
명암과 채도에 의한 색상영역과 비색상영역의 분할

Splitting between Region of Chromatic and Achromatic by Brightness and Chroma

곽내정, 황재호
한밭대학교 전자공학과

Nae-Joung Kwak(njkwak@hanmail.net), Jae-Ho Hwang(hwangjh@hanbat.ac.kr)

요약

색채는 빛을 통해 인간이 시각적으로 느끼는 감각으로, 사람이 인지할 수 있는 색채인 유채색(chromatic color area)과 무채색(achromatic color area)으로 구분할 수 있다. 유채색은 색상, 명도, 채도의 속성이 존재하지만 무채색은 유채색의 속성 중 명도는 있지만 색상과 채도의 성격을 갖지 않는다. 따라서 인간의 시각에 기초하여 인간이 색채를 인지할 수 있는 영역과 인지하지 못하는 영역을 분리하는 것은 중요하다. 본 논문에서는 영상의 유채영역인 색상영역과 무채영역인 비색상영역을 분리하는 함수를 도출한다. 먼저 입력된 RGB 컬러공간의 입력영상을 인간의 시각을 고려한 HSI 컬러공간으로 변환하여 이진영상을 구한 후 색상 영역(ROC: Region of chromatic)과 비색상 영역(ROA: Region of achromatic)으로 분류하기 위한 함수를 도출한다. 일반영상에서 ROC와 ROA의 영역을 분리하기는 어려우므로 색상영역과 비색상영역을 도출하기 위해 색상값의 변화가 크지 않고 명암과 채도가 변화하는 그레디언트 영상을 생성하여 함수를 도출한다. 성능평가는 실험영상과 일반영상의 결과영상을 비숙련자 50인에게 주관적 화질평가를 실시하였으며 제안방법은 기존의 방법에 비해 27.5~32.96%가 개선되었다.

■ 중심어 : | 색채 | 색상 | 비색상 | 분할함수 |

Abstract

Color is a sense signal for human to perceive being through light, and the color is divided into chromatic color and achromatic color. Chromatic color has hue, intensity, and saturation, but achromatic color has only intensity among the properties of chromatic color and doesn't have hue and saturation. Therefore it is important to split colors of image into area for human to perceive colors and not to perceive ones based on vision of human being. In this paper, we find a function to split colors of image into chromatic region of chromatic color region and achromatic region of achromatic color region. First, the input image of RGB color space is converted into the image of HSI color space in consideration of human vision and get a binary image from the converted image. After then, a function to split colors into ROC(Region of chromatic.) and ROA(Region of achromatic) is yield. It is difficult to split color of a general image into ROC and ROA. Therefore, to get the chromatic area and achromatic area, we make gradient images to have all range of intensity and range of saturation and to have a little range of hue and yield the function. The evaluation is tested using subjective-quality by 50 non-experts for result images of test images and general images. The results of the proposed method get better 27.5~32.96% than these of the conventional method

■ keyword : | Color | Chromatic | Achromatic | Splitting Function |

I. 서론

문화가 발전하기 전에 인간이 사용하는 색채는 극히 한정적이고 제한적이었다. 그러나 문화가 발전함에 따라 인간이 사용하는 급격하게 늘어나고 있으며 현재 디지털 기술의 발전에 색채의 처리는 디지털화되어 발전되고 있다. 최근에는 멀티미디어 기술의 급속한 발전으로 다양한 분야의 정보가 디지털화, 멀티미디어화 되고 있으며, 의학, 오락, 교육, 온라인 정보 서비스, 원격 탐사 등과 다양한 응용분야에서 디지털 영상의 사용을 증가시키고 있다. 디지털 영상의 활발한 보급과 더불어 이를 기반으로 디지털 콘텐츠가 다양한 분야에서 응용되고 있으며 이를 저장하고 표현하기 위한 다양한 방법들이 연구되고 있다[1].

