

논문 2012-49SP-3-8

컬러 카테고리 맵을 이용한 수정된 지역적인 색변환

(Modified Local Color Transfer with Color Category Map)

하 호 건*, 경 왕 준*, 김 대 철*, 하 영 호**

(Ho-Gun Ha, Wang-Jun Kyung, Dae-Chul Kim, and Yeong-Ho Ha)

요 약

지역적인 영상의 색변환이란 영상에서 특정 색을 포함하는 영역을 추정하고 이를 원하는 색으로 변환시키는 것이다. 기존 방법에서는 색차만을 이용해서 바꾸고자 하는 색을 포함하는 영역을 추정하고 이를 변환하였다. 따라서 변환되는 색 주변에서 원하지 않는 색결점(color artifact)이 나타나게 되었다. 제안한 방법에서는 이러한 색결점을 줄이기 위해 컬러 카테고리 맵과 수정된 color influence map을 결합한 지역적인 색변환 방법을 제안하였다. 컬러 카테고리 맵은 모든 색을 사람의 인지를 기반으로 11가지의 컬러 카테고리 나눈 것으로서, 컬러 정보만을 이용해서 먼저 바꾸고자하는 색을 포함한 입력 영상의 지역 영역을 대략적으로 추정한다. 다음으로, 수정된 color influence map을 이용하여 인접한 영역의 색을 고려한 색변환 정도를 계산한다. 기존의 방법처럼 단순히 동일한 가중치를 주는 색차보다는 밝기와 색도에 서로 다른 가중치를 주어 수정된 color influence map을 계산하였다. 마지막으로 각각의 컬러 카테고리 맵과 수정된 color influence map에 가중치를 결합하여 지역적인 영상의 색변환을 수행하였다. 실험을 통해 제안한 방법과 기존의 색변환 방법의 결과 영상을 비교해 보았으며, 제안한 방법에서 색결점이 적게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

Abstract

Local color transfer is the process of assigning a given color to a local region in a target image. The local region that contains the given color has to be segmented. Conventionally, the segmentation of the corresponding local region in a target image is based on the color distance. The region which is the closest in color distance is separated. However, since the close range of color distance separating a given color from target image is ambiguous and uncertain, color distortion is often generated around a separated local region. Therefore, this paper addresses the problem of segmentation in a local color transfer. To prevent color distortion, a modified color influence map is proposed with color categories. First, the target image is roughly segmented using a color category map, which groups similar colors in color space. It restricts the color transfer to a specific color category according to a given color. Second, modified color influence map assigning different weight to lightness and chroma, respectively, is used instead of Euclidian color distance. Then, by combining a modified color influence map and color category map filtered with anisotropic diffusion, a local region that contains a given color can be segmented more strictly than conventional method.

Keywords : Color transfer, Recoloring, Color category

I. 서 론

색변환이란 영상의 전체적인 느낌이나 분위기를 변

화시키기 위해 영상이 가지고 있는 일부 또는 전체의 색을 특정 색으로 변환시키는 것을 말한다. 즉, 바꾸고자 하는 색이 가지는 특성을 추정하여 이를 변화시키고자 하는 입력 영상(input image)에 적용시켜 색을 변환시키는 것을 의미한다. 그림 1은 영상의 색변환이 적용된 예를 나타낸다. (a)는 입력 영상이고, (b)는 지역적인

* 학생회원, ** 정회원, 경북대학교 전자공학부
(School of Electronics Engineering, Kyungpook National University)

접수일자: 2011년10월30일, 수정완료일: 2012년2월17일

색변환을 적용한 결과 영상을 나타낸다. 결과 영상의 녹색과 파란색을 색변환 하였는데, 변환된 두 가지 색이 좀 더 밝고 높은 채도의 색으로 변화된 것을 알 수 있다. 이러한 색변환 방법은 크게 2가지로 나누어지는데, 전역적 색변환 방법(global color transfer)과 지역적 색변환 방법(local color transfer)으로 나누어진다. 전역적 색변환 방법은 가장 일반적이고 간단한 방법으로 영상이 가지고 있는 전체의 색을 변환시킨다. 대표적인 전역적 색변환 방법은 Reinhard 가 제안한 것으로, 영상이 포함하는 전체 색을 $l\alpha\beta$ 색공간으로 변환하여 각 축의 통계적인 색 분포 값인 평균과 분산을 목적이 되는 영상(target image)에 맞도록 변화시켜 전체적인 영상의 색을 변환한다^[1].

