

논문 2008-45CI-3-18

# 채색 분리 기반의 색 변환 기법

(Color Transfer Method Based on Separation of Saturation)

곽 정 민\*, 김 재 협\*, 문 영 식\*\*

(Jung Min Kwak, Jae Hyup Kim, and Young Shik Moon)

## 요 약

참조 영상을 이용하여 영상의 분위기를 전환하고자 할 때, 영상의 분위기에 영향을 주는 요소 중 하나인 색을 이용하여 영상이 가지는 분위기를 변환한다. 색을 변환할 때, 국부적인 색상의 특징을 반영하기 위해 입력 영상의 화소에 대하여 색인을 하는데 낮은 채도 상에서는 색상의 식별력 저하로 인해 부적절한 색인의 색상 항목으로 색인이 되는 문제가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 유채색과 무채색을 분리하여 처리함으로써, 낮은 채도 상에서의 잘못된 색인이 일어나지 않도록 제한하는 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 채도의 문턱치를 이용하여 유채색과 무채색을 구분하는 단계, 구분된 화소들을 실린드릭 거리(Cylindrical metric)를 이용하여 11가지 색상 항목(Index color)으로 색인을 하는 단계, 각 색상 항목의 우선순위 결정하고 평균과 표준편차를 구하는 단계, 마지막으로 Lab 색 공간에서 색을 변환하고 영상의 잡음과 의사 윤곽선(pseudo-contour)을 제거하기 위한 후처리 단계의 4단계로 구성된다. 실험결과를 통해 제안하는 기법은 낮은 채도 상에서도 유채색과 무채색이 잘 분리되어 색인이 되었으며 원본 영상의 색이 참조 영상의 색으로 자연스럽게 변환된 결과를 얻을 수 있음을 확인하였다.

## Abstract

We present new methods which transfer the color style of a source image into an arbitrary given reference image. Misidentification problem of color cause wrong indexing in low saturation. Therefore, the proposed method do indexing after Image separating chromatic and achromatic color from saturation. The proposed method is composed of the following four steps : In the first step, Image separate chromatic and achromatic color from saturation using threshold. In the second step, image of separation do indexing using cylindrical metric. In the third step, the number and positional dispersion of pixel decide the order of priority for each index color. And average and standard deviation of each index color be calculated. In the final step, color be transferred in Lab color space, and post processing to removal noise and pseudo-contour. Experimental results show that the proposed method is effective on indexing and color transfer.

**Keywords :** Color transfer, Recoloring, Color stylization

## I. 서 론

최근 멀티미디어 기술이 빠르게 발전함에 따라 무수히 많은 정보들이 디지털화, 멀티미디어화 되면서 디지털 카메라, 스캐너와 같은 디지털 저작 도구들이 발달하고 멀티미디어 콘텐츠를 제작하거나 수정하는 일에 대한 관심이 증대되고 있다. 하지만 멀티미디어 도구인

포토샵, 그림판, 페인팅, 이미지레디 등과 같은 전문적인 툴을 이용하여 자신의 개성을 자유롭게 표현하는 것은 쉽지 않다. 또한, 디지털 저작 도구가 발달 되었지만 전문가가 아닌 이상 원하는 분위기의 영상을 획득하는 것도 쉽지 않다. 이에 따라 영상의 분위기를 나타내는 요소 중 하나인 색을 이용하여 분위기를 변환하는 기법이 연구되어 지고 있다. 이는 원본 영상의 색을 참조 영상의 색으로 변환함으로써 기존 영상의 분위기를 다른 영상에 적용할 수 있다. 기존의 영상의 분위기 변환에 관한 연구에서는 작가의 특성과 화법의 영향을 받아 같은 작가가 창작하였더라도 다른 느낌을 주는 그림 영상을 이용하여 색을 변환하는 기법들이 연구되었다. 하지만 그림 영상이 아닌 자연 영상을 대상으로 기존의 연

\* 학생회원, \*\* 정회원, 한양대학교 컴퓨터공학과  
(Dept. of Computer Science and Eng., Hanyang University)

※ 본 연구는 과학재단 특정기초연구 (R01-2006-000-10876-0) 지원으로 수행되었음.

접수일자: 2008년2월18일, 수정완료일: 2008년4월24일

구를 이용하여 색을 변환할 경우 많은 문제점들이 발생된다. 최근 들어 자연 영상을 이용한 색을 변환하는 기법도 많이 연구되고 있으나, 적용대상으로 사용된 자연 영상이 색상의 개수가 적고 색의 변화가 심하지 않는 경우가 대부분으로 좀 더 다양한 환경에서의 색을 변환하는 기법에 대한 개발이 필요하다.

본 논문에서는 유채색과 무채색을 분리하여 색인된 영상을 이용하여 색을 변환하는 기법을 제안한다. 색을 변환하는 연구는 영상 전체를 대상으로 색을 변환하는 기법<sup>[1]</sup>, 입력 영상의 대표 색상을 추출하여 생성된 팔레트(Palette)를 이용하여 색을 변환하는 기법<sup>[2]</sup>, 누적 히스토그램을 이용하여 색을 변환하는 기법<sup>[3]</sup> 등이 있다.

영상 전체를 대상으로 색을 변환하는 기법은 간단한 통계적 기법을 사용하여 색을 변환함으로써 연산 속도를 향상시켜주며, 색상이 많지 않은 영상에서 효과적으로 색을 변환하였지만 색상의 개수가 증가할 경우 국부적인 색의 특성을 반영하지 않아서 영상의 색상들이 혼합되어 색이 변환되는 문제가 발생되었다<sup>[1]</sup>.

입력 영상의 대표 색상을 추출하여 팔레트를 생성하고 이를 이용하여 색을 변환하는 기법은 그림 영상만을 대상으로 하였으며 입력 영상에서 색을 추출하여 입력 영상의 전체적인 분위기를 주도하는 색을 이용하여 색을 변환하였다. 하지만 영상을 분할한 후 축소 표본화(Down sampling)를 하여 색을 추출함으로써 같은 색의 영역이 각기 다른 색으로 변환되어 원본 영상에는 존재하지 않던 의사 윤곽선(pseudo-contour)이 발생하였다 이로 인해 영상의 부자연스러움이 나타나는 단점이 있었다<sup>[2]</sup>. 누적 히스토그램을 이용한 기법은 원본 영상과 참조 영상의 누적 히스토그램을 매칭 시켜 색을 변환하는 것이다. 이 기법은 화소들의 개수를 사용하기 때문에 영상의 공간적 정보의 부족으로 잡음과 의사 윤곽선이 생성되는 문제점을 가지고 있다<sup>[3]</sup>.

본 논문에서는 영상을 유채색과 무채색으로 분리하여 색인을 생성함으로써 영상의 국부적인 색의 특성을 살려 색을 변환할 수 있도록 한다. 또한 자연 영상뿐만 아니라 그림 영상에서도 적용이 가능하며 에지인 부분과 에지가 아닌 부분을 추출하여 에지가 아닌 부분에서 후처리를 하여 의사 윤곽선이나 잡음을 제거한다. 본 논문은 II장에서 기존의 색을 변환하는 연구에 대해 알아보고, III장에서는 제안하는 기법에 대해 설명하며, 제안하는 기법은 4단계로 구성된다. 이는 채도의 문턱치(threshold)를 이용하여 유채색과 무채색을 구분하는 단계, 구분된 화소들을 실린드릭 거리(Cylindrical

metric)를 이용하여 11가지 색상 항목(Index color)으로 색인을 생성하는 단계, 각 색상 항목의 우선순위를 결정하고 평균과 표준편차를 구하는 단계, 마지막으로 Lab 색 공간에서 a채널과 b채널을 이용하여 색을 변환하고 영상의 잡음과 의사 윤곽선을 제거하기 위한 후처리 단계로 이루어진다. IV장에서는 실험 결과를 통하여 제안하는 기법을 분석하고, V장에서는 결론 및 향후 과제에 대해 기술한다.

## II. 기존의 연구

본 장에서는 Lab 색 공간에서 평균과 표준편차를 이용하여 색을 변환하는 기법, 팔레트 기법을 이용하여 색을 변환하는 기법, 누적 히스토그램을 이용하여 색을 변환하는 기법 등 기존의 연구를 살펴보고 기존 기법들의 특징과 문제점들을 기술한다.

### 1. 평균과 표준편차를 이용한 색 변환

Reinhard 등은 Lab 색 공간상에서 각 채널의 평균과 각 화소에 대한 표준편차를 이용하여 원본 영상과 참조 영상의 색을 변환하는 기법을 제안했다<sup>[1]</sup>. 이 기법은 영상 전체를 대상으로 하였으며 색을 변환하는 기법은 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} L' &= \frac{\sigma_{reference}}{\sigma_{source}}(L - \mu_{source}) + \mu_{reference} \\ a' &= \frac{\sigma_{reference}}{\sigma_{source}}(a - \mu_{source}) + \mu_{reference} \\ b' &= \frac{\sigma_{reference}}{\sigma_{source}}(b - \mu_{source}) + \mu_{reference} \end{aligned} \quad (1)$$

여기서  $L$ 은 조명을 나타내는  $L$ 채널,  $a$ 는 빨간색과 초록색을 나타내는  $a$ 채널,  $b$ 는 파란색과 노란색을 나타내는  $b$ 채널,  $\mu$ 는 평균,  $\sigma$ 는 표준편차를 의미한다. 이 기법은 두 개의 영상 전체의 평균과 표준편차를 이용하여 색을 변환하는 기법으로 복잡하지 않고 간단한 연산을 사용하는 만큼 연산 시간은 1, 2초도 걸리지 않아서 효율적이라는 장점이 있었다. 하지만 영상 전체를 대상으로 평균과 표준편차를 연산함으로써 하나의 입력 영상에는 하나의 평균과 표준편차가 존재한다. 이로 인해 다양한 색을 가진 영상을 사용할 경우 그 색들의 혼합된 값이 하나의 평균과 표준편차로 연산되어 원본 영상이 참조 영상을 대표하는 색으로 변환되지 않았다. 또한 하나의 평균과 표준편차로 인해 영상의 국부적인 색

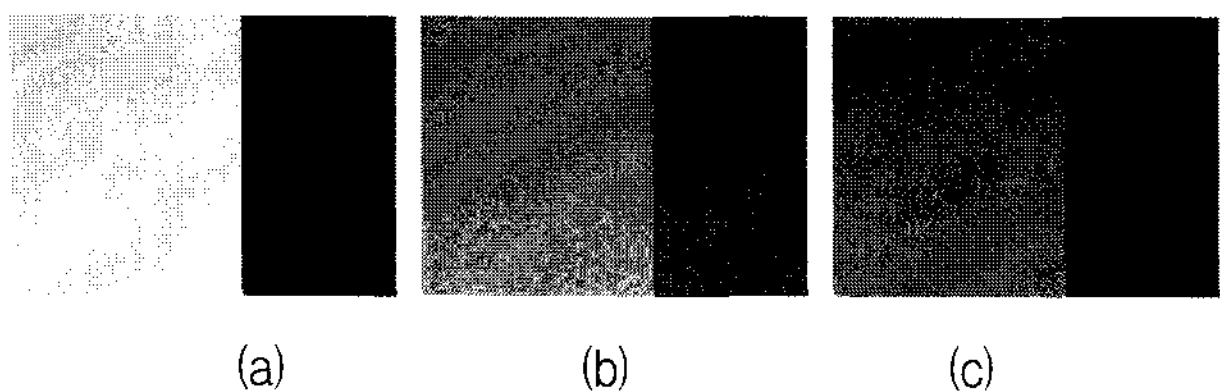


그림 1. Reinhard 등이 제안하는 색 변환 기법 예  
 (a) 원본 영상 (b) 참조 영상 (c) 결과 영상  
 Fig. 1. Color transfer using Reinhard's method (a) original image (b) reference image (c) result image.