색채는 빛을 통해 인간이 시각적으로 느끼는 감각으로, 이를 정량화 하거나, 객관적으로 측정하는 것은 어려운 것으로 알려져 왔다. 그러나 주위에 존재하는 수많은 색을 분류하는 실험 등을 통해서 색채가 감각적인 3속성(색상, 밝기, 채도)을 갖고 있다는 사실을 알게 되었고, 측색(測色) 기술 및 시각 정보에 대한 연구는 디스플레이시스템 자체 뿐 아니라 관측자와 관측 조건까지 고려한 최적의 색재현 성능을 위한 설계 도구로서 이용 가능한 수준까지 발전해 왔다.

인간의 눈에서 망막에 도달한 빛을 받아들이는 수용체(Receptor)는 형태에 따라 간상(rod) 세포와 원추(cone) 세포가 있으며, 간상세포(Scotopic Vision)는 어두운 곳에서 빛의 명암만을 지각하고, 원추 세포(Photopic Vision)는 어느 정도 밝기 이상의 빛에 반응하여 명암을 포함한 색채를 느끼도록 한다[2].

이와 같은 과정을 통해 지각되는 색채는 사람이 인지할 수 있는 유채색(chromatic color area)과 인지하지 못하는 무채색(achromatic color area)으로 구분할 수 있다. 유채색은 색상, 명도, 채도의 속성이 존재하지만 무채색은 유채색의 속성 중 명도는 있지만 색상과 채도의 성격을 갖지 않는다. 색채과학에서는 무채색 이론을 연구하여 정립[3]하고 인간의 시각이 인지하는 유채색에 관하여 연구가 진행되고 있다[4]. 또한 색채를 이용한 응용분야에서 인간의 시각이 인지하지 못하는 무채

색까지 유채색을 분리하여 적용하는 연구도 진행이 되고 있다[5]. 이것은 영상의 국부적인 색 특성을 반영하여 처리함 색상의 분별력을 증가 시켜 좀 더 효율적이고 타당한 결과를 유도할 수 있으며, 인간의 색채 인지 능력을 반영하여 응용할 수 있다. 그러나 유채색과 무채색의 분리를 위한 타당한 기준이나 객관적인 접근 방법이 존재하지 않는다.

본 논문에서는 색채의 유채색과 무채색을 분리할 수 있는 함수를 도출하고 결과를 검증한다. 제안방법은 RGB 컬러공간의 입력영상을 인간의 시각을 고려한 HSI 컬러공간으로 변환하여 이진영상을 구한 후 색상영역(ROC: Region of Chroma)과 비색상영역(ROA: Region of achroma)으로 분류하기 위한 함수를 도출한다.

본 논문의 2장에서는 유채색과 무채색에 관련된 연구에 대하여 기술하고 3장에서는 유·무채색에 관한 연구 결과를 토대로 색채에서 인지 영역에 관해 고찰한다. 4장에서는 기존의 연구결과를 바탕으로 하여 색채영역과 비색채영역을 분리하는 함수를 도출하는 방법을 제안한다. 5장에서는 제안방법을 실험한 결과를 보이며 6장에서는 결론을 맺는다.

II. 유채색과 무채색의 관련 연구

색채 과학에서 무채색에 관한 과학적 연구는 Helmholtz[6]에 의해 정립되었으며, Glisson[7]은 흰색, 검은색, 노란색, 빨간색 및 파란색을 기본적인 색채로 간주하고 그중 검은색과 흰색으로 무채색을 설명하였다. 또한 Rung[8]은 r,g,b의 양을 동일하게 섞어 무채색을 8단계의 상대명도로 나누어 표현하였고 Palmer와 Teller[9]는 무채색을 판단할 때 다른 기체가 작용하고 있음을 연구하였다. 김영선 등[10]은 무채색과 유채색의 정의에도 불구하고 무채색영역이 아닌 채도가 낮은 영역에서 ‘흰색’, ‘회색’, ‘검은색’의 영역이 나타남을 실험하였으며 김인지 등[11]은 이것을 바탕으로 낮은 채도영역에서 유채색 영역에서 무채색이 나타남과 명도에 따라 무채색과 유채색의 범주경계가 달라짐을 실험

로 입증하였다.

