

사용자 취향을 반영한 영상의 색변환

(Color Transformation of Images based on User Preference)

우 혜 윤 [†] 강 행 봉 ^{**}
(Hye-Yoon Woo) (Hang-Bong Kang)

요약 색은 일반적으로 주요 속성인 색상, 채도, 명도가 다양한 수치로 결합되어 사람의 감정에 영향을 미친다. 반면, 사람은 같은 색이더라도 개인에 따라 다양한 감정을 느낀다. 이러한 색과 감정의 특성을 감성 기반의 디지털 기술과 콘텐츠에 활용하면, 상호작용과 함께 사용자의 흥미와 몰입을 이끌어 낼 수 있다. 이를 위해, 본 논문은 일반적으로 사람들이 어떤 색에 대해 어떤 감정을 느끼는지를 정의한 다음, 개인의 취향을 최대한 반영한 색변환 방법을 제안한다. 먼저, 색과 감정의 관계를 템플릿으로 정의한 후, 색변환을 수행한다. 이때, 색에 대한 개인의 감정은 다르기 때문에, 각 템플릿은 모든 사람에게 동일하게 적용되지 않고, 개인의 취향에 따라 다르게 적용되어야 한다. 이를 위해, 사용자의 색상, 채도 명도에 대한 선호도를 학습을 통해 가중치를 얻어 적용함으로써 각 사용자에게 적합한 변환을 수행한다. 실험과 설문조사 결과, 템플릿을 동일하게 적용하는 것보다 사용자 취향을 반영한 변환이 사용자의 감성을 만족시켜주었음을 알 수 있었다.

키워드 : 색변환, 사용자 취향, 감정

Abstract Color affects people in their various combinations of hue, saturation and value. On the other hand, people may feel different emotion from the same color. If we can introduce these characteristics of color and people's emotion about color to emotion-based digital technologies and their contents, we can effectively draw users' interest and immersion to the contents. In this paper, we will show how people feel about color and present a method of image coloring that reflects the user's preference. First, we define basic templates that reflect the relationship between color and emotion, and then perform an image coloring. To reflect user's preference, we compute weights for hue, saturation and value through the experiments on each subject's preference about hue, saturation and value. The image coloring for each subject's taste will be drawn by updating the weights of hue, saturation and value. Through the results of experiments and surveys, we found that people were more satisfied with the transformation of the templates which reflected user's preference than the one that did not.

Key words : color transformation, user preference, emotion

1. 서론

색은 사람이 항상 접하는 시각 정보로서, 사람의 감정에 영향을 준다. 예를 들어, 사람은 노란 색에 대해 밝고 긍정적인 감정을 갖고, 붉은 색에 대해 흥분과 열정의 감정을 갖는다[1]. 이렇게 색은 감정과 밀접한 관계에 있기 때문에, 색에 대한 인간의 행동과 반응을 연구하는 색채 심리학이란 분야가 생겨났으며, 현재에도 활발한 연구가 이루어지고 있다. 또한, 많은 학자들에 의해 색과 감정뿐만 아니라 심리, 정서, 성격 등에 대한 연구가 [2-5] 이루어졌고, 그 중에서 심리학자 R. Plutchik[1]은 8가지 기본 정서와 색의 관계를 원형 모델을 통해 정의하고 있다.

이처럼 색에 대한 사람들의 일반적인 반응에 관한 이

· 본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2009년 문화콘텐츠산업기술지원사업의 지원 및 2009년도 가톨릭대학교 교비연구비 지원으로 이루어졌음

[†] 학생회원 : 가톨릭대학교 미디어공학과
hywoo@catholic.ac.kr

^{**} 종신회원 : 가톨릭대학교 미디어공학과 교수
hbkang@catholic.ac.kr

논문접수 : 2009년 9월 14일

심사완료 : 2009년 10월 13일

Copyright©2009 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용 제36권 제12호(2009.12)

론이 존재하는 반면, 대부분의 연구는 색과 감정관계를 인종, 문화, 나이, 성별 등에 따라 다양하게 해석하고 있다[6-9]. 이렇게 색은 감정에 영향을 주지만, 사람은 같은 색이더라도 개인의 문화, 환경 등에 따라 다양한 감정을 갖기 때문에, 색과 감정의 관계는 다양하게 정의된다. 특히 N. Kaya와 Helen H. Epps[8]의 설문조사 결과를 통해 색에 대해 사람마다 느끼는 감정이 다름을 알 수 있다. 따라서 이러한 색과 감정 관계를 기술이나 콘텐츠에 적용할 경우, 개개인에 적합한 색에 대한 학습을 필요로 할 것이다.