의 특성을 표현하는 데에도 한계가 있다.

참조 영상으로 초록색과 빨간색이 있는 영상을 사용한 결과인 그림 1을 보면 참조 영상의 색상들이 혼합되어 초록색이 나타나야 할 부분은 주황색과 짙은 녹색이 나타난다.

### 2. 팔레트 기법을 이용한 색 변환

Greenfield 등은 영상을 분할한 후 축소 표본화(Down sampling)를 하여 팔레트를 추출하였고 추출된 팔레트의 색을 이용하여 색을 변환하는 기법을 제안했다<sup>[2]</sup>. 그림 2는 이를 도식화 한 것이다.

이 기법은 유화 그림만을 대상으로 하였으며 색만 변환하는 것을 목적으로 하였기 때문에 Lab 색 공간의 채널 중 조명을 나타내는 L 채널을 제외한 빨간색과 초록색의 색 정보를 나타내는 a 채널과 파란색과 노란색의 색 정보를 나타내는 b 채널만을 사용하였다. 또한 입력 영상에서 팔레트의 색을 추출하였기 때문에 영상을 대표하는 색상을 추출할 수 있었다. 하지만 원본 영상과 참조 영상의 팔레트의 색들 중 서로 거리가 가까운 색끼리 색을 변환함으로써 비슷한 색을 가진 영역들이 각기 다른 영역으로 분리 되어 서로 다른 색으로

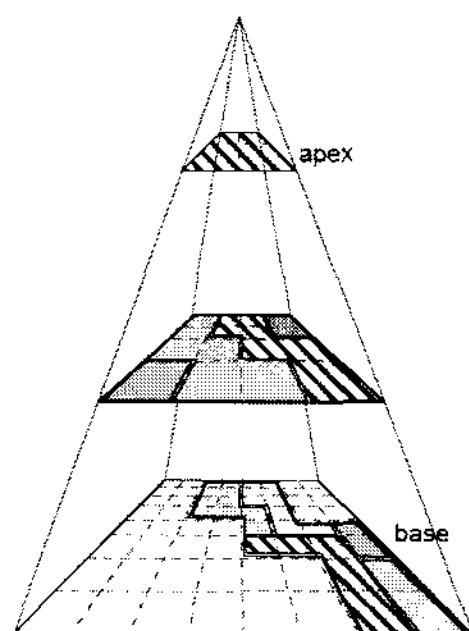


그림 2. Greenfield 등이 제안하는 영상 분할 후 축소 표본화  
 Fig. 2. Image splitting and down-sampling method using Greenfield's methods.

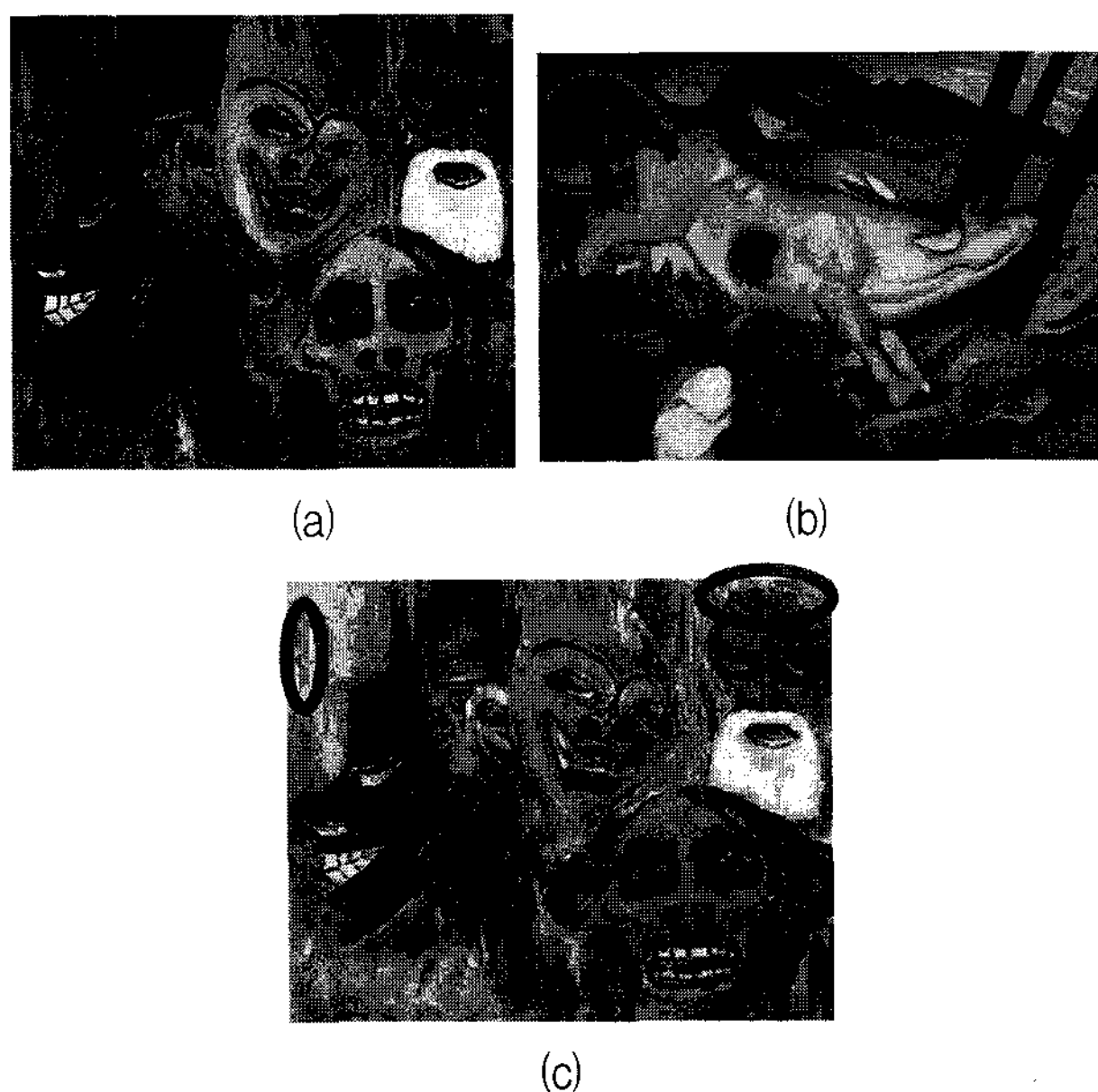


그림 3. Greenfield 등이 제안하는 색 변환 기법 예  
 (a) 원본 영상 (b) 참조 영상 (c) 결과 영상  
 Fig. 3. Color transfer using Greenfield's method (a) original image (b) reference image (c) result image.

색이 변환되어 결과 영상이 부자연스러워졌으며 원본 영상에는 존재 하지 않았던 의사 윤곽선이 나타나기도 한다.

팔레트를 사용한 색을 변환한 결과인 그림 3의 배경 부분을 살펴보면 사용되었던 영상을 분할한 후 축소 표본화로 인해 원본 영상에서는 비슷한 색인데도 불구하고 결과 영상에서는 다른 영역으로 분리되어 서로 다른 색으로 색이 변환되고 영상이 부자연스러워진 점을 확인할 수 있다.

### 3. 누적 히스토그램을 이용한 색 변환

Neumann 등은 HSI 색 공간에서 색상, 채도, 명도 채널의 누적 히스토그램을 형성하고 확률밀도함수와 누적 분포함수에 의해 얻어진 함수를 이용하여 색을 변환하는 기법을 제안하였다<sup>[3]</sup>. 식 (2)는 확률밀도함수  $p(x)$  와 누적분포함수  $F(x)$ 를 나타낸다.

$$p(x) = \frac{f(x)}{\int f(t)dt}, \quad F(x) = \int_{t \leq x} p(t)dt \quad (2)$$

여기서  $f(x)$ 는 누적 히스토그램을 의미한다.

이 기법은 그레이 영상 같은 1차원에서 누적 히스토그램을 이용하여 색을 변환한 경우 결과 영상과 참조 영상의 누적 히스토그램 분포가 같은 것을 확인할 수

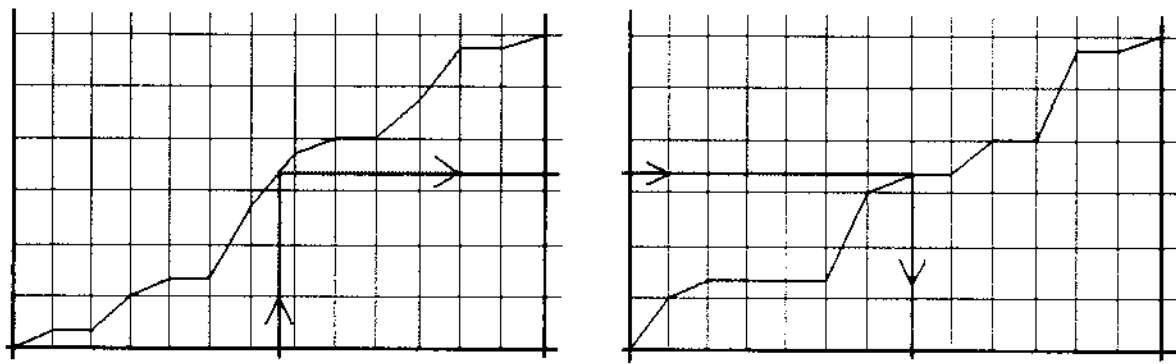


그림 4. Neumann 등이 제안하는 1차원에서 누적 히스토그램을 이용한 색 변환 기법

Fig. 4. Color transfer using 1-D accumulated histogram.