이와같이 유채색 영역에서 무채색이 나타남을 여러 연구 결과에서 볼 수 있지만 실제 유채영역과 무채영역의 분리에 관한 객관적인 척도에 관한 연구는 활발히 진행되지 않고 있다. 콕정민 등[5]은 유채색과 무채색을 분리하여 색을 변환하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 채도의 문턱치를 이용하는 방법으로 다음과 같은 식으로 유채색과 무채색을 분리한다.

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

여기서 T_s 는 유채색과 문턱치를 구분하는데 사용되는 채도의 문턱치 값이고 P_s 는 영상의 화소를 의미한다.

김인지 등[11]이 제시한 명도에 의한 경계영역의 범주가 달라진다는 연구결과를 고려할 때 이 방법은 유채색과 무채색의 경계를 단순한 채도 임계값만을 가지고 결정함으로써 정확한 유채색과 무채색의 분리가 어렵다.

III. 색상인지영역과 비인지영역

[그림 1]은 색상의 값이 107°인 영상을 채도를 0~1까지, 명도를 0~1까지 변화시켜 구한 영상이다. 이 영상에서 채도값이 낮은 영역 a는 명도의 변화에 관계없이 색상을 인지하기 어렵다. 명도값이 높은 영역 b는 채도가 낮은 영역에서 색상을 인지하지 못하는 비 색상영역이 넓게 분포하고 채도가 높아질수록 색상 인지영역이 넓어진다. 또한 명도값이 낮은 영역 C도 b와 동일한 결과를 보이며, 명도값이 낮을 때 비인지영역이 너 넓게 분포함을 알 수 있다. 이것은 김인지 등[11]이 제시한 낮은 채도 영역에서 유채색 영역에서 무채색이 나타남과 명도에 따라 무채색과 유채색의 범주경계가 달라진다는 연구결과와 일치한다. 따라서 인간의 시각이 인지하는 색상영역 ROC는 색상과 관련된 채도 및 명도를 고려하여 ROC와 ROA로 나누는 것이 타당하다. 이때 중간 명암 부근의 특정 명암값을 중심으로 분할 함수 곡선이 다른 모양을 형성한다. 따라서 명도 중심 부근

의 I_r 을 중심으로 위쪽의 인지 포물선 함수 f_1 과 아래쪽 인지 포물선 f_2 의 함수를 경계로 ROC와 ROA를 분할한다.

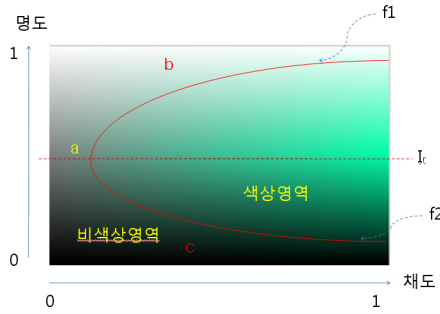


그림 1. 색상 107°의 영상

IV. ROC와 ROA의 색상 분할함수

본 논문은 3장의 고찰을 고려하여 영상에서 인간의 시각이 인지할 수 있는 ROC와 인지하지 못하는 ROA를 분리할 수 있는 함수를 도출한다. 일반영상에서 ROC와 ROA를 분리하기는 어려우므로 함수를 도출하기 위한 대상 영상으로 샘플을 작성하였다. 채도와 명도를 변화시킨 그러나 색상은 변화가 크지 않은 영상을 40개를 작성하였고 그 중 10개를 [그림 2]에 나타냈다. 샘플을 중심으로 ROC와 ROA를 분리하는 함수를 작성한다.

