 방법도 한계가 있다. 그래서 다음 단계인 영상의 경계 처리(제 3.6 절)부분을 수행한다.



그림 3: 경계 부분이 처리되지 않은 색상 전이 결과

3.6 영상의 경계 처리

영상의 색상 전이가 완료 되면 경계 부분에서 자연스럽게 못한 결과가 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해서 영상의 경계를 다시 처리한다. 이 때 본 논문에서는 Levin 등 [11]의 방법에서 착안한 새로운 영상 경계 처리 방법을 제시한다.

Levin 등의 연구에서 사용자가 직접 입력하는 스크리블을 자동적으로 생성해 주기 위해서 아래의 두 가지 조건을 만족시키면 해당 픽셀은 스크리블이라고 결정한다.

- 내부에 존재하는 픽셀: 영상 조각 내에서 영상 조각의 경계로부터 일정거리만큼 안쪽에 있는 픽셀을 스크리블로 결정한다.
- 영상 조각의 모양이 얇은 선형태를 이루는 픽셀: 영상 조각의 모양이 두께가 넷에서 다섯 픽셀인 얇은 선 형태일 경우에 이 픽셀은 스크리블로 결정한다.

이 때 먼 형태의 영상 조각은 쉽게 내부에 스크리블을 줄 수 있는데, 선 형태인 경우에 내부에 스크리블을 주기 위해서는 그 형태가 선형이라고 판단할 수 있는 근거가 필요하다. 그림 4에 그 판단 근거를 보여준다.

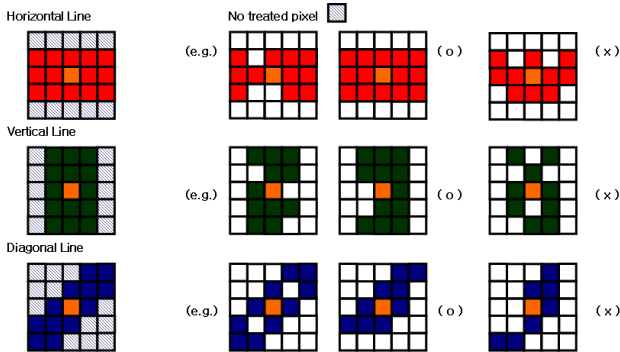


그림 4: 선형 스크리블을 판단하는 조건

이렇게 스크리블이 결정이 되면 색상이 결정되지 않은 픽셀의 색상은 선형 시스템을 풀어서 결정한다. 선형 시스템은 Levin 등이 제안한 수식 (7)을 최소화 하는 조건을 풀면 선형 시스템이 나온다. 이 선형 시스템을 색상 채널인 α, β 에 대해서 두번 풀면 색상 전이가 완료된다. 여기서 w_{rs} 는 색상을 얻으려는 픽셀의 이웃 픽셀들로부터 색상을 얻을 때 쓰이는 가중치 함수이다. 해당 픽셀과 이웃의 한 픽셀의 휘도가 비슷하면 w_{rs} 는 커지고 비슷하지 않다면 w_{rs} 는 0에 가까워진다.

$$J(U) = \sum_r (U(r) - \sum_{s \in N(r)} w_{rs} U(s))^2 \quad (7)$$

$$w_{rs} \propto 1 + \frac{1}{\sigma_r^2} (Y(r) - \mu_r)(Y(s) - \mu_r) \quad (8)$$

이렇게 선형 시스템을 풀어서 경계 처리가 완료된 결과가 그림 5이다.

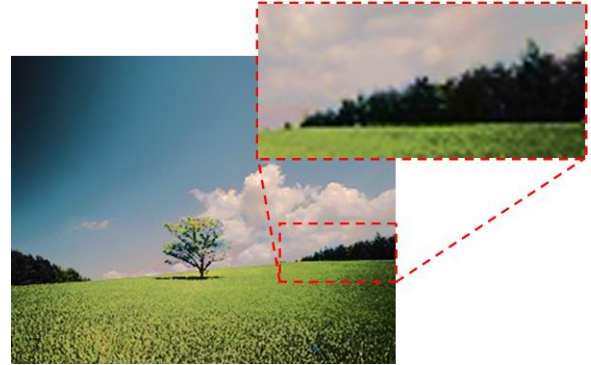


그림 5: 색상 전이의 최종 결과에서 경계 부분을 확대해서 본 결과

제 4 절 결과 및 응용

먼저 영상 분할 기반의 색상 전이 결과와 이에 대한 분석을 살펴보고, 색상이 전이된 결과에 스타일 전이(style transfer) 효과와 색상화를 적용해서 그 결과를 살펴본다.