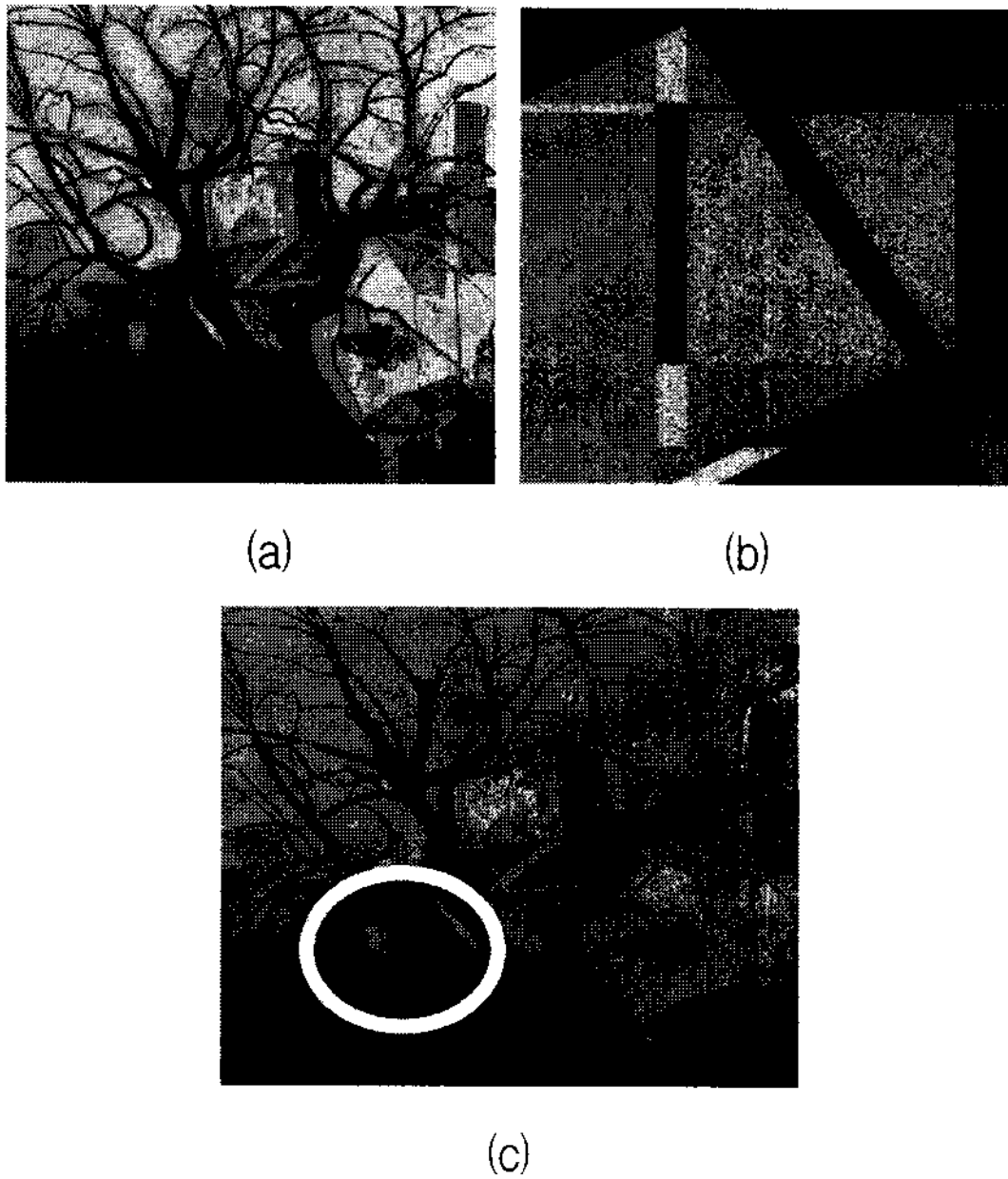


그림 5. Neumann 등이 제안하는 색 변환 기법 예  
(a)원본 영상 (b)참조 영상 (c)결과 영상  
Fig. 5. Color transfer using Neumann's method  
(a) original image (b) reference image  
(c) result image.

있다. 그림 4는 1차원에서 누적 히스토그램을 이용하여 색을 변환하는 기법을 나타내고 있다.

누적 히스토그램을 이용한 기법의 경우 각 채널에 대한 화소의 개수를 사용하였기 때문에 공간적인 결합력이 약화되며, 이로 인해 의사 윤곽선이나 잡음이 생성되는 경우가 발생한다.

누적 히스토그램을 이용하여 색을 변환한 결과인 그림 5에서는 누적 히스토그램을 생성할 때 사용되는 화소의 개수만을 이용함으로 공간적인 결합력이 무시되어 비슷한 색상의 영역에서 다른 색으로 변환되고, 결과 영상에 잡음이 나타난 것이 나무 가지 주변들과 나무 밑동 부분에서 확인할 수 있다.

### III. 제안하는 기법

그림 6은 제안하는 기법의 구성도이며 이는 다음과

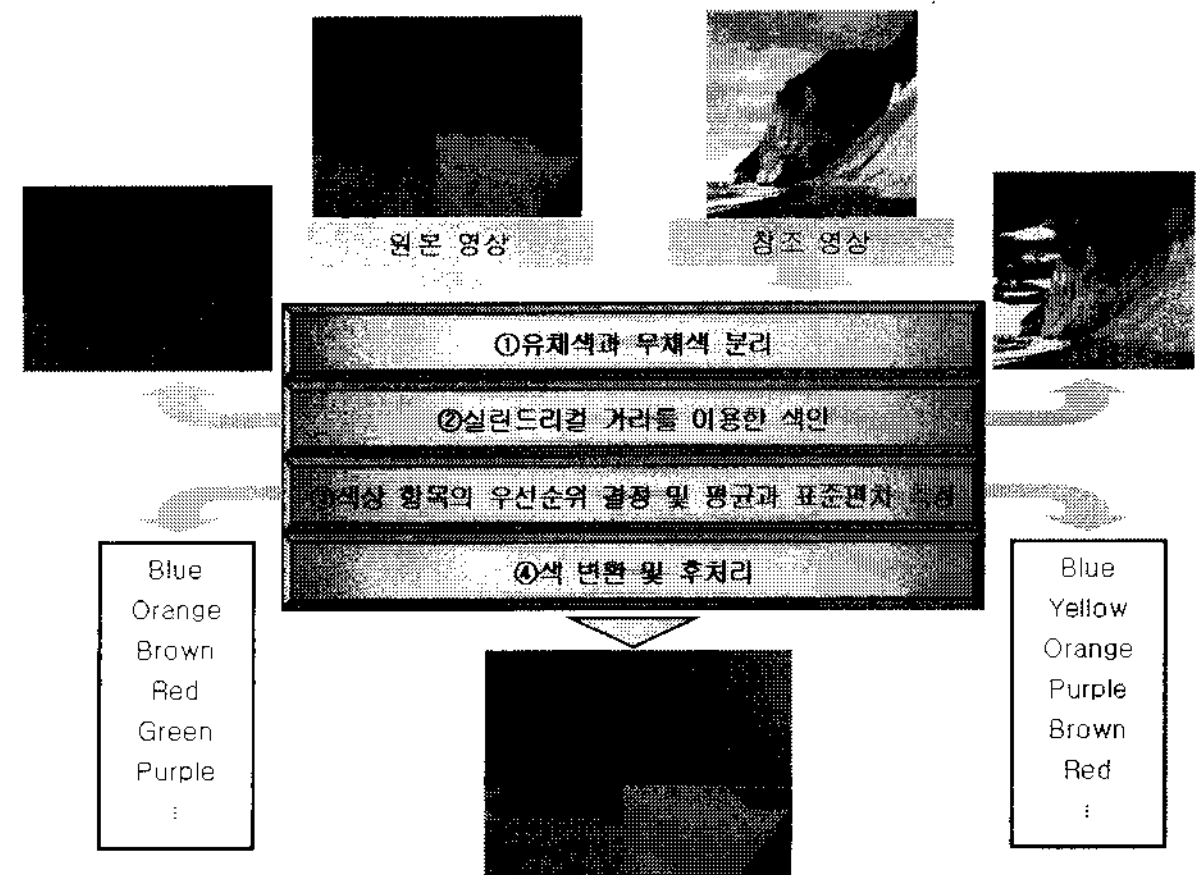


그림 6. 제안하는 색 변환 기법 구성도  
Fig. 6. The diagram of proposed method.

같다. ① 낮은 채도 상에서 잘못된 색인을 제한하기 위하여 입력된 영상의 채도를 측정하여 유채색과 무채색으로 분리한다. ② 영상의 국부적인 색의 특성을 반영하기 위하여 분리된 화소들은 실린드릭 거리(Cylindrical metric)를 이용하여 11가지 색상 항목(Index color)으로 색인을 생성한다. ③ 영상에 우세한 색상 항목끼리 색을 변환하기 위하여 각 색상 항목의 화소의 개수와 위치적인 분산도를 이용하여 우선순위를 결정하고 각 색상 항목으로 평균과 표준편차를 구한다. ④ Lab 색 공간에서 a채널과 b채널을 이용하여 색을 변환하고 영상의 잡음과 의사 윤곽선을 제거하기 위하여 에지가 아닌 부분을 추출하여 블러링 함으로써 후처리를 한다.

#### 1. 채도의 문턱치를 이용한 유채색과 무채색의 분리

본 논문에서는 영상의 각 화소가 낮은 채도 상에서 부적절한 색상으로 색인이 되는 것을 방지하기 위해 채도의 문턱치(threshold)를 이용하여 유채색과 무채색을 분리하여 각 화소의 색인을 생성한다. 유채색은 채도가 있는 색을 의미하며, 색의 3요소인 색상, 채도, 명도를 모두 가지고 있다. 무채색은 색상과 채도가 없고 명도만 존재하는 것을 의미하지만 일반적인 영상에서 색상과 채도가 완벽히 존재하지 않는 경우는 드물다. 또한, 유채색과 무채색을 구분할 때 사용되는 요소 중 화소의 색상은 밝기 성분과 독립적이기 때문에 HSI 색 공간의 세 채널 중 가장 큰 식별력을 갖지만, 채도가 매우 낮은 경우에는 색상을 분리해 내는 기능이 크게 저하되어 식별력이 불안정해진다는 문제점을 가지고 있다. 그러므로 본 논문에서는 채도의 문턱치를 이용하여 유채색과 무채색을 구분한다<sup>[4~5]</sup>.