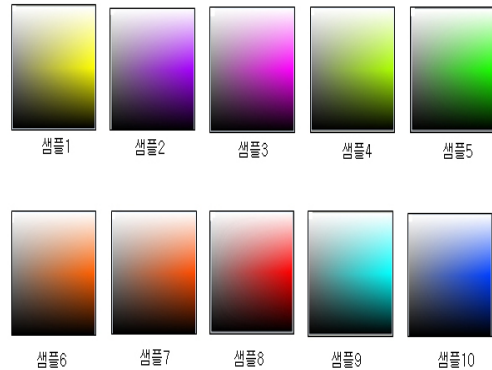


그림 2. 샘플영상

제안방법은 먼저 RGB 컬러공간의 입력영상을 인간의 시각을 고려한 HSI 컬러공간으로 변환하여 색상영상을 이용하여 이진영상을 구한 후 잡음을 제거하고 ROC와 ROA로 분할한다. 분할된 ROC의 경계영역을 검출하여 비선형회귀방법으로 영역분할 함수를 도출한다. 이때 한 장의 영상을 가지고 적용할 경우 오차가 클 것임을 감안하여 다수의 샘플영상에 대하여 동일방법을 적용한 후 경계영역을 검출하고, 검출된 경계영역의 평균을 구하여 함수를 도출한다. [그림 3]은 제안방법의 구성도이다.

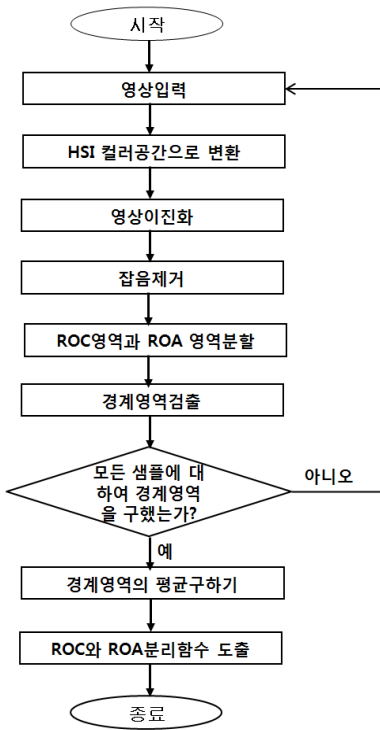


그림 3. 제안 방법의 구성도

1. 영상 이진화 및 전처리

RGB 컬러공간은 빨강(Red), 초록(Green), 파랑(Blue)의 3색을 기본으로 모니터 등의 장치에 적합하게 디스플레이할 수 있으나 인간의 시각을 고려하여 색채를 표현할 수는 없다. 따라서 제안 방법은 입력영상을

인간의 시각 시스템의 색 감지 특성을 고려한 HSI 컬러공간으로 변환하며 색상, 채도, 명도의 값을 각각 0~1 사이로 정규화 하였다.

ROC와 ROA 의 분리를 위해 사용되는 영상은 색상(hue)값의 변화가 그다지 크지 않고 채도(saturation)와 명암값(intensity)을 변화시킨 '색상의 그레디언트' 영상이다. [그림 1]을 고찰할 때 명암값이 존재하는 영역이나 채도가 낮은 영역에서는 색상값이 존재하지 않는다. 본 논문에서의 샘플영상은 채도와 명암도를 전 범위로 변화시키고 색상(hue)은 작은 범위로 변화시켜가며 작성하였으므로 색상영역과 비색상영역에서 색상값이 차이가 있다. 따라서 샘플영상의 색상(hue) 영상에서 에지를 구하여 임계값을 설정함으로써 영상을 이진화한다. 에지 연산자는 가우시안 라플라시안(LoG, Laplacian of a Gaussian)을 사용했다[2]. LoG는 영상을 스무딩함으로써 노이즈를 줄인 후, 라플라시안을 계산하여 이중 에지 영상을 만든다.