4.1 색상 전이 결과 및 분석

그림 6의 대상 영상(a)와 참조 영상(b)는 모두 Chang 등 [5]의 논문에서 발췌하여 본 논문의 영상 분할 기반의 색상 전이를 수행한 결과이다. 영상에서 특히 하늘과, 잔디, 집의 벽 부분이 잘 전이된 결과를 볼 수 있다.

그림 6의 참조 영상(e)는 Claude Monet가 1886년에 그린 'Woman with umbrella turned to the left'라는 작품이다. 이 참조 영상을 선택한 이유는 대상 영상의 하늘, 구름, 잔디가 모두 있는 형태이고, 이 작품의 색상이 대상 영상과 차이가 뚜렷하기 때문이다. 이 색상 전이 결과가 얼마나 참조 영상의 색상을 따르는지에 대한 결과는 3차원 히스토그램(histogram) [2]으로 대략적인 확인이 가능하다. 그림 6의 (g), (h), (i)는 영상에 대해서 3차원 히스토그램(histogram)을 l축 위에서 바라보는 장면이다. 즉 색상의 컬러 값인 $\alpha\beta$ 의 색상 전이 전후의 경향을 볼 수 있다. 대상 영상의 $\alpha\beta$ 평면상의 분포가 색상 전이 이후 참조 영상의 분포를 따라가고 있다는 사실을 알 수 있다. 히스토그램의 경향을 따라 간다는 것은 결국 색상이 잘 전이되고 있다는 결론을 내릴 수 있다.

그림 6의 참조 영상(k)는 Vincent Van Gogh가 1888년 작 'Cafe Terrace at Night'이다. 이 참조 영상의 경우 앞의 다른 참조 영상과 다른 점이 있다. 대상 영상, 참조 영상 모두 건물이 있고, 카페의 전경이라는 데서는 공통점이 있지만 대상 영상은 낮의 사진이고, 참조 영상은 밤의 전경이다. 또한 색상도 두 영상에서 거의 공통점을 찾기 힘들다. 하지만 색상 전이 결과는 상당히 좋다. 이것은 두 영상 조각 간 매칭을 찾을 때 휘도 부분에 가중치를 많이 주고 색상 부분에 가중치를 적게 주어서 얻은 결과이다.



(a)



(b)



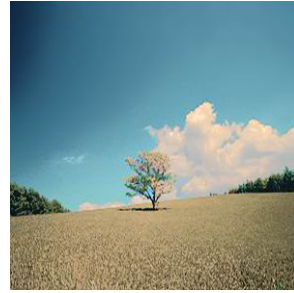
(c)



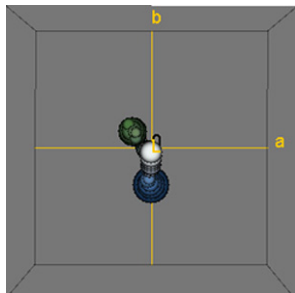
(d)



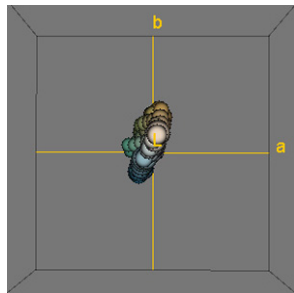
(e)



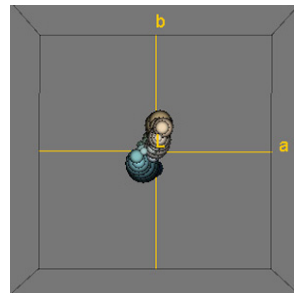
(f)



(g)



(h)



(i)



(j)

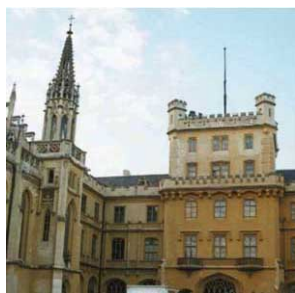


(k)



(l)

그림 6: (a)(d)(j) 대상 영상; (b)(e)(k) 참조 영상; (c)(f)(l) 색상 전이 결과 영상; (g) 그림(d)의 색조성분 분포; (h) 그림(e)의 색조성분 분포; (i) 그림(f)의 색조성분 분포



(a)



(b)



(c)

그림 7: (a) 대상 영상; (b) 참조 영상; (c) 스타일 전이 결과

4.2 응용 결과

영상 분할 색상 전이의 한 응용으로 텍스처 전이 기법을 색상 전이 결과에 적용해서 살펴본다.