본 논문은 색과 감정의 주관적인 특징을 반영한 영상의 색변환을 제안한다. 색에 대한 사람들의 일반적인 반응을 정의하되, 사용자 개개인에 맞는 색변환을 수행하여 사진이나 그림 등에 대한 사용자의 감정적인 만족도를 높인다. 이를 위해 사용자 취향 학습을 통해 각 사용자에 적합한 색변환을 수행한다.

본 논문의 제안 기술은 영화와 애니메이션, 만화, 게임 등의 콘텐츠나 디지털 미디어 아트 등의 분야에 활용되어 사용자와의 상호작용을 극대화할 수 있다. 콘텐츠를 감상하는 동안 캐릭터나 배경의 색변환을 통해 콘텐츠와 함께하는 느낌을 주는 것은 물론, 교감으로 인한 흥미와 몰입도를 높일 수 있다. 또한, 감정 별 학습된 색은 감정 기반 검색에 활용되어, 각 감정에 대해 개인 취향의 이미지나 영상을 효율적으로 검색할 수 있다.

전체적인 과정은 그림 1과 같다. 먼저, 색과 감정의 관계에 대한 일반적인 규칙을 수립하기 위해 설문조사를 수행한 후, 결과에 따라 각 감정에 해당하는 색의 범위 나타내는 템플릿으로 정의한다. 이때, 색 공간은 사람이 색을 인지하는 방식과 유사한 HSV색공간을 사용한다. 그 다음, 정의한 템플릿을 기반으로 시스템이 사용자 감정을 인식한 후, 색변환 작업을 수행한다. 이때, 사용자 학습을 통해 색상, 채도, 명도를 어느 정도 변환할 것인지에 대한 가중치를 갱신함으로써 사용자 취향을 반영한 영상의 색 변환을 수행한다.

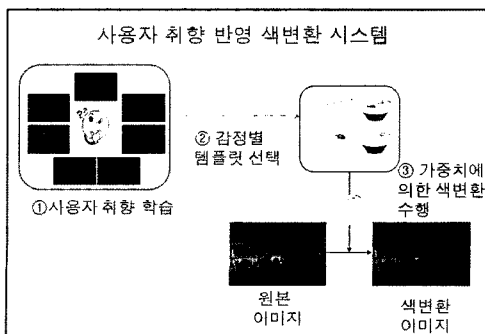


그림 1 사용자 취향을 반영한 영상의 색변환 과정

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장은 색에 관한 템플릿과 사용자 취향학습에 관한 연구들을 살펴보고, 3장은 설문조사를 통해 색의 어느 범위에 대해 각 감정을 크게 느끼는지를 분석한다. 4장은 3장의 분석결과에 따라 각 감정의 색의 범위를 템플릿형태로 정의하고, 5장에서 각 변환 방법을 수식으로 정의한다. 6장은 사용자 취향 학습을 위한 방법과 이를 반영하기 위한 5장의 변형된 수식을 정의한다. 7장은 실험결과를 보여주고, 8장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

색상 템플릿은 주로 색의 자연스러운 조화를 위해 연구되어 왔다. J. Itten[10]은 색상의 조화를 나타내는 새로운 종류의 색상환을 제시했으며, J. Itten의 색상 구성을 기반으로 Y. Matusda[11]의 Color coordination은 색상, 채도, 명도의 범위를 타입별로 정의 하고 있다. 여학생의 옷과 날염원단에 채택되는 색구성에 대한 9년간의 설문조사를 바탕으로, 색상을 8가지 타입, Tone(채도와 명도)을 10가지 타입으로 분류한다. 색의 구성 타입은 색상과 톤의 관계를 기반으로 하여, 80가지 타입이 정의 된다. 색상 타입은 Munsell[12]의 색상환의 색상으로 정의 되며, Tone타입은 Munsell의 색공간의 명도와 채도로 정의 된다. Color design support system[13]은 조화 평가와 색 디자인을 위해 Y. Matusda의 구성을 사용한다. 본 논문 역시 Y. Matusda의 구성을 참고하여, 설문조사를 통해 감정에 대한 색상, 채도, 명도에 대한 템플릿을 구축한다. 각 템플릿은 해당 감정을 반영하는 색의 범위를 정의하게 된다.