이 연산자는 색상영상이 변화가 심하지 않은 점을 고려할 때 표준편차를 이용하여 급하게 변하는 영역을 검출할 수 있는 장점을 가지며 에지 영상은 다음과 같이 임계값을 이용하여 이진화한다.

$$B(x,y) = \begin{cases} 255, & E(x,y) \geq T_e \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 $B(x,y)$ 는 이진영상, $E(x,y)$ 는 에지영상, T_e 는 에지의 임계값이다.

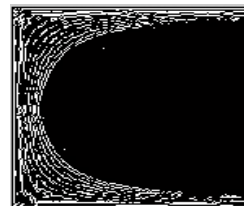


그림 4. 샘플5의 에지영상

2. 잡음제거 및 ROC와 ROA의 영역분할

에지를 이용하여 이진화 한 영상은 [그림 4]에서 보

듯이 색상 영역(검은색)과 비색상영역(에지영역)으로 나누어지며 에지영역은 끊어진 부분이 발생을 한다. 그러므로 ROA와 ROC의 분리가 명확하지 않고, ROC 내에 구멍(hole) 등의 잡음이 존재한다. 따라서 ROC와 ROA로 분리하기 위해 에지를 이어주고 ROC내의 구멍을 제거해야한다. 제안방법은 끊어진 에지를 이어주기 위해 이어주기 위해 이진팽창(binary dilation)을 수행한다[2]. 이때 사용된 구조 요소는 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} 111 \\ 111 \\ 111 \end{bmatrix} \quad (3)$$

팽창연산 후 ROC 내의 구멍을 제거하기 위해 영역채움을 수행한다. [그림 5(a)]에서 볼 수 있듯이 ROC 영역(흰색)은 잡음이 제거 되었으나 ROA영역(검은색)은 구멍(hole)이 존재한다. 따라서 (3)의 구조요소를 사용하여 수축연산을 수행한 후 영역채움 연산을 수행한다. 그 결과가 [그림 5]의 (b)에 있다.



(a)그림4의 팽창/채움영상 (b) (a)의 수축및채움영상
그림 5. 샘플영상1의 잡음제거 및 영역분할

[그림 5(b)]의 수축과 팽창연산 및 구멍채움 연산의 결과에서 볼 수 있듯이 ROC영역과 ROA 영역이 분리되어 나타난다.

3. ROC와 ROA의 분할함수 도출

분리된 ROC 영역과 ROA 영역의 경계선은 본 본문에서 구하고자 하는 분할함수이므로 경계영역의 점들의 집합을 이용하여 최소자승법을 적용한 곡선맞춤(curve fitting)에 의해 다수의 점들에 가장 적합한 곡선을 결정한다. 이때 경계영역의 점들은 색상에 의해 추출되는 좌표값이다. 그러나 ROC와 ROA의 분리는 색

상에 의한 것이 아니라 명도와 명도에 따른 채도이므로 경계 좌표 위치에서의 명도와 채도를 구하여 곡선맞춤을 수행함으로 함수를 도출한다. ROC와 ROA는 중간 명암 부근의 특정 명암값을 중심으로 곡선이 다른 모양을 형성한다. 따라서 대칭이 되는 명암을 찾아 두 개의 곡선을 도출한다.

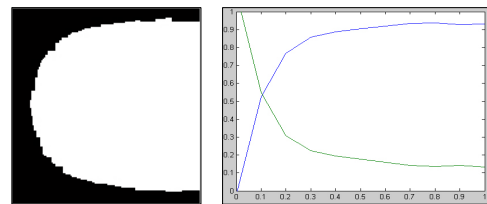
곡선의 도출은 곡선의 계수를 구하는 것과 동일하므로 채도를 x 값으로, 명도를 y 값으로 하여 계수를 하여 다항식을 이용하여 구하였다[12].