채도는 0에 가까울수록 명도에 근접하여 색상을 구분하기 힘들어지며, 채도가 1에 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 분리하여 색을 변환한다. 채도의 문턱치 값은 0.2를 사용하였다<sup>[6~7]</sup>. 식 (3)은 채도의 문턱치에 대한 정의를 나타낸다.

$$\begin{cases} P_s \geq T_s, & \text{chromatic} \\ P_s < T_s, & \text{achromatic} \end{cases} \quad (3)$$

여기서  $T_s$ 는 유채색과 무채색을 구분하는데 사용되는 채도의 문턱치 값이고  $P_s$ 는 영상의 화소를 의미한다. 채도의 문턱치를 이용한 유채색과 무채색을 구분하는 기법을 입력 영상과 11가지 색상 항목에 적용하여 유채색과 무채색을 구분하여 색인을 생성하는데 사용한다.

### 2. 실린드릭 거리를 이용한 색인

영상의 국부적인 색의 특성을 반영하기 위하여 색인을 생성하는데 사용되는 연산자(method)는 실린드릭 거리(Cylindrical metric)이다. 실린드릭 거리는 HSI 색 공간에서 실행되는데 이는 CRT 모니터 등을 위한 하드웨어 중심적 표현을 하는 RGB 색 공간과는 달리 사용자 중심적 표현으로 사람의 감각과 비슷하게 만들어진 모델이기 때문에 사용자가 인지하기에도 적절한 색으로 색인을 생성할 수 있게 해준다<sup>[8~9]</sup>. 색인을 생성할 때 사용되는 색상 항목(Index color)은 Berlin 등에 의해 처음으로 보고된 Basic Color Terms를 사용한다. Berlin 등은 98개의 언어를 통해 유사한 타입과 색 범위를 조사하여 11개의 보편적인 Basic Color Terms를 가지는 것을 보고하였다. Basic Color Terms는 red, green, yellow, blue, brown, purple, pink, orange, black, white, gray로 구성 되어있다<sup>[10~11]</sup>.

유채색과 무채색으로 분리된 각 화소들과 11가지의 색상 항목과의 유사도를 측정하기 위해 실린드릭 거리를 이용한다. 실린드릭 거리는 HSI 색 공간에서 화소들 간의 거리를 측정하는 기법으로써 두 화소  $x$ 와  $y$ 의 거리인  $D_{cyl}(x,y)$ 는 식 (4)-(7)을 이용한다.

$$D_{cyl}(x,y) = \sqrt{(d_I^2 + d_C^2)} \quad (4)$$

$$d_I = |I_x - I_y| \quad (5)$$

$$d_C = \sqrt{(S_x^2 + S_y^2 - 2S_x S_y \cos \theta)} \quad (6)$$

$$\theta = \begin{cases} |H_x - H_y|, & \text{if } |H_x - H_y| < 180^\circ \\ 360^\circ - |H_x - H_y|, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

여기서  $H$ 는 화소의 색상 값,  $S$ 는 화소의 채도 값,  $I$ 는 화소의 명도 값을 나타낸다.  $D_{cyl}(x,y)$ 의 값이 작을수록 화소간의 유사도가 크다는 것을 의미한다. 각 화소와 색상 항목의 유사도를 측정하여 각 화소들이 어느 색상 항목에 속하는지 판단한다. 그림 7은 실린드릭 거리의 모형을 나타낸 것이다.

이때, 색인을 생성할 경우 주변 화소들을 고려하지 않고 각 화소와 색상 항목(Index color)과의 거리만을 측정하여 색인을 생성하기 때문에 주변 화소와 같은 색상이지만 색상 값에 의해 다른 색으로 색인이 되는 경우가 발생한다. 이를 보정해 주기 위해 3 \* 3 마스크를 이용하여 중심 화소와 인접한 주변 화소들의 색상 항목을 확인하고 그 화소와 다른 색상 항목을 가지는 화소의 개수를 계산한다. 계산된 수가 7개 이상일 때 잘못된 색인으로 간주하여 중심 화소의 색상 항목을 7개 이상의 화소수를 가진 색상 항목으로 수정하고 그렇지 않은 경우는 기존의 중심 화소의 색상 항목을 사용한다. 이것은 보정할 색상 항목이 없을 때 까지 수행한다.

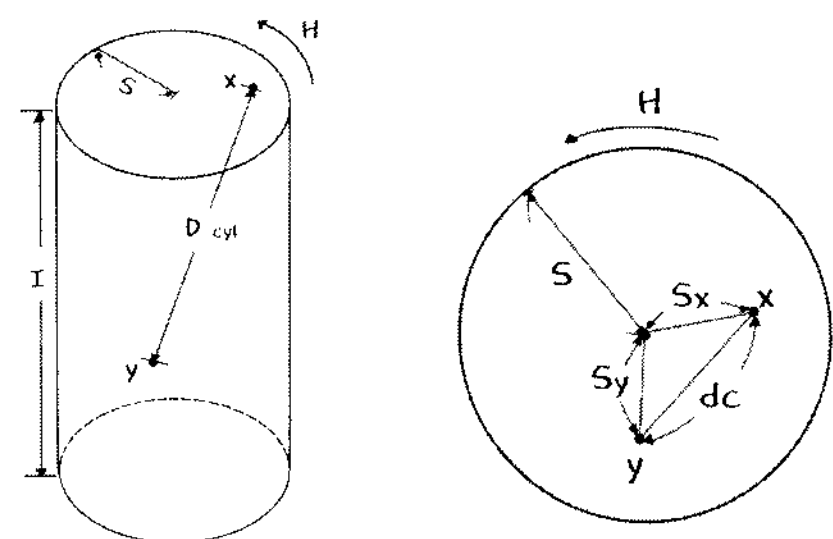


그림 7. HSI 색 공간에서 실린드릭 거리의 모형  
Fig. 7. The cylindrical distance in HSI color model.

### 3. 색상 항목의 우선순위 및 평균과 표준편차 측정

영상의 전체적인 분위기를 주도하는 색인의 색상 항목(Index color)별로 색을 변환하기 위해 색상 항목의 우선순위를 결정하며, 이를 위해 화소의 개수와 위치적 분산도를 사용한다. 각 색상 항목에 속하는 화소의 개수만을 이용할 경우 영상 내에 존재하는 화소의 개수는 많지만 흩어짐 정도가 커서 영상의 전체적인 분위기를

주도 하지 않는 색이 우위를 차지하여 부적절한 순서로 색이 변환되는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위하여 각 색상 항목에 속하는 화소들 간의 위치적인 분산도를 측정하여 우선순위를 결정하는데 이용한다. 위치적인 분산도는 영상 내에 존재 하는 화소들의 거리 값을 이용하여 분산도를 측정하는 것을 의미한다.

색을 변환하기 위하여 색인의 각 색상 항목(Index color)에 속하는 화소들의 통계 값인 평균과 표준편차를 구한다. 식 (8)은 색인의 각 색상 항목 내에 속하는 화소들의 평균이고, 식 (9)는 색인의 각 색상 항목 내에 속하는 화소들의 표준편차이다.

$$\mu^i = \frac{1}{n^i} \sum_{k=1}^{n^i} P_k^i \quad (8)$$

$$\sigma^i = \frac{1}{n^i} \sum_{k=1}^{n^i} (P_k^i - \mu^i)^2 \quad (9)$$

여기서  $i$ 는 색인의 색상 항목별 번호,  $\mu^i$ 는  $i$ 번째 색상 항목의 평균,  $\sigma^i$ 는  $i$ 번째 색상 항목의 표준편차,  $P$ 는 영상의 화소를 의미한다.

원본 영상과 참조 영상에서 나타나는 색인에 있는 색상 항목의 수가 일치하거나 참조 영상에 나타나는 색상 항목의 수가 많은 경우 비어 있는 색상 항목으로 인한 오류가 발생하지 않지만 원본 영상의 색상 항목의 수가 많아서 대응하는 참조 영상의 색상 항목이 비어 있을 경우 색을 변환할 때 오류가 발생한다. 이를 해결하기 위해, 영상에서 존재하는 색상 항목들을 이용하여 영상의 전체적인 분위기를 해치지 않는 범위에서 비어 있는 색상 항목의 평균과 표준편차를 구한다. 식 (10)은 비어 있는 색상 항목의 평균이고, 식 (11)은 비어 있는 색상 항목의 표준편차를 구하는 식이다.

$$\mu^{bin-i} = P_{BCTs}^i + \frac{1}{i} \sum_{k=1}^i (P_{BCTs}^k - \mu^k) \quad (10)$$

$$\sigma^{bin-i} = \frac{1}{i} \sum_{k=1}^i \sigma^k \quad (11)$$

여기서  $P_{BCTs}^i$ 는  $i$ 번째의 색상 항목에 부합하는 색상 항목의 값을 의미한다.