D. Cohen-Or와 O. Sorkine et al.[14]은 Y. Matusda의 8가지 타입의 색상 템플릿을 사용하여 수식을 통해 이미지의 색상을 이동시킴으로서 자연스러운 색상의 조화를 보여준다. 또한 N. Sawant와 Niloy J. Mitra[15]는 색상 템플릿을 영상에 적용하여 그 응용범위를 확장한다. 하지만, 사람은 변한 색상의 조합에 대해 다르게 인지하기 때문에 색상 대비도 변하게 된다. 이에 따른 색상 대비를 유지하기 위해 채도와 명도에 대한 적절한 변환이 필요하다.

본 논문은 색상뿐만 아니라 밝고 어두움을 나타내는 명도(Value), 색상의 순하고 탁한 정도를 나타내는 채도(Saturation) 역시 감정에 영향을 미치므로 색상, 채도, 명도의 템플릿을 구축한 후, 각각에 대한 색변환을 제안한다.

본 논문은 개인의 취향을 반영하기 위해 색변환 시 사용자 취향 학습이 필요한데, 그 방법으로는 적합성 피드백, 대화형 유전자알고리즘 등이 있다.

적합성 피드백[16,17]은 사용자와 시스템의 상호작용

을 통해 사용자 요구를 만족시켜주는 방법으로 내용기반 검색에서 사용되고 있다. 검색시스템에서의 상위 단계인 사람의 질의가 하위 단계인 이미지 특징들에 의해 나타내어질 수 있다는 가정 하에, 사용자 피드백 즉, 사용자의 판단을 통해 상위 단계의 개념과 하위 단계의 개념을 연결하는 방법이다. 사용자는 질의와 가장 관련 있는 이미지를 선택하고, 그에 따라 하위단계의 특징의 가중치가 갱신되어 사용자에게 새로운 검색결과를 제공한다.

대화형 유전자 알고리즘[18]은 유전자 알고리즘의 평가 부분의 함수로서 사람의 판단을 채택한 유전자 알고리즘이다. 사람의 취향과 감성을 포함하기 때문에 수치화될 수 없으며, 결과에 대한 최적화는 사람의 감성에 따른 평가에 의해 수행된다. 이에 따라 대화형 유전자 알고리즘은 내용 기반 검색[19], 디자인[20] 등의 사용자의 감성을 반영하는 분야에서 활용될 수 있다.

본 논문은 사용자의 피드백에 의한 가중치의 갱신이 필요하므로, 각 요소에 가중치를 부여하고 갱신하는 적합성 피드백을 적용하여 사용자 취향에 맞는 색변환을 수행한다.

3. 색과 감정의 관계 분석

감정과 색과의 관계를 분석하기 위해 색으로부터 사람이 느끼는 감정을 분석한다. 인종과 문화적 배경 등에 따라 색상에 대한 선호도나 감정이 다르기 때문에, 이러한 선호도 반영을 위한 설문조사를 수행한다.

논문에서 사용할 감정은 학자들이 정의한 기본감정을 참고한다. 기본 감정은 심리학자 F. Ekman[21]이 정의한 6가지 기본 감정인 분노, 혐오, 공포, 행복, 슬픔, 놀라움, R. Plutchik[1]이 정의한 8가지의 감정이 있다. 이외에도 여러 학자들이 감정의 개수에서 다소 차이를 보이며 정의하고 있지만, 즐거움(기쁨), 슬픔, 분노, 공포의 감정이 공통적으로 포함되는 것을 알 수 있다. 특히 서로 다른 문화 언어권에서 범주화된 정서를 통해 즐거움, 슬픔, 분노, 공포가 공통적으로 관찰된다. 이를 토대로, 기본 정서를 유도하는 영상물 선정하고, 이를 통해 발현된 정서를 체계적으로 이해하기 위한 연구가 진행되었다[22]. 이에 따라 본 논문 역시 공통적으로 포함된 4가지의 기본 감정(즐거움, 슬픔, 분노, 공포)을 사용한다.