IV. 실험 및 분석

제안방법의 성능을 평가하기 위해 MATLAB 7.6을 이용하여 프로그램을 작성하였다. 작성된 프로그램을 샘플영상 40개에 적용하여 각각의 샘플영상에 대한 경계를 구하고 각 영상의 경계를 평균하여 최종적인 영역 분할 함수를 구한다. 제안방법의 성능을 비숙련가 50인을 대상으로 도출된 함수 및 영상을 주관적 화질 평가 방법으로 평가하였다.

1. ROC와 ROA 분할함수

[그림 6]은 그림 샘플영상8의 영역 분할영상과 분할 함수를 보여준다.



(a) 영역분할영상 (b) (a)의 영역분할 함수
그림 6. 샘플영상 8의 영역분할 결과

ROC와 ROA의 분할 함수를 한 장의 영상에서 도출할 경우 클 것임을 감안하여 모든 샘플에 동일방법을 적용한 후 경계영역을 검출하고, 검출된 경계영역의 평균을 구하여 ROC와 ROA의 최종 분할함수를 도출한다. 제안방법에 의한 최종 분할 함수는 [그림 7]과 같다.

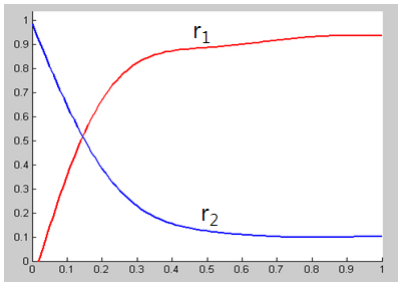


그림 7. 샘플들의 최종분할 함수

이때 도출된 분할함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 r_1 &= 10.09x^5 - 31.75x^4 + 38.60x^3 \\
 &\quad - 22.91x^2 + 6.86x + 0.05 \\
 r_2 &= -6.83x^5 + 21.48x^4 - 26.37x^3 \\
 &\quad + 16.18x^2 - 5.23x + 0.94
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

2. ROC와 ROA 분할함수의 성능평가

제안방법에 의해 ROC와 ROA 영역의 경계 검출이 정확하지를 실험하기 위해 비숙련자 10인을 대상으로 확장민 등[5]이 제안한 방법과 제안방법을 대상으로 성능을 평가하여 그 결과를 비교하였다. 타당성의 평가는 [그림 8]과 같이 ROC와 ROA를 나누는 경계선을 구하여 타당성 정도를 평가하였다. 타당성의 단계는 5단계로 구성하였고 점수가 높을수록 경계선의 타당도가 높다고 판단하였다.

[그림 9]는 각 샘플영상에 대한 테스트 결과로 제안방법을 적용하였을 경우 샘플영상의 타당성 검증 테스트 전체평균은 4.63로 5점을 기준으로 하여 92.26%의 타당성을 얻었으며, 기존의 방법은 전체 평균 2.97로 59.4%의 타당성을 얻었다.

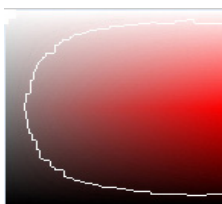


그림 8. 테스트영상의 예

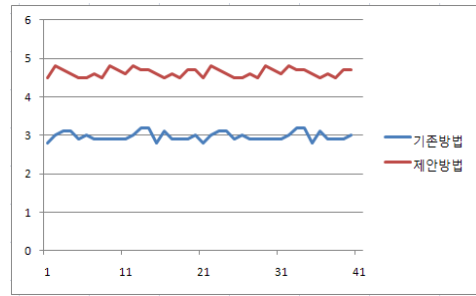


그림 9. 샘플타당성 테스트 결과

또한 일반 영상에 대해서도 ROA 영역을 검출하여 그 영역을 표현한 뒤 샘플영상에서와 동일한 방법으로 타당성을 평가하였다. [그림 10]은 제안방법과 기존의 방법을 일반영상 20개에 적용하여 얻은 결과이다. 기존의 방법은 3.19의 평가결과로 63.7%의 결과를, 제안방법은 4.56의 결과로 91.2%의 타당성을 얻었다.