지역적 색변환 방법은 입력 영상 중에 특정 색을 선택적으로 원하는 색으로 변환시키는 방법이다^[2]. 지역적인 색변환 방법에서는 color influence map 방법이 많이 이용된다. 먼저 입력 영상에서 바꾸고자 하는 특정 색을 포함하는 지역 영역을 선택하고, 선택된 지역 영역과 입력 영상과의 색차를 이용하여 색변환을 적용한다. 그리고 최근에는 영상을 segmentation 하거나 확률적인



(a)



(b)

그림 1. 영상의 지역적인 색변환;
(a)입력 영상 (b) 결과 영상

Fig. 1. Local color transfer of an image;
(a) input image and (b) resulting image.

분포를 이용하는 Bayesian 방법을 이용하여 좀 더 정확하게 원하는 색을 변환하는 방법이 제안되고 있다^[3~4].

본 논문에서는 color influence map을 이용한 지역적인 색변환 시에 나타나는 색결점(color artifacts)을 줄이는 방법을 제안하였다. 기존의 color influence map에서는 단순 색차(color difference)만을 이용하기 때문에 입력 영상에서 바꾸고자 하는 색을 포함하는 지역 영역을 정확하게 추출할 수 없다. 또한 색차가 적게 나는 인접 영역에서 원하지 않는 색으로 변화는 색결점을 야기 시킨다. 따라서 컬러 카테고리 맵과 수정된 color influence map을 가중치로 결합한 color influence map을 제안하여 지역적인 색변환 방법을 제안하였다.

II. 본 론

1. 기존의 지역적인 색변환 방법

지역적인 색변환 방법은 기본적으로 Reinhard가 제안한 방법을 기반으로 한다[1]. 바꾸고자 하는 목표가 되는 색(target color) 또는 목표가 되는 색을 포함하는 영역을 $l\alpha\beta$ 색공간으로 변환시키고, 각 축의 통계적인 정보인 평균과 분산을 계산한다. 그리고 이러한 정보를 입력 영상에서도 동일하게 나타나도록 변환한다. 평균과 분산은 아래와 수식 (1), (2)로 계산한다.

$$\mu_k^R = \frac{1}{N_R} \sum_{i=i_1}^{i_2} \sum_{j=j_1}^{j_2} c_k(i, j) \quad (1)$$

$$\sigma_k^R = \sqrt{\frac{1}{N_R - 1} \sum_{i=i_1}^{i_2} \sum_{j=j_1}^{j_2} (c_k(i, j) - \mu_k^R)^2} \quad (2)$$

여기서, $N_R = (i_2 - i_1 + 1)(j_2 - j_1 + 1)$ 는 영상의 화소 개수를 의미하고, $c_k(i, j)$ 는 영상의 화소 위치에서의 각 채널값을 나타낸다.

지역적인 색변환을 하기 위해서는 먼저 입력 영상에서 바꾸고자 하는 특정색을 포함하는 지역 영역을 추출해야 한다. 이를 위해 그림 2에서처럼 입력 영상에서 변환하고자 하는 녹색을 포함하고 있는 지역 영역을 선택한다. 다음으로 선택된 지역 영역의 평균 $l\alpha\beta$ 와 입력 영상 각 화소의 $l\alpha\beta$ 사이의 유클리드 거리를 계산한다. 즉, 입력 영상 각 화소의 색과 바꾸고자 하는 색인 녹색을 포함하는 지역 영역의 색과 색차를 나타내는 맵(map)을 구한다. 그리고 이를 color influence map으로



그림 2 입력 영상에서 바꾸고자 하는 지역 영역 설정
(a) 입력 영상 (b) 선택된 지역 영역
Fig. 2. Selecting a local region in the input image.
(a) input image (b) selected local region

정의한다.