#### 4. Lab 색 공간에서의 색 변환

색을 변환하는 기법은 Reinhard 등이 제안하는 기법

[1]을 이용한다. Reinhard 등은 Lab 색 공간에서 평균과 표준편차를 이용하여 색을 변환하는 기법을 제안하였다. 이를 이용하여 색을 변환하는데, 본 논문에서는 색만을 변환하여 영상의 분위기를 바꾸는 것을 제안하므로 Lab 색 공간에서 조명을 나타내는 L채널을 제외한 나머지 빨간색과 초록색의 색 정보를 나타내는 a 채널과 파란색과 노란색의 색 정보를 나타내는 b 채널만을 사용하여 색을 변환한다. 식 (12)는 색을 변환하는 식이며 그림 8은 색을 변환한 결과 영상이다.

$$a' = \frac{\sigma_{reference}^i}{\sigma_{source}^j} (a - \mu_{source}^j) + \mu_{reference}^i \quad (12)$$

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

본 논문에서의 색을 변환하는 기법은 인접 영역들과의 관계를 고려하지 않기 때문에 원본 영상에서는 존재하지 않는 의사 윤곽선이 발생하거나 잡음이 발생한다. 이를 해결하기 위하여 지은미 등이 제안하는[12] 적응형 소벨 에지 검출을 이용하여 에지가 아닌 부분을 찾고 중간값 필터를 이용하여 그 부분을 부드럽게 한다. 일반적으로 에지의 유무를 판별할 때 고정된 문턱치를 사용하는 데 이러한 기법은 입력 영상의 명도의 변화에 따른 에지의 양을 조절할 수 없다는 단점을 가진다. 이를 해결하기 위하여 영상에 적용되는 마스크상의 국부적인 특징에 따라 문턱치를 결정하는 적응형 소벨 에지 검출

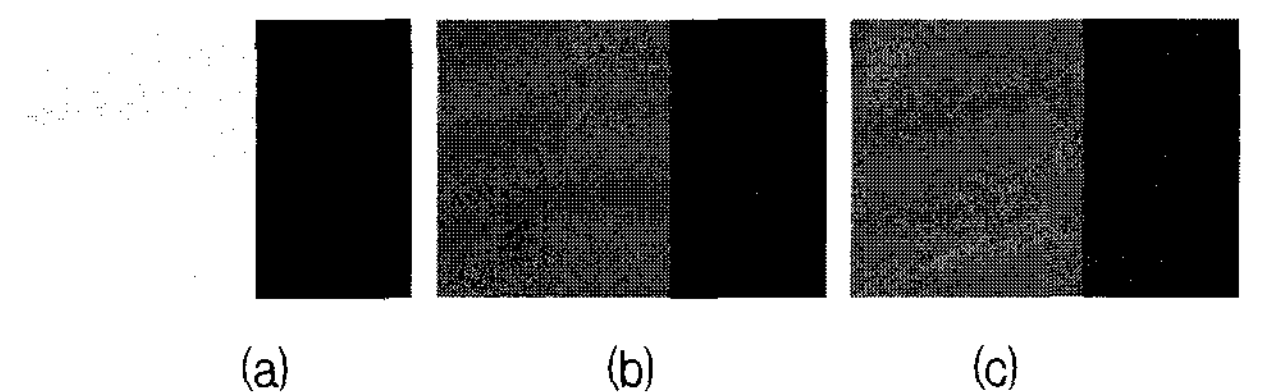


그림 8. 제안하는 색 변환 결과 예 (a) 원본 영상 (b) 참조 영상 (c) 결과 영상

Fig. 8. Color transfer using proposed method (a) original image (b) reference image (c) result image.

1	2	1	1	0	-1	1	2	1
0	0	0	2	0	-2	2	4	2
-1	-2	-1	1	0	-1	1	2	1
			(a)	(b)		(c)		

그림 9. 소벨 연산자의 마스크 (a) 수평방향 마스크 (b) 수직방향 마스크 (c) 평균명도 마스크

Fig. 9. Sobel operator (a) horizontal mask (b) vertical mask (c) averaging mask.

기를 사용하여 에지가 아닌 부분을 검출하고 중간값 필터를 적용하여 검출된 그 부분에서만 부드럽게 한다.

그림 9는 소벨 연산자를 수행할 때 사용되는 마스크이다. 소벨 연산자를 이용하여 수평방향과 수직방향에서의 에지를 검출하고 검출된 에지 값을 평균명도 값으로 나눈다. 나누어진 값이 1보다 큰 경우 에지인 부분으로, 작은 경우에는 에지가 아닌 부분으로 구분하여 에지가 아닌 부분에서만 중간값 필터를 실행한다. 에지 강도의 평균명도를 추출할 때 사용되는 수평방향 에지 검출을 위한 마스크는 전체 마스크에 16을 곱한 결과와 같으므로 얻어진 에지 강도의 명도에 16으로 나누어 평균명도의 강도를 얻게 된다.

소벨 연산자를 이용하여 얻은 수직방향 에지와 수평방향 에지의 강도가 크거나 평균명도가 작을수록 에지가 많이 검출되며, 에지의 강도가 작거나 평균명도가 클수록 에지가 적게 검출된다. 이는 마스크내의 밝기 변화에 따라 각 화소들이 가변적으로 에지 여부를 결정하므로 고정된 문턱치를 이용한 에지 검출에 비해 조명 변화에 강건한 에지 검출 결과를 얻을 수 있다. 이를 이용하여 에지인 부분과 에지가 아닌 부분을 구분하고 에지가 아닌 부분인 경우에 중간값 필터를 이용하여 부드럽게 함으로써 잡음과 의사 윤곽선을 제거한다. 중간값 필터는 주변 픽셀들을 정렬하여 그중 가운데에 있는 값을 취하는 기법으로 임펄스 잡음 제거에 효과적이다.

#### IV. 실험 결과

본 논문에서는 검증용 하기 위하여 WebMuseum-Paris, artframed의 그림 영상과 코렐 데이터베이스에 있는 자연 영상, 웹에 무료로 제공되는 자연 영상 등을 이용하여 원본 영상을 참조 영상의 색으로 변환하는 것을 실험하였다<sup>[13~15]</sup>. 실험은 채도의 문턱치를 이용하여 유채색과 무채색을 분리하여 색인을 생성한 기법에 대한 결과를 보이고 여러 가지 색을 변환하는 기법들을 이용한 결과와 제안하는 기법을 이용한 결과를 비교 분석한다.

##### 1. 색인 생성 결과

채색 분리를 하지 않은 유클리디언 거리를 이용한 색인과 실린드릭 거리를 이용한 색인, 채색 분리를 한 유클리디언 거리를 이용한 색인과 실린드릭 거리를 이용한 색인을 각각 실험한 영상을 비교한다. 여러 가지 기법으로 색인을 생성한 결과인 그림 10을 살펴보면

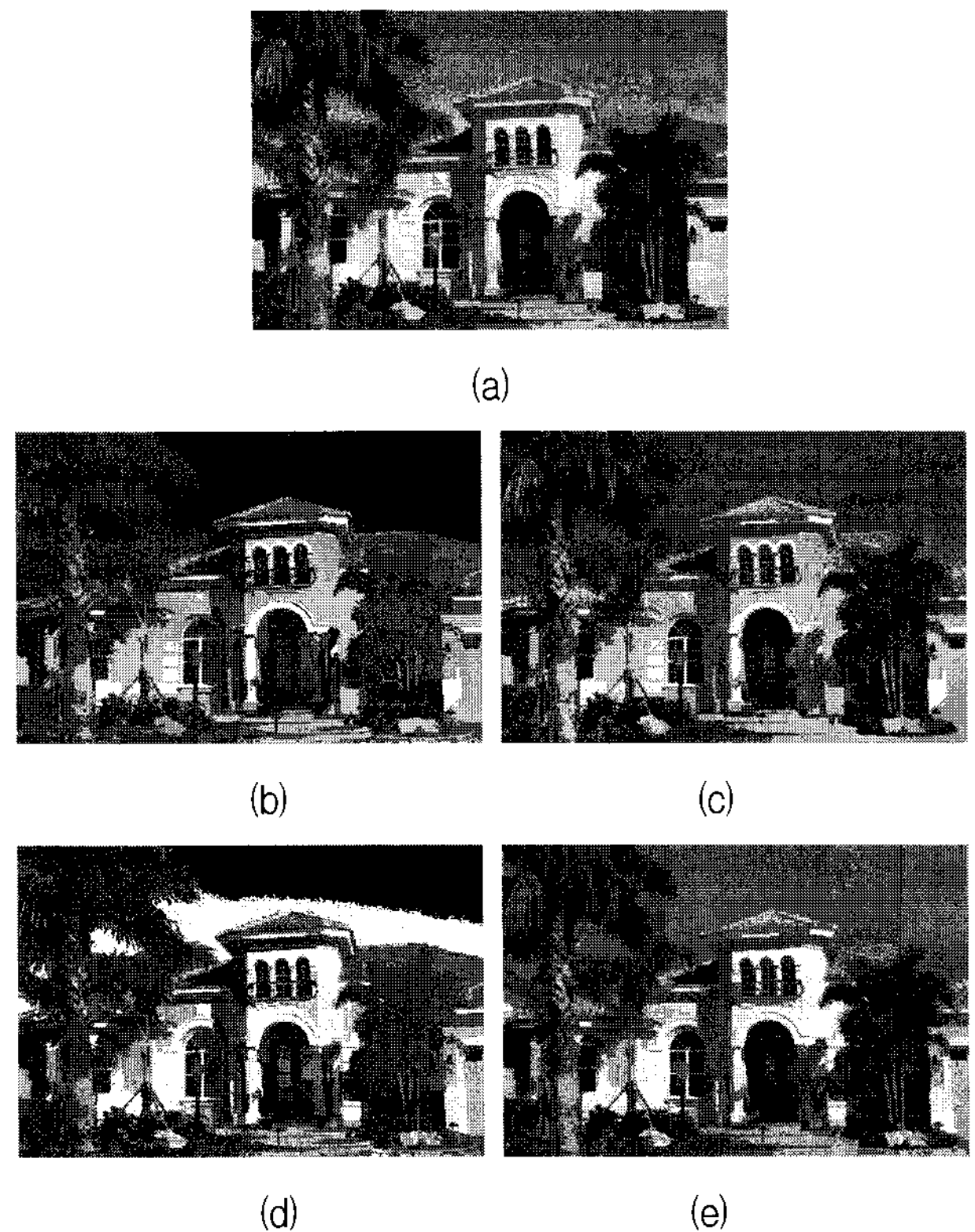


그림 10. 여러 가지 기법으로 색인을 생성한 결과 (a) 원본 영상 (b) 제안하는 기법 (c) 채색 분리와 유클리디언 거리를 이용한 색인 (d) 채색 분리를 하지 않고 실린드릭 거리를 이용한 색인 (e) 채색 분리를 하지 않고 유클리디언 거리를 이용한 색인

Fig. 10. Color transfer results (a) original image (b) proposed method (c) the method using Euclidean distance and H-S separation (d) the method using cylindrical distance (e) the method using Euclidean distance.