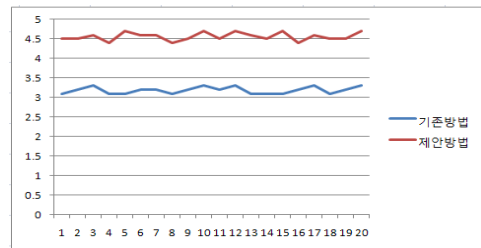


그림 10. 일반영상 타당성 테스트 결과

[그림 9]와 [그림 10]의 결과를 고찰할 때 제안방법은 기존의 방법에 비해 27.5~32.96%의 개선된 결과를 얻었다. 이것은 채도뿐 아니라 명암을 고려하여 ROC와 ROA를 검출하기 때문이다.

또한 제안 방법에 의한 함수가 적절하게 구해졌는지를 평가하기 위해 제안방법에 의해 구해진 분할함수에서 경계의 값을 더 크게 변경한 함수와 더 작게 변경한 두 개의 함수를 구하였다. 구해진 두 개의 함수를 적용하여 [그림 8]과 동일하게 테스트 영상을 생성한 후 주관적 화질 평가를 시행하였다. [그림 11]은 제안방법에 의한 함수와 두 개의 변경한 함수를 보여준다.

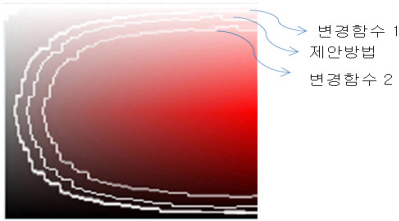


그림 11. 제안방법에 의한 함수와 변경함수

[그림 12]와 [그림 13]은 변경함수를 적용하여 샘플영상과 일반영상에 적용한 결과이다.

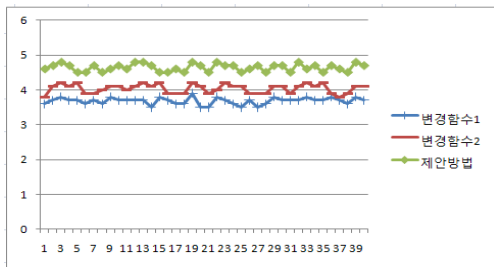


그림 12. 제안방법에 의한 함수와 변경함수의 샘플영상 타당성 테스트 결과

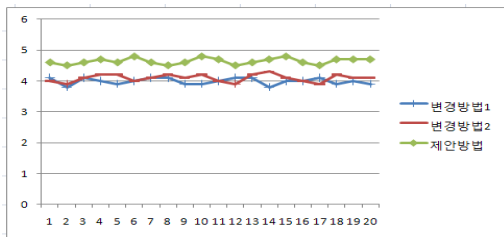


그림 13. 제안방법에 의한 함수와 변경함수의 일반영상 타당성 테스트 결과

[그림 12]와 [그림 13]의 결과는 제안방법에 의한 함수를 변경하여 분할함수를 적용하였을 때보다 제안방법에 의한 함수를 적용하였을 때 더 좋은 결과를 보여준다. 샘플영상의 경우는 12.05%~19.2%, 일반영상의 경우는 11%~13%가 제안방법이 좋은 결과를 보여준다.

제안방법에 의한 함수보다 적은 ROC 영역의 함수인 변경함수 2와 더 큰 ROC 영역의 분할 함수 변경함수 2

에 의해 주관적 화질 평가를 실시한 결과보다 제안 방법에 의해 도출된 함수가 더 좋은 결과를 보여주는 것은 제안방법에 의해 도출된 함수가 다른 함수에 비해 ROC와 ROA를 분할하기에 적절함을 보여준다.