마지막으로 색차에 따른 가중치를 color influence map에 곱하여 입력 영상에서 바꾸고자 하는 색을 포함하는 영역을 분리한 후, 색변환을 수행한다.

아래의 수식을 이용하여 color influence map을 계산한다.

$$f_{i,j} = F(\rho(\mu_s^R, c_s(i, j))) \quad (3)$$

$$F(x) = 1 / e^{3x^2} \quad (4)$$

여기서, $\rho(\mu_s^R, c_s(i, j))$ 은 입력 영상의 각 화소의 $\alpha\beta$ 값과 입력 영상에서 선택된 지역 영역의 평균 $\alpha\beta$ 값 사이의 유클리디언 거리를 의미하고, $F(x)$ 는 계산된 유클리디언 거리에 적용하는 가중치 함수를 의미하고, $f_{i,j}$ 는 color influence map을 나타낸다. 가중치 함수는 색차에 따른 색변환을 자연스럽게 적용시키는 역할을 한다.

그림 3은 그림 2에 나타난 입력 영상의 color influence map을 나타낸 것이다. Color influence map에서 각 위치의 밝기 값들은 입력 영상에서 바꾸고자 하는 색인 녹색과 유사한 색을 가진 영역을 나타내는 것으로 녹색과 색차 정도를 역으로 나타낸 것이다. 즉, 녹색과 색차가 거의 없는 색을 가진 위치에서 밝기가 높게 나타나고, 색차가 많이 나타내는 위치에서는 낮게 나타나며, 색변환이 일어나지 않는 것을 의미한다. 이를 통해 입력 영상에서 바꾸고자 하는 색을 가진 영역만을 추출하고 그 영역의 색만을 변환시킨다.

색을 변환시키는 것은 바꾸고자 하는 색의 통계적인 정보인 평균과 분산을 입력 영상의 선택한 색에게도 동



그림 3 입력 영상의 color influence map
Fig. 3 Color influence map of input image.

일하게 나타나도록 만들어 주는 것이다. 따라서 수식 (5)을 이용하여 색변환을 수행하였다. 수식 (5)은 color influence map에 따라 Reinhard의 색변환 방법이 적용되어 지역적인 색변환이 수행됨을 나타낸다.

$$c'_s(i, j) = c_s(i, j) + f_{ij} \left(\mu_t^R + \frac{\sigma_s^R}{\sigma_t^R} (c_s(i, j) - \mu_s^R) - c_s(i, j) \right) \quad (5)$$

여기서, $c'_s(i, j)$, $c_s(i, j)$ 은 각각 색변환된 결과 영상의 화소값과 입력 영상의 화소값을 의미하고, μ_s^R, μ_t^R 와 σ_s^R, σ_t^R 는 각각 입력 영상에서 선택된 지역 영역과 바꾸려고 하는 목표가 되는 색(target color)의 평균과 표준편차를 의미한다.

그러나 기존의 방법에서는 색차만을 기준으로 color influence map을 구성하기 때문에 그림 3의 아래쪽 연못 부근에 원하지 않는 색의 변환을 가져와서 색결점을 유발한다. 이와 같은 색결점은 바꾸고자하는 색인 녹색과 색차 적게 나는 영역이지만 바꾸고자하는 색은 아니다. 즉, 기존의 색차를 계산하는 방법으로는 정확하게 원하는 색을 가지는 영역을 추정할 수가 없으며, 색결점을 유발하게 된다. 따라서 이러한 색결점을 줄이기 위해 컬러 카테고리 맵을 통해 대략적인 입력 영상의 색 분류를 먼저 수행하였다. 다음으로, 밝기와 색도에 서로 다른 가중치를 두어 색차를 이용한 수정된 color influence map을 계산하였다. 마지막으로, 이러한 두 맵을 결합하여 색이 변환되는 영역 주변에서 나타나는 색결점을 줄이는 지역적인 색변환 방법을 제안하였다.