원본 영상에서 건물의 색은 연한 노란색을 띄는 것을 확인할 수 있다. 하지만 채색 분리를 적용하지 않고 유클리디언 거리와 실린드릭 거리를 이용하여 색인을 생성한 결과에서는 건물의 벽이 노란색 색상 항목과 흰색 색상 항목으로 색인이 된 것이 보인다. 또한 하늘 부분을 살펴 보면 채색 분리의 유무 상관없이 유클리디언 거리를 이용하여 색인을 생성한 부분에서는 파란색 색상 항목이 아닌 다른 색상 항목으로 색인이 생성되었으며 채색 분리를 하지 않고 실린드릭 거리를 이용하여 색인을 생성한 결과영상에서는 하늘에 해당하는 부분이 두 가지 색상 항목으로 나누어져 색인이 생성된 것을 확인할 수 있다. 따라서 채색 분리를 하지 않고 색인이 생성되면 점층법이 적용된 영상에서 두 가지 색상 항목으로 색인이 생성되거나 채도가 낮은 경우에 부적절한 색상 항목으로 색인이 되는 경우가 발생한다. 이를 해



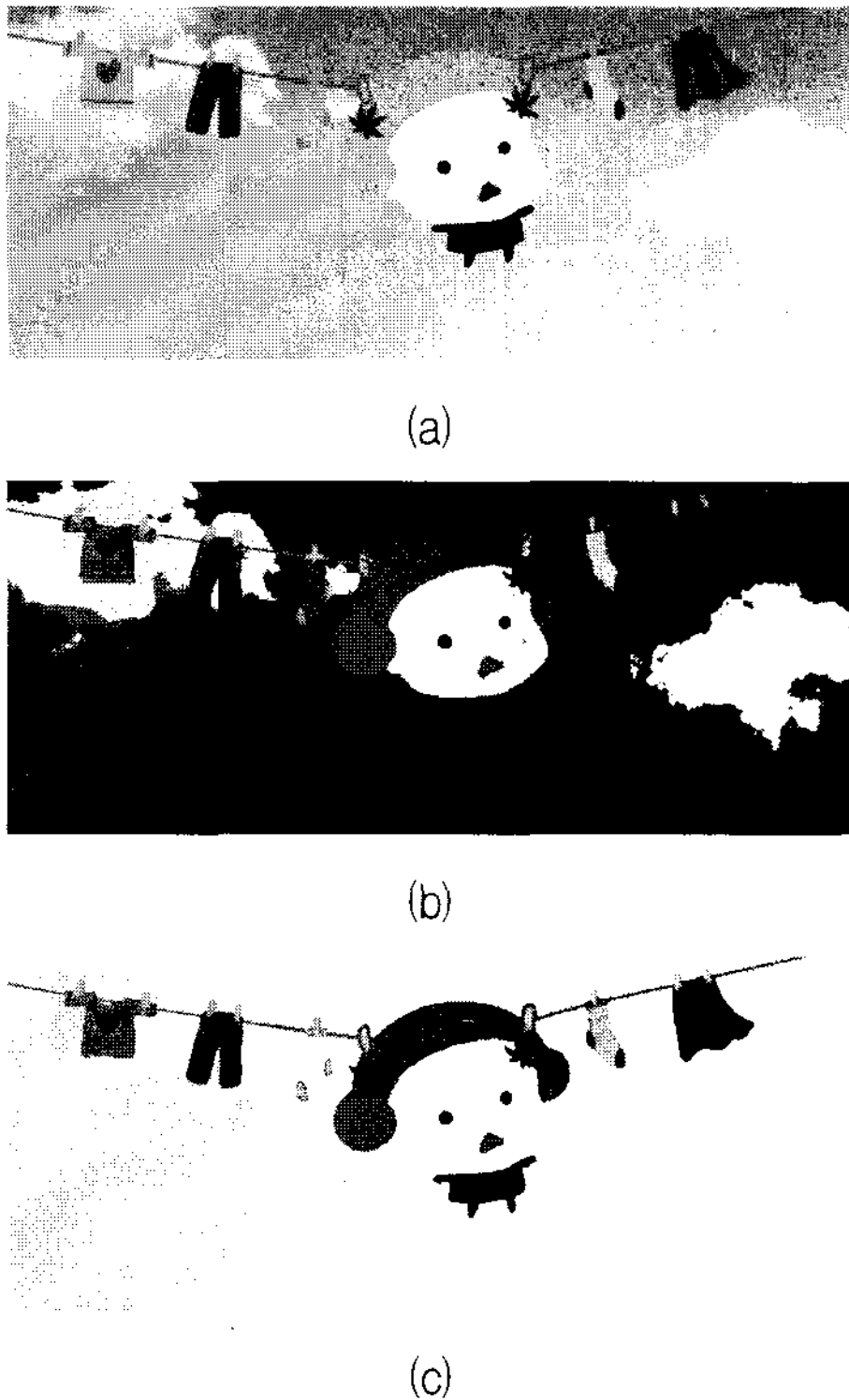


그림 11. 실린드릭 거리를 이용한 색인 생성 결과 (a) 원본영상 (b) 채색 분리를 이용한 결과 (c) 채색 분리를 하지 않은 결과

Fig. 11. Color transfer results using cylindrical distance (a) original image (b) result image using H-S separation (c) result image not using H-S separation.

결하기 위하여 채색 분리를 이용하였으며 그림 10에서 채색 분리를 이용한 색인 결과를 보면 하늘 부분과 건물의 벽 부분에서 효과적으로 색인이 생성된 결과를 확인할 수 있다.

그림 11의 원본 영상을 보면 캐릭터의 옷색, 바탕색, 빨랫줄에 걸린 청바지와 치마색은 같은 파란색 계열의 색을 가지는데 제안하는 기법에서는 파란색 색상 항목으로 색인이 된 결과를 보이지만, 채색 분리를 하지 않고 실린드릭 거리를 이용하여 색인을 생성한 결과 채도가 낮은 바탕색에서는 파란색 색상 항목이 아닌 구름과 같은 흰색 색상 항목으로 색인 된 결과를 보인다. 또한 캐릭터 왼쪽에 있는 양말의 색도 낮은 채도로 인해 흰색 색상 항목으로 잘못된 색인 결과를 보인다.

2. 색 변환 결과

그림 12는 원본 영상과 참조 영상에서 하나의 평균과 표준편차를 이용하여 색을 변환하는 Reinhard 등이 제안하는 기법과 비교한 결과이다. 원본 영상과 참조 영상의 우세한 색상들이 유사하다. 하지만 Reinhard 등이

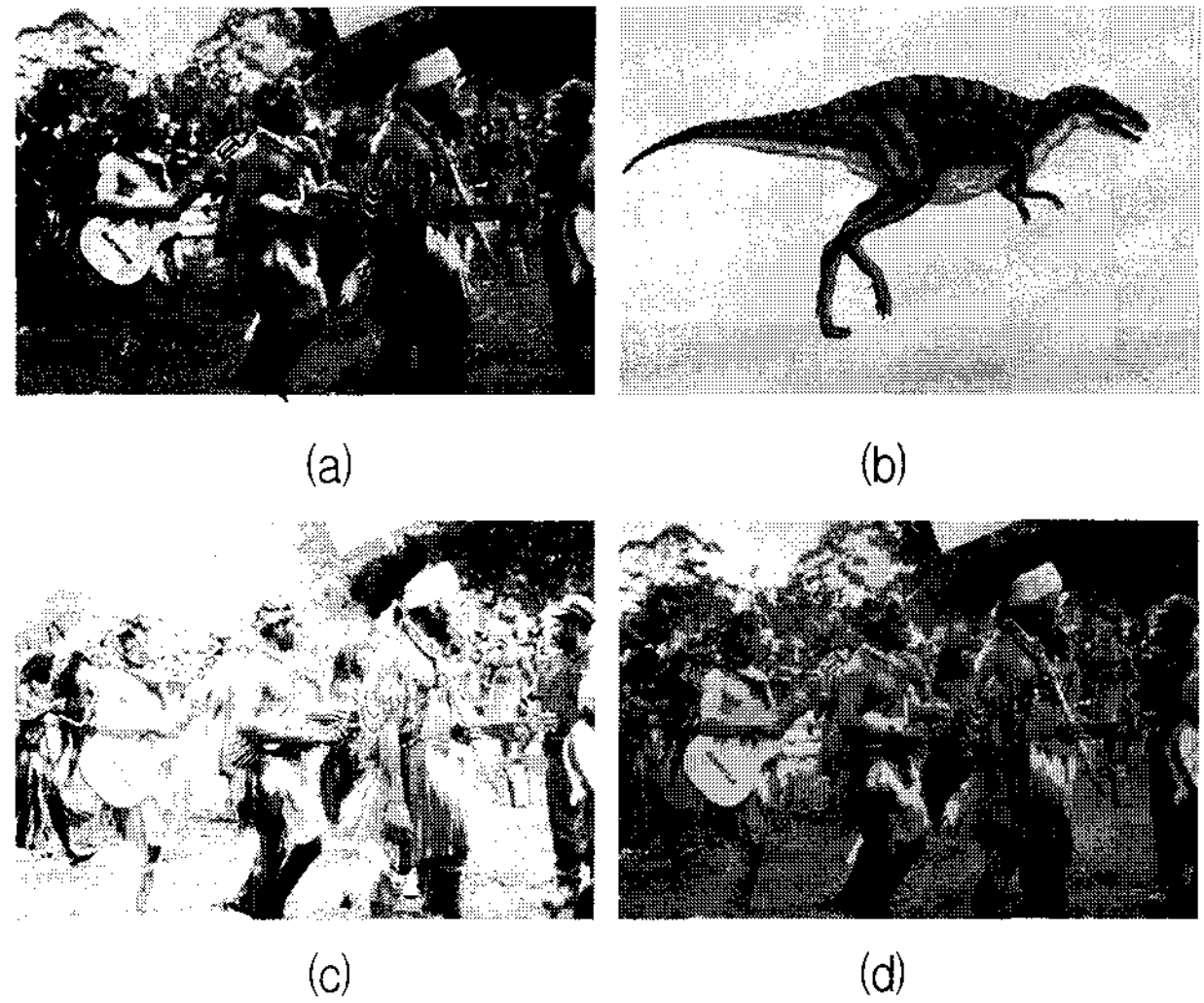


그림 12. 색 변환 결과 (a) 원본영상 (b) 참조영상 (c) Reinhard 등의 기법 (d) 제안하는 기법

Fig. 12. Color transfer results (a) original image (b) reference image (c) Reinhard's method (d) proposed method.