V. 결론

본 논문에서는 명암과 채도에 의해 색상영역(ROC)과 비색상영역(ROA)을 분리하는 함수를 제안한다. 제안방법은 명도값이 의 변화와, 명도값에 의한 채도의 변화에 따라 ROC와 ROA의 분포가 달라짐을 고려하여 포물선 형태의 분할 함수를 도출한다. 분할함수는 중간 명암 주변에서 채도의 변화에 따라 서로 다른 모양을 하며 이를 고려하여 두 개의 분할함수를 구한다. 제안 방법은 50인의 비숙련가를 대상으로 샘플영상과 일반 영상에 대해 주관적 화질평가로 결과를 시험하였으며 그 결과 기존의 방법에 비해 좋은 결과를 보여주었다. 또한 도출된 함수가 적절히 영역을 분할하는지를 평가하기 위해 도출된 함수를 기준으로 ROC를 적게 포함하는 함수와 더 많이 포함하는 변경함수를 구하여 평가한 결과에서도 제안방법에 의한 함수가 더 나은 결과를 보여주었다.

제안방법은 인간의 시각을 고려하여 영역을 분리하는 함수를 제안한 것으로 제안방법은 ROC와 ROA를 분리하여 색을 변환하거나 히스토그램을 구하여 대푯값을 추출하고, 특징으로서 적용하는 등 다양한 연구분야로의 적용이 가능하다.

참고 문헌

- [1] J. C. Russ, *The Image Processing Handbook*, 2nd ed, Boca Raton, FL: CRC, 1995.
- [2] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd, Prentice Hall, 2002.
- [3] M. D. Fairchild, *color Appearance Models*, Addison-Wesley, Reading, MA.

- [4] R. M. Evans, *The perception of color*, New York: John Wiley&Sons, pp.99-105.
- [5]곽정민, 김재협, 문영식, "채색 분리 기반의 색변환기법", 전자공학회논문지 CI편, 제45권, 3호, pp.149-158, 2008.
- [6] H. Helmholtz, *Handbook der Psysiologischen Optik*, Teil III. Hamburg: Voss, 1867.
- [7] F. Glisson, *Tractatus de ventriculo et intensitinis*, London: Brome, 1677.
- [8] P. O. Runge, *Die Farben-Kugel oder Construction des Verhaltnisses aller Mischungen der Farben zueinander*, Hamburg:Perthes, 1810.
- [9] J. Palmer and D. Y. Teller, "Color codes in visual search: the effects of target and distractor heterogeneity on search accuracy thersholds," *Invest. Ophthalmol. Visual Sci.* Vol.34, p.1289, 1993.
- [10] 김영선, 박현수, 이윤형, 이만영, "한국어 기본 색 이름의 면색채공간 연구(I)", 한국색채학회지, 제15권, 제1호, pp.29-36, 2001.
- [11] 김인지, 오경기, 이만영, "색상과 상대명도에 따른 무채색과 유채색의 범주경계의 변화", 한국심리학회지, Vol.17, No.2, pp.151-170, 2005.
- [12] E. Kreyszig, *Advanced Engineering Mathematics*, 8th, John Wiely & Sons, inc., 1999.

저 자 소 개

곽 내 정(Nae-Joung Kwak)

종신회원



- 1993년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
 - 1995년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
 - 2005년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)
 - 2005년 3월 ~ 2006년 2월 : 목원대학교 정보통신공학과 프로그래밍 전문강사
 - 2006년 3월 ~ 2009년 2월 : 목원대학교 정보통신공학과 강의전임
 - 2009년 3월 ~ 현재 : 목원대학교, 한밭대학교 시간강사
- <관심분야> : 멀티미디어 정보처리, 멀티미디어 통신, 영상처리, 컴퓨터 비전

황 재 호(Jae-Ho Hwang)

정회원



- 1982년 2월 : 아주대학교 전자공학과(공학사)
 - 1986년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학석사)
 - 1994년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학박사)
 - 1982년 3월 ~ 1992년 2월 : 전력연구원 부장대리
 - 1992년 3월 ~ 현재 : 한밭대학교 정보통신공학과
- <관심분야> : 컴퓨터비전, 영상처리, 디지털신호처리