2. 제안한 색변환 방법

본 논문은 지역적인 색변환 방법으로 입력 영상에서 바꾸고자 하는 색을 포함하는 지역 영역을 정확하게 추출하고 이를 목표가 되는 색으로 변환하는 방법을

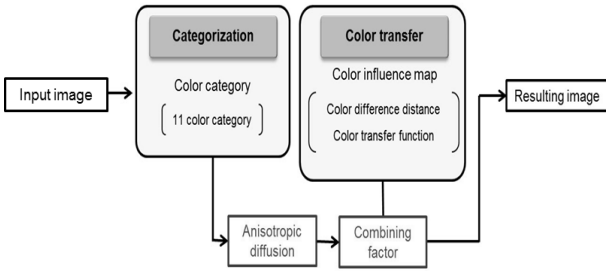


그림 4 제안된 방법의 흐름도

Fig. 4 The flow of the proposed method.

제안한다. 기존 방법에서는 색 분포 거리차인 색차만으로 color influence map을 계산하였기 때문에 정확하게 입력 영상에서 바꾸고자 하는 색을 분리할 수 없다. 따라서 바꾸고자 하는 색과 인접한 색차를 가지는 영역의 원하지 않는 색변환인 색결점이 나타나게 되었다. 제안한 방법은 segmentation과 같은 복잡하고 번거로운 알고리즘을 적용하지 않고 간단하며, 선택적으로 색을 변환하는 방법을 제안하였다. 기존의 color influence map 방법을 기반으로 한 수정된 color influence map과 컬러 카테고리 맵을 결합하여 새로운 color influence map을 제안하였다. 그림 4는 제안된 방법의 흐름도를 나타낸다.

우선 입력 영상이 포함하고 있는 모든 색을 11개의 카테고리로 분리하여서 입력 영상의 컬러 카테고리 맵을 만들었다. 그리고 도출된 컬러 카테고리 맵에 anisotropic diffusion 필터링을 처리함으로써 바꾸고자 하는 컬러 카테고리 맵의 형태를 유지하면서 경계부분의 급격한 변화를 줄였다. 또한 color influence map을 계산할 때 색차를 동일한 가중치로 계산하는 것이 아니라 밝기와 색도에 서로 다른 가중치를 두어서 계산하였다. 마지막으로 두 맵을 결합하는 파라미터를 사용자가 조절함으로써 새로운 color influence map을 도출하였다.

가. 컬러 카테고리 맵

제안한 방법에서는 먼저 컬러 카테고리 맵을 이용하였다. 이는 Basic Color Terms (BCTs)에 기반을 한다 [5][6]. BCTs는 모든 색을 사람의 인지를 기반으로 11가지의 컬러 카테고리 나눈 것으로서, 본 논문에서는 RGB값을 바탕으로 주관적인 실험을 통해 컬러를 11가지의 카테고리로 나누었다. 따라서 color influence map을 수행하기 이전에 컬러 정보만을 이용해서 대략적으

로 입력 영상에서 바꾸고자 하는 색을 가진 영역을 분리할 수 있다. 이 단계는 색차를 기반으로 영역을 분리하기 이전에 인지를 기반으로 입력 영상을 색에 따라 분류하는 것으로, 색차를 적어도 인지적으로 다른색으로 느껴져서 변환되는 색결점을 줄이기 위한 것이다. 컬러 카테고리 맵은 아래의 수식을 통해 각 화소별로 RGB을 비교하여 맵을 생성한다.

$$D_c(i, j) = \begin{cases} 1, & c(i, j) \in D_{category_c} \\ 0, & c(i, j) \notin D_{category_c} \end{cases} \quad (6)$$

여기서, $c(i, j)$ 는 영상의 각 위치의 화소값을 나타내고, D_c 는 바꾸고자 하는 색 c (target color) 또는 이와 유사한 색을 포함하는 컬러 카테고리 맵을 의미하고, $D_{category_c}$ 는 11개의 컬러 카테고리 중 바꾸고자 하는 색 c 를 포함하는 RGB값의 범주를 의미한다.