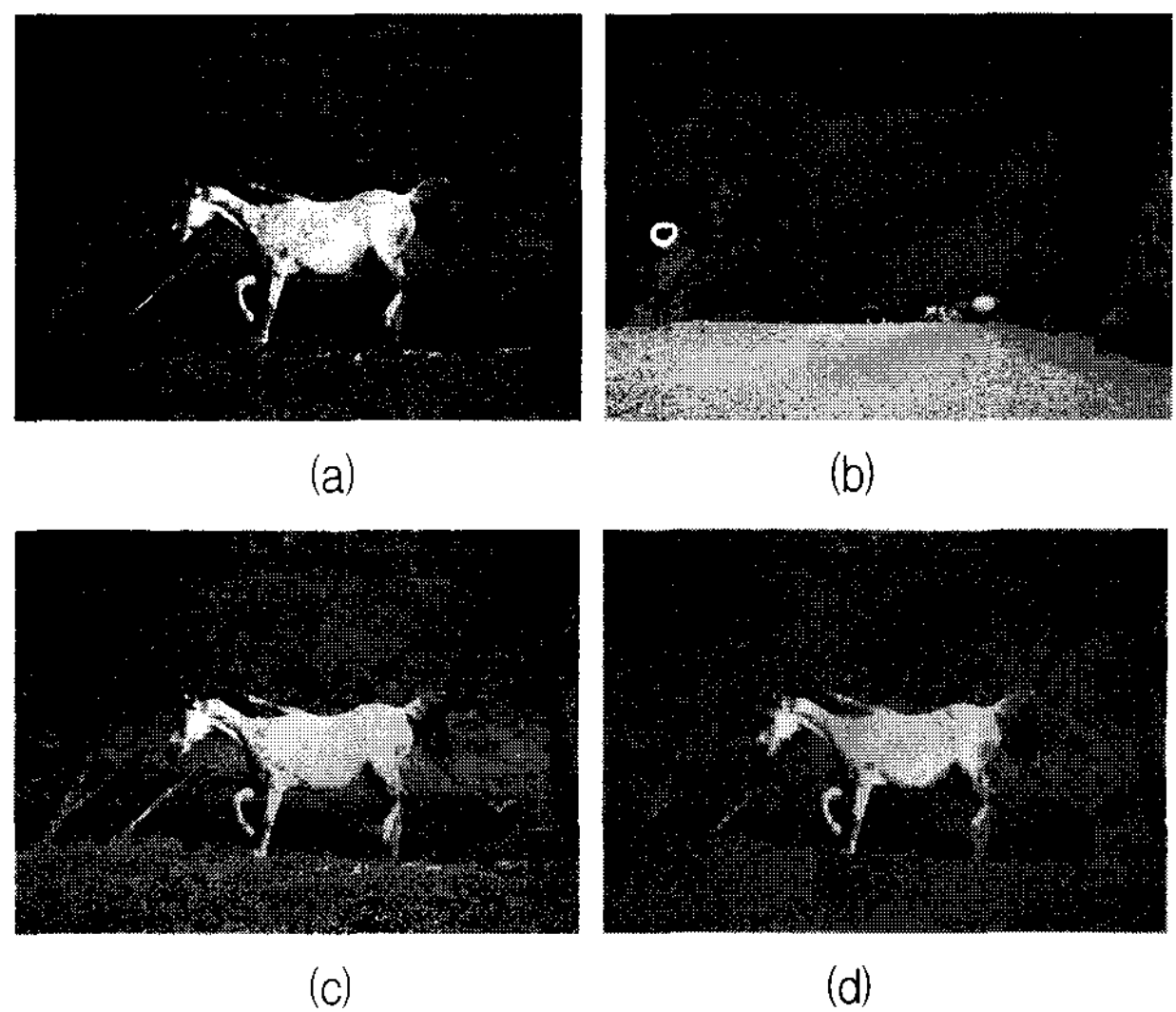


그림 13. 색 변환 결과 (a) 원본영상 (b) 참조영상 (c) Reinhard 등의 기법 (d) 제안하는 기법

Fig. 13. Color transfer results (a) original image (b) reference image (c) Reinhard's method (d) proposed method.

제안하는 기법의 경우 하나의 평균과 표준편차를 이용하므로 참조 영상에서 공룡의 색과 배경의 색이 혼합되어 결과 영상의 명도가 증가한 것이 보인다. 제안하는 기법에서는 채도 분리와 색인을 생성하는 기법을 사용하여 참조 영상이 가지는 우세한 색으로 변환된 것이 보인다.

그림 13에서 보면 Reinhard 등의 기법에서 참조 영상에 존재하는 파란색, 바위색, 자갈색 등이 혼합되어 참조 영상에서는 존재하는 않는 붉은 타입의 색으로 변환



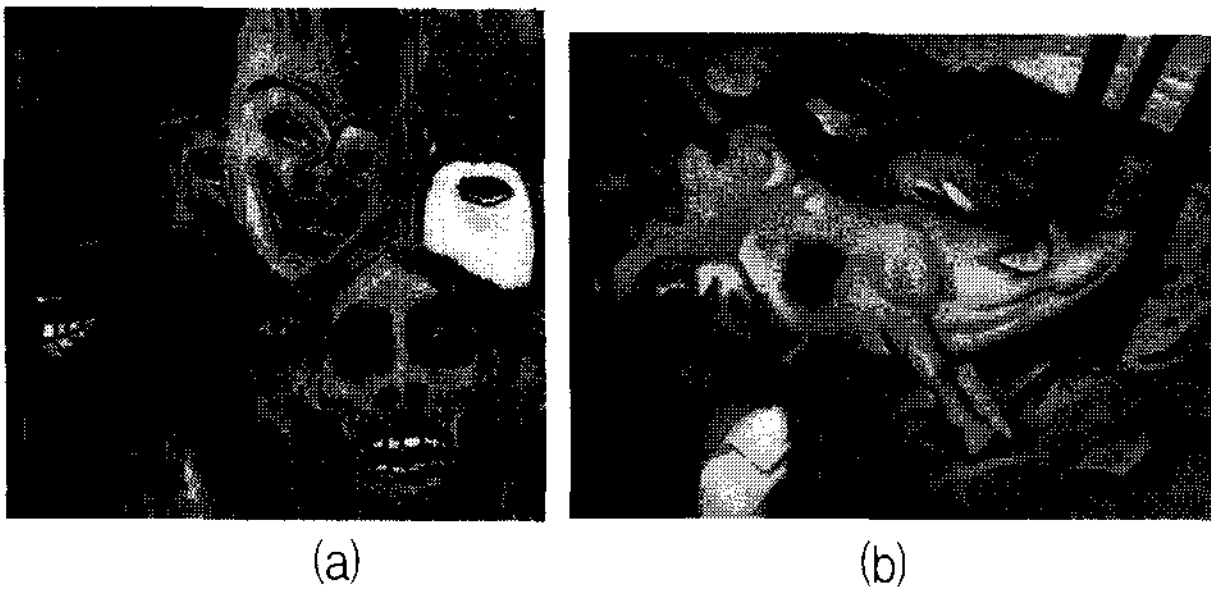


그림 14. 실험 영상 1 (a) 원본 영상 (b) 참조 영상  
 Fig. 14. The experimental image 1 (a) original image (b) reference image.

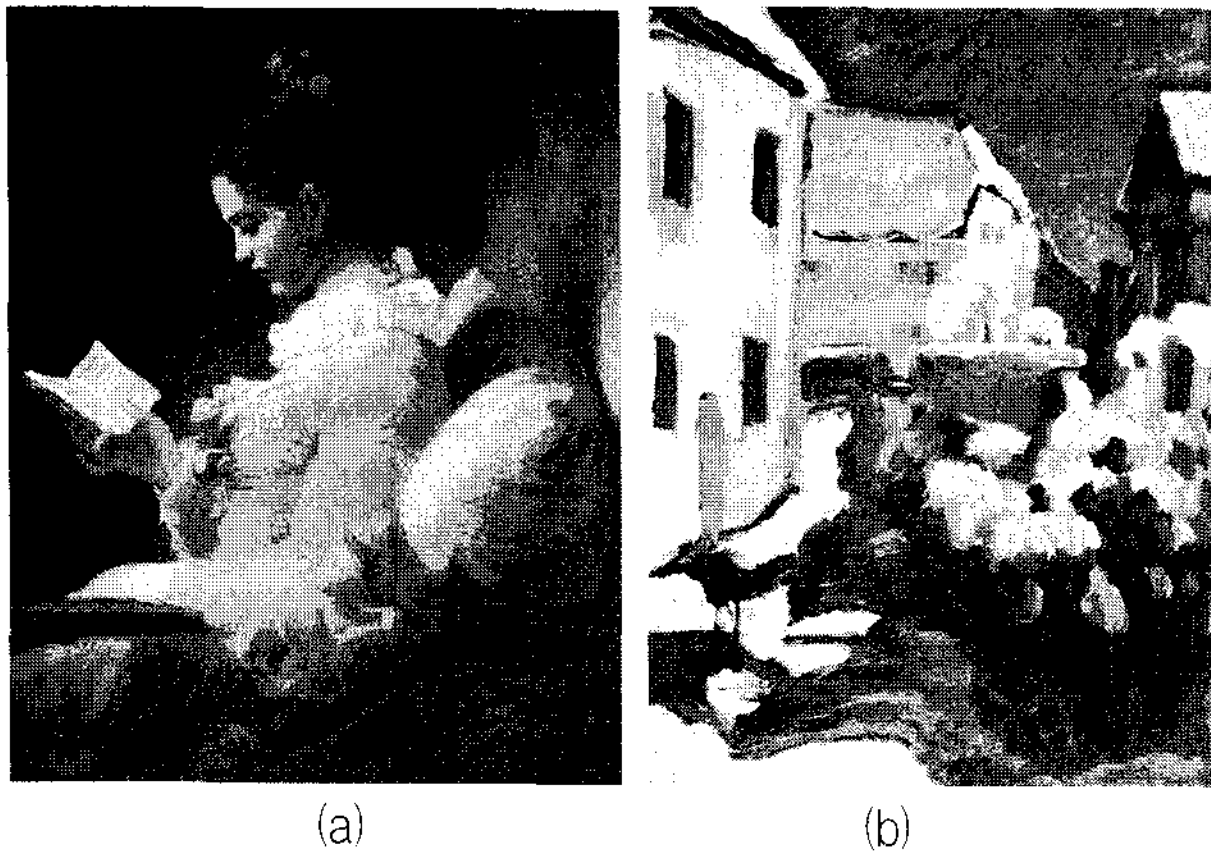


그림 15. 실험 영상 2 (a) 원본 영상 (b) 참조 영상  
 Fig. 15. The experimental image 2 (a) original image (b) reference image.