기존의 2D 영상에 대한 비사실적 렌더링 기법들 [1, 9, 8]은 색상을 거의 신경쓰지 않고, 참조 영상의 특징을 잘 전이하기 위한 여러 기법들을 연구하는데 집중했었다. 하지만 인상파, 야수파와 같이 색상에 아주 민감한 화풍을 지닌 화가들의 작품을 참조 영상으로 쓰면서, 색상을 배제하고 단순히 특징만을 전이한다면 모순이 된다.

이 실험 결과는 텍스처 전이의 알고리즘 중에서 Han [8]의 방법을 이용한다. 이 알고리즘은 참조 영상의 스트로크 방향과 크기를 고려하여 대상 영상에 그 스트로크를 전이하는 기법이다. 그림 7이 Han의 방법으로 스타일 전이를 한 결과이다.

제 5 절 결론 및 향후 연구

기존 연구들이 색상 전이 연구에서 픽셀 기반의 접근 방법을 통해서 문제를 해결하였다. 하지만 영상의 의미있는 최소의 단위는 픽셀이 아니고 픽셀이 이루는 영상의 일부라고 할 수 있다. 본 논문에서는 새로운 접근 방식인 영상 분할 기반의 색상 전이 방법을 제시하였다. 또한 영상 조각 단위로 색상을 전이할 경우에 생길 수 있는 영상 조각 경계의 매끄럽지 못한 부분을 새로운 형태의 스크리블 부여 방법으로 해법을 제시하였다. 그래서 선 형태의 특징이 살지 않던 문제점을 해결할 수 있었다. 그리고 색상 전이와 색상화를 동시에 수행할 수 있는 프레임워크를 제공 하였다.

하지만 현재 영상 분할에서 사용되는 파라미터와, 대상 영상 조각과 참조 영상 조각의 매칭에서 사용되는 파라미터 3개를 포함해서 총 4개의 파라미터를 조절해야 좋은 결과를 얻을 수 있다. 또한 영상 분할 기반으로 색상 전이를 시도하다보니 영상 분할의 결과가 좋지 않을 경우 색상 전이 결과도 나빠진다.

향후 연구로는 흑백 영상에 대한 개선된 영상 분할 기법 적용, 통계학적인 기법이나 인공지능 기법을 이용해서 학습에 의한 영상 분할 기법의 연구, 색상 전이와 텍스처 전이가 접목된 스타일 전이를 생각해 볼 수 있다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 지정 게임 애니메이션 센터와 BK21 사업을 통하여 포항공과대학교 전자.컴퓨터공학부에 주어진 교육부의 재정 지원을 통해 이루어진 것입니다.

참고 문헌

- [1] Michael Ashikhmin. Fast texture transfer. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 23(4):38–43, 2003.
- [2] Kai Uwe Barthel. 3D color inspector/color histogram. <http://rsb.info.nih.gov/ij/plugins/color-inspector.html>.
- [3] Youngha Chang, Suguru Saito, and Masayuki Nakajima. Color transformation based on the basic color categories of a painting. *ACM SIGGRAPH Conference Abstracts and Applications*, page 157, 2002.
- [4] Youngha Chang, Suguru Saito, and Masayuki Nakajima. A framework for transfer colors based on the basic

color categories. *Computer Graphics International 2003 (CGI'03)*, pages 176–183, 2003.

- [5] Youngha Chang, Keiji Uchikawa, and Suguru Saito. Example-based color stylization based on categorical perception. *APGV '04: Proceedings of the 1st Symposium on Applied perception in graphics and visualization*, pages 91–98, 2004.
- [6] D. Comaniciu and P. Meer. Mean shift: A robust approach toward feature space analysis. *IEEE Trans. PAMI*, 24(5), pages 603–619, 2002.
- [7] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. *Digital image processing (2nd edition)*. Prentice Hall, 2002.
- [8] Ujin Han. Example-based artistic style transfer with stroke directions and scales. Master's thesis, POSTECH, 2004.
- [9] Aaron Hertzmann, Charles E. Jacobs, Nuria Oliver, Brian Curless, and David H. Salesin. Image analogies. *ACM Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH 2001)*, pages 327–340, 2001.
- [10] Revital Irony, Daniel Cohen-Or, and Dani Lischinski. Colorization by example. *Proceedings of Eurographics Symposium on Rendering*, pages 201–210, 2005.
- [11] Anat Levin, Dani Lischinski, and Yair Weiss. Colorization using optimization. *ACM Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH 2004)*, 23(3):689–694, 2004.
- [12] Erik Reinhard, Michael Ashikhmin, Bruce Gooch, and Peter Shirley. Color transfer between images. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(5):34–41, 2001.
- [13] Tomihisa Welsh, Michael Ashikhmin, and Klaus Mueller. Transferring color to grayscale images. *ACM Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH 2002)*, 21(3):227–280, 2002.