그림 5는 입력 영상을 11개의 컬러 카테고리 나눈 것을 나타낸다. 그러나 컬러 카테고리 맵은 입력 영상의 모든 색을 11개의 카테고리 나눈기 때문에 추정된 컬러 카테고리 맵에서 바꾸고자 하는 색의 컬러값들과 그 외 다른 주변의 컬러값들과의 오차를 크게 만들어 준다. 따라서 필터링을 통해서 이러한 오차를 줄여야 한다. 이 때 anisotropic diffusion 필터를 사용함으로써 컬러 카테고리 맵의 경계나 전체적인 형태를 보존하면서 주변 컬러값들과의 오차를 줄였다.

$$D'_c = \frac{\partial D_c}{\partial t} = \text{div}[c(|\nabla D_c|) \cdot \nabla D_c] \quad (7)$$

여기서 D'_c 은 anisotropic diffusion 필터 처리된 컬러 카테고리 맵을 의미하고, $\text{div}()$ 발산 연산을 나타내고, ∇ 는 영상의 그래디언트를 나타낸다.

나. 수정된 color influence map

다음으로 기존의 color influence map을 기반으로 색차를 계산하는 방법을 변형하여 수정된 color influence map을 제안한다. 같은 색차값을 가지더라도 밝기 또는 색도에 따라 나타나는 색차가 다르다^[7]. 따라서 색차를 구함에 있어서 밝기에 따라 밝기값과 색도값에 서로 다른 가중치 주어야 한다. 그림 3의 기존의 color influence map에서 색결점이 나타나는 연못 부근의 색차값들은 분석해보면 색차 중에 색도값에서는 차이가 많이 나지만 밝기값이 비슷하기 때문에 전체적인 색차

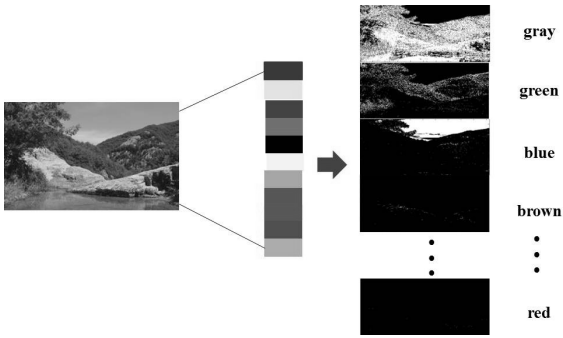


그림 5. 컬러 카테고리를 이용한 입력 영상의 색분류
Fig. 5. Color categorization map of the input image.

를 구한 결과값이 작게 나와 녹색과 비슷한 지역이라고 계산되어진다. 그래서 제안한 방법에서는 밝기와 색도에 서로 다른 가중치를 두어 좀 더 정확한 color influence map을 계산하였다.

다. 제안된 color influence map

마지막으로 앞서 설명한 두 개의 맵을 결합하는 파라미터를 통해 최종 수정된 color influence map을 계산한다. 결합에 사용되는 파라미터는 각각 α , β 로 컬러 카테고리 맵과 수정된 color influence map에 대한 가중치를 의미하는 것으로 사용자의 조절을 통해서 파라미터가 결정되어진다.

$$\rho'(\mu_s^R, c_s(i, j)) = \|\mu_s^R - \omega_s c_s(i, j)\| \quad (8)$$

$$f'_{i,j} = \alpha F(\rho'(\mu_s^R, c_s(i, j))) \times \beta D_c', \quad F(x) = 1 / e^{3x^2} \quad (9)$$

여기서, ω_s 는 색도와 밝기에 대한 각각의 가중치를 의미하고, $\rho'(\mu_s^R, c_s(i, j))$ 는 가중치를 고려한 색차를 의미하고, α , β 는 컬러 카테고리 맵과 수정된 color influence map의 결합 파라미터를 의미하고, $f'_{i,j}$ 은 제안된 color influence map을 의미한다.