즐거움, 슬픔, 분노, 공포의 4개의 기본 감정과 색상의 관련성을 분석하기 위해 42명의 20대 대학생을 대상으로 모니터에 150장의 사진을 보여 주고 사진의 색상으로부터 느끼는 감정을 조사한다.

가장 많은 응답을 얻은 상위 10개의 사진으로부터 감정별 주요 색상 범위를 추출한다. 효과적인 추출을 위해 각 사진의 HSV공간의 36단계 양자화 방법을 사용한다.

이 방법은 HSV의 비균일한 특성을 고려하므로서, 인간의 시각 모델과 더욱 유사하다는 장점을 갖고 있다[23]. 그림 2에서 원의 각도는 0°~360°의 색상값을 나타내고, 정사각형의 가로는 0~1.0 범위의 채도값, 높이는 0~1.0 범위의 명도값을 나타낸다.

HSV공간 양자화 방법은 명도 값(v)이 $v < 0.2$ 인 경우에는 그림 2의 영역 I은 색상과 채도 값에 상관없이 검정색으로 인지되므로 한 단계로 양자화 되고, $s < 0.2$ 인 영역 II는 색상과 상관없이 그레이 영역으로 인지되므로 명도값에 따라 7단계로 양자화 된다. 오직 $s, v \geq 0.2$ 인 영역 III일 경우에만 $S=0.65$ 와 $V=0.7$ 인 경계선을 갖는 4개 소영역의 색 영역으로 인지된다. 그림 2(위)와 같이 색상이 7단계로 양자화 됨으로서 총 4×7단계로 양자화 된다.

위의 방법으로 양자화된 이미지로부터 Histogram intersection을 수행하여, 여러 장의 이미지의 공통된 양자화 레벨을 얻는다. 각 레벨에 해당하는 감정별 주요 색상 범위는 표 1과 같다.

실험을 통해 얻은 주요 색 범위에 대한 신뢰도를 확인하기 위해 R. Plutchik[1]의 8가지 기본 정서와 색의 관계를 원형 모델과 비교한 결과 공포를 제외한 3가지 감정의 색상이 일치함을 알 수 있으며, 7장에서의 설문 조사를 통해 추가로 검증한다.

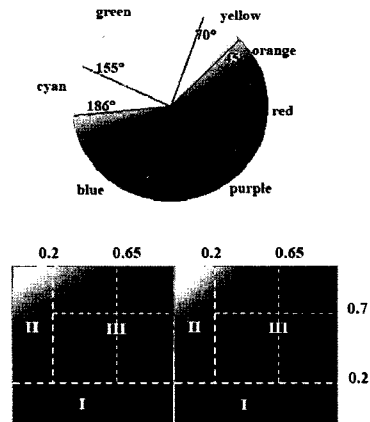


그림 2 색상 양자화(위), 채도와 명도 양자화(아래)

표 1 감정별 주요 색 범위

	색상(H) [단위: °]	채도(S)	명도(V)
즐거움	22~45	0.65~1.0	0.7~1.0
	45~70	0.65~1.0	0.7~1.0
슬픔	186~278	0.2~0.65	0.2~0.7
	22~45	0.2~0.65	0.2~0.7
분노	330~22	0.65~1.0	0.7~1.0
공포	22~45	0.2~0.65	0.2~0.7

4. 감정 기반 HSV 템플릿(template) 구축

설문조사를 통해 정의한 감정과 색상과의 관계를 바탕으로 색상, 채도, 명도에 대한 템플릿을 구축한다. 색 공간은 인간의 색인지 방법과 가장 유사한 그림 3의 HSV색공간을 사용한다.

본 논문의 템플릿은 특정 범위의 색상값, 채도값, 명도값을 정의해야하기 때문에, 색상의 조화로운 구성을 위해 타입별로 색상의 분포를 정의한 Y. Matsuda의 Color Coordination를 참조하여 구성한다. Y. Matsuda[11]는 색상과 톤(채도와 명도)의 분포로 나누고, 8가지의 색상 타입과 10가지의 톤 타입으로 구성한다. 이러한 구성

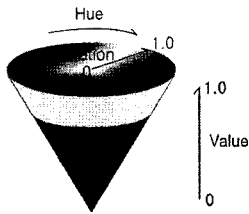


그림 