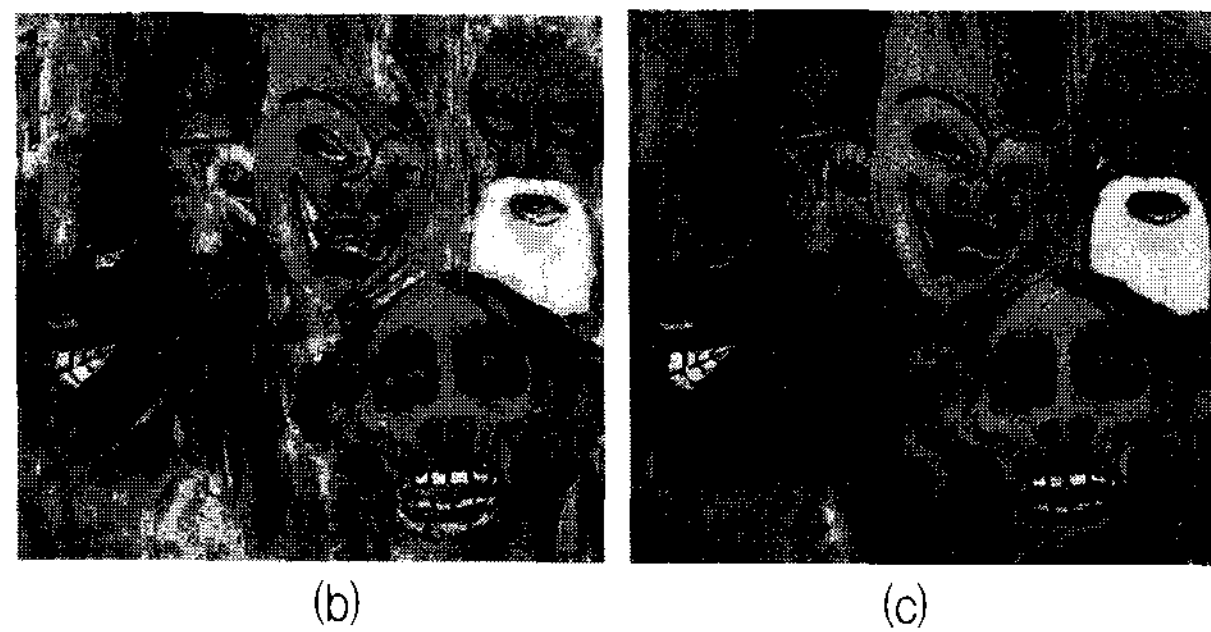
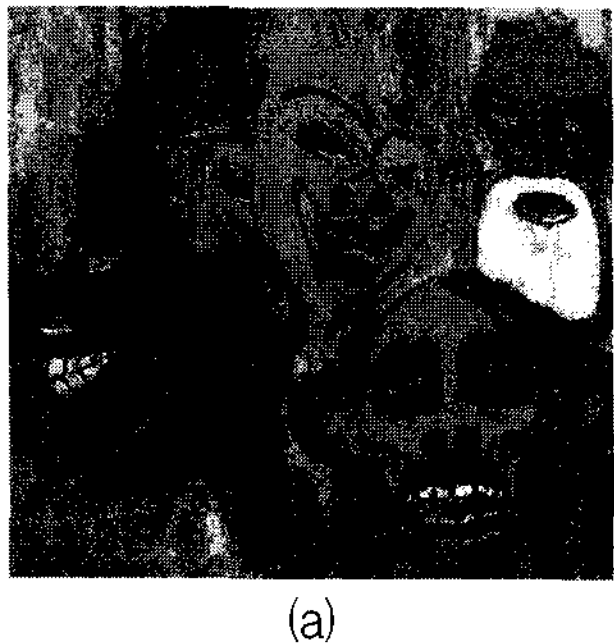


그림 16. 실험 영상 1의 색 변환 결과 (a) 제안하는 기법 (b) Greenfield 등의 기법 (c) Reinhard 등의 기법  
 Fig. 16. Color transfer results of experimental image 1 (a) proposed method (b) Greenfield's method (c) Reinhard's method.



그림 17. 실험 영상 2의 색 변환 결과 (a) 제안하는 기법 (b) Greenfield 등의 기법 (c) Reinhard 등의 기법  
 Fig. 17. Color transfer results of experimental image 2 (a) proposed method (b) Greenfield's method (c) Reinhard's method.

된 결과를 확인할 수 있다. 제안하는 기법에서는 원본 영상에서 우세하게 나타나는 초록색과 참조 영상에서 우세하게 나타나는 파란색이 적절하게 색이 변환된 것을 확인할 수 있다. 그림 14와 15는 원본 영상과 참조 영상을 보여주고 있으며, 그림 16과 17은 색 변환 기법의 결과를 보여주고 있다.

그림 16(b)를 보면 원본 영상의 배경은 유사한 색이지만 우측 상단, 좌측 하단 등에서 영상의 배경에서 부적절한 색으로 변환된 것이 보인다. 이는 영역 기반의 영상 분할로 인해 유사한 영역이 분할되어 각각 다른 색으로 변환되어 발생하는 문제이다. 또한, 16(c)를 보면 원본 영상과 참조 영상이 가진 색의 종류들이 비슷하여 결과 영상이 자연스러워 보이지만 하나의 평균과 표준편차를 사용함으로써 영상의 국부적인 색의 특성을 반영하지 못하고 결과 영상에서는 대부분의 색이 노란색 계통으로 나타난 것을 확인할 수 있다. 채색 분리를

이용한 제안하는 기법의 결과(16(a))를 보면 화소별로 채색 분리하여 색인한 결과 유사한 영역을 분할시켜 각기 다른 색으로 변환하는 문제를 해결하였으며 색인한 색상 항목 별로 색을 변환하여 영상의 국부적인 색의 특성을 반영하여 효과적으로 색을 변환함을 확인할 수 있다.

그림 17의 참조 영상은 대부분 명도가 높은 노란색 계통의 색을 가지지만 배경은 어두운 계통의 색을 가진다. Greenfield 등의 기법을 이용한 결과에서는 배경의 색으로 인해 영상의 명도가 낮으며 노란색 계통 보다는 갈색 계통의 색이 주류를 이루고 있다. Reinhard 등의 기법을 이용한 결과에서는 그림 16과 마찬가지로 하나의 평균과 표준편차의 사용으로 대부분의 색이 참조 영상의 대표 색상 중의 하나인 노란색 계열로 나타난다. 또한 Greenfield 등의 기법과 Reinhard 등의 기법의 결과에서는 명도의 변화로 인해 길이나 나무 밑동 부분의 세부적인 묘사가 많이 사라진 것을 확인할 수 있다. 제안하는 기법의 결과에서는 채색 분리를 이용한 색인을 이용함으로써 영상의 전체적인 분위기를 노란색으로 유지 하였고 국부적인 색의 특성을 살려 영상의 세부적인 묘사를 효과적으로 나타낸 것을 확인할 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 채도의 문턱치를 이용하여 색인을 생성한 영상의 색 변환 기법을 제안하였다. 제안하는 기법은 그림 영상뿐만 아니라 자연 영상에서도 적용이 가능하며 채도의 문턱치를 이용하여 유채색과 무채색으로 분리함으로써 색상의 식별력이 저하되는 낮은 채도에서도 올바른 색으로 색인이 생성된다. 또한, 적응형 에지 검출기와 중간값 필터를 사용하여 에지가 아닌 부분을 찾아 영상을 부드럽게 함으로써 영상의 색을 변환한 후 발생하는 잡음이나 의사 윤곽선이 제거된다. 그러나, 영상의 분위기에 영향을 주는 요소는 색이외에 많은 요소들이 존재하며, 따라서, 색 요소 이외에 조명 등과 같은 다른 요소들을 추가하여 분위기를 변환하는 연구가 필요하다.

## 참 고 문 헌

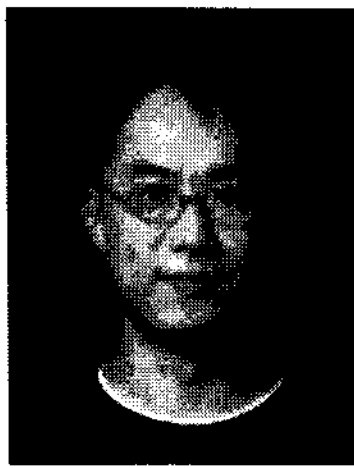
[1] E. Reinhard, M. Ashikhmin, B. Gooch and P. Shirley, "Color Transfer between Images," IEEE Computer Graphics and Applications, Volume 21,

- pp. 34-41, 2001.
- [2] 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.
- [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] W. Skarbek, and A. Koschan, "Colour Image Segmentation-A Survey," Institute for Technical Informatics, Technical University of Berlin, 1994.
- [5] P. Pujas and M. Aldon, "Robust Colour Image Segmentation," Proc.7th International Conference on Advanced Robotics , San Filiu de Guixols, Spain, 1995.
- [6] 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.
- [7] 김태수, 김승진, 이건일, "적응적 대표 컬러 히스토그램과 방향성 패턴 히스토그램을 이용한 내용 기반 영상 검색," 대한전자공학회 논문지, Vol. 42, pp. 119-126, 2005.
- [8] 남혜영, 김보람, 김욱현, "Cylindrical Metric을 사용한 블록기반 컬러 영상 분할," 대한전자공학회 논문지, Vol. 42, pp. 285-292, 2005.
- [9] 신기루, "얼굴 피부와 조명의 칼라 이식," 서강대학교 미디어공학과 석사학위논문, 2003
- [10] B. Berlin and P. Kay , "Basic Color Terms: Their Universality and Evolution," Center for the Study of Language and Inf, 2001.
- [11] Y. chang, K. Uchikawa and S. Saito, "Example-based color stylization based on categorical perception," ACM International Conference Proceeding Series, Vol.73, pp. 91-98
- [12] 지은미, 윤호섭, 이상호, "컬러와 에지정보를 결합한 조명변화에 강인한 얼굴영역 검출기법," 정보과학회 논문지, Vol. 29, No. 11, pp. 809-817, 2005.
- [13] <http://www.ibiblio.org/wm/>
- [14] <http://www.artframed.com>
- [15] <http://wang.ist.psu.edu/docs/related/>

저 자 소 개



곽 정 민(학생회원)  
 2006년 대구가톨릭대학교 정보통신공학과 학사 졸업.  
 2008년 한양대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업.  
 2008년 현재 LG전자 연구원.  
 <주관심분야 : 영상 변환, 컴퓨터 비전 등>



김 재 협(학생회원)  
 2001년 한양대학교 전자계산학과 학사 졸업.  
 2003년 한양대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업.  
 2008년 현재 한양대학교 컴퓨터공학과 박사과정.  
 <주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전, 패턴인식 등>



문 영 식(정회원)  
 1980년 서울대학교 공과대학 전자공학과 학사 졸업.  
 1982년 한국과학기술원 전기전자공학과 석사 졸업.  
 1990년 Ph.D. in Department of Electrical and Computer Engr. University of California at Irvine.  
 1982년~1985년 한국전자통신연구소 연구원.  
 1989년~1990년 InnoVisionMedical 선임연구원.  
 1990년~1992년 생산기술연구소 선임연구원.  
 1992년~현재 한양대학교 전자계산학과 정교수.  
 <주관심 분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전, 패턴인식 등>