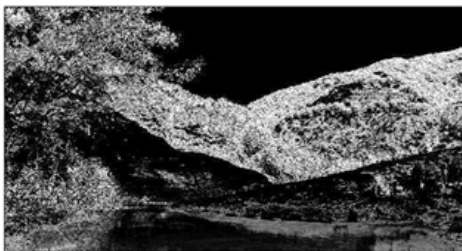


그림 6. 제안한 방법을 이용한 color influence map
Fig. 6. The proposed color influence map.

제안된 방법을 이용한 color influence map이 그림 6으로 나타나 있다. 연못 부근의 밝기값들이 많이 줄어든 것을 볼 수 있다. 따라서 기존의 바꾸고자 하는 색 주변의 색결점이 발생하는 문제점이 줄어들 수 있다.

III. 실험

제안한 방법과 기존의 색변환 방법을 실험을 통해 비교해 보았다. 먼저 그림 2를 입력 영상으로 하여 녹색에 대해 지역적인 색변환을 적용해 보았다.

그림 7에 나타나는 결과 영상을 비교해 봤을 때, 제안한 방법을 이용한 색변환에서 연못 주변에 색결점이 적게 나타나는 것을 볼 수가 있다. 기존 방법을 이용한



(a)



(b)



(c)

그림 7. 기존의 방법과 제안한 방법을 이용한 색변환 결과비교 (a) 입력영상 (b) 기존의 color influence map을 이용한 결과영상 (c) 제안한 방법을 이용한 결과영상

Fig. 7. Comparison of resulting images. (a) input image (b) resulting image using color influence map, (c) resulting image using the proposed method

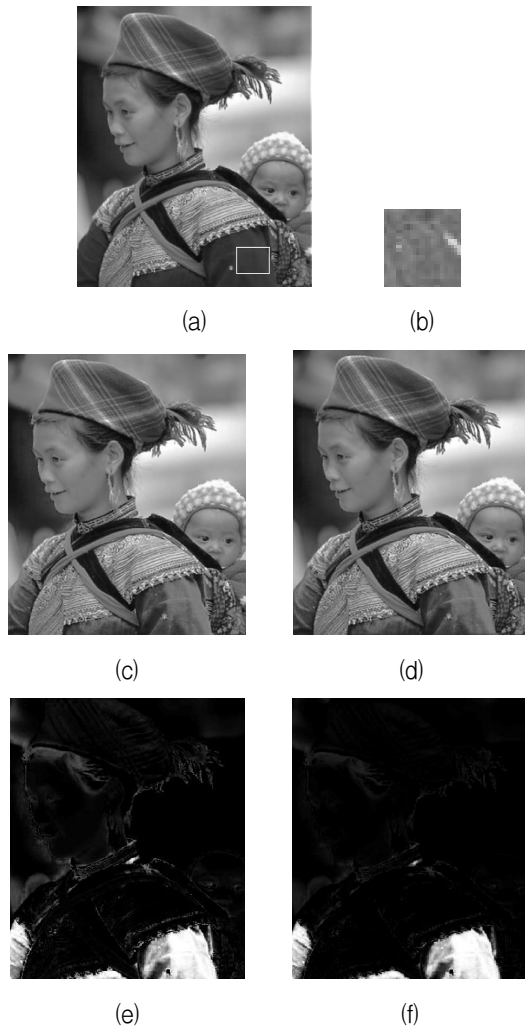


그림 8. 기존의 방법과 제안한 방법을 이용한 색변환 결과 비교 (a) 입력영상 (b) 바꾸고자하는 색 (c) color influence map을 이용한 결과영상 (d) 제안한 방법을 이용한 결과영상 (e) 기존방법에 의한 color influence map (f) 제안된 방법에 의한 color influence map

Fig. 8. Comparison of resulting images (a) source image, (b) input image, (c) resulting image of the conventional method, (d) resulting image of the proposed method, (e) color influence map calculated from the conventional method, and (f) modified color influence map with color category from the proposed method.

색변환은 원래 색에 바꾸고자 하는 색인 녹색이 추가되어서 붉은 색의 경향을 보인다. 그러나 제안된 방법을 이용한 color influence map은 이러한 부분에 밝기 값이 낮기 때문에 결과 영상에서 색결점이 나타나는 정도가 많이 줄어들었음을 알 수 있다.

또 다른 영상에 대해서도 제안된 지역적인 색변환을

적용해 보았다. 먼저 입력 영상은 그림 8의 (a)이고, 노란색 사각형으로 표시된 파란색 영역을 추출하여 색변환을 수행하였다^[3]. 그리고 목표가 되는 색을 특정색이 아니라 바꾸고자하는 색을 포함하는 영역을 이용하여 색변환을 수행하였다. 그림 8의 (b)가 바꾸고자하는 색을 나타낸다.

기존의 color influence map 방법을 이용한 결과 영상을 분석해 보면, 사람의 머리카락과 배경의 색이 파란색 영역으로 추정되어 이러한 영역에서 컬러 결점을 나타난 것을 볼 수 있다.

특히 머리카락이 흰색이 녹색으로 변화한 것을 볼 수 있다. 그러나 제안한 방법에서는 옷의 파란색 영역만 추출하여 색 변환이 수행되고 그 외 다른 영역의 원하지 않는 색 변환은 줄어들음을 알 수가 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 기존의 지역적인 색변환 방법이 가지는 원하지 않는 색의 변환 되는 문제점을 해결하기 위해 입력 영상을 우선 색의 카테고리 별로 분리하여 컬러 카테고리 맵을 생성하였다. 그리고 밝기와 색도에 따라 다르게 가중치를 주어서 색차를 계산하여 수정된 color influence map을 제안하였다. 마지막으로 두 개에 맵에 가중치를 적용한 후 결합하여 제안된 color influence map을 도출하였다. 실험을 통해 제안한 방법과 기존의 색변환 방법의 결과 영상을 비교해 보았을 때 제안한 방법에서 색결점이 적게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] E. Reinhard, M. Ashikhmin, B. Gooch, and P. Shirley, "Color transfer between images," IEEE Computer Graphics and applications, vol. 47, pp. 34 - 41, Apr. 2001.
- [2] Y.W. Tai, J. Jia and C.K Tang, "Local Color Transfer via Probabilistic Segmentation by Expectation-Maximization," Proc. CVPR, 2005.
- [3] Wan-Chien Chiou and Chiou-Ting Hsu, "Region-based color transfer from multi-reference with graph-theoretic region correspondence estimation," Proc. ICIP, pp. 501-504, 2009.
- [4] Alla Maslennikova and Vladimir Vezhnevets,

- Interactive Local Color Transfer Between Images,” GraphiCon., 2007.
- [5] Y. Chang, S. Saito, K. Uchikawa, and M. Nakajima, “Example-based color stylization of images,” ACM Trans. Appl. Percept., vol. 2, pp. 322 - 345, 2005.
- [6] Chang Y, Saito S, Nakajima M.,” Example-based color transformation of image and video using basic color categories,” IEEE Trans. Image Process., vol. 16, no. 2, pp. 329-336, Feb. 2007.
- [7] 박정민, 김재협, 문영식, “채색 분리 기반의 색 변환 기법,” 대한전자공학회 논문지, 45권, 3호, 149-159 쪽, 2008년.

저 자 소 개

하 호 건(학생회원)
대한전자공학회 논문지
제 47권 SP편 제 1호 참조

김 대 철(학생회원)
대한전자공학회 논문지
제 48권 SP편 제 1호 참조

경 왕 준(학생회원)
대한전자공학회 논문지
제 48권 SP편 제 1호 참조

하 영 호(정회원)
대한전자공학회 논문지
제 38권 SP편 제 3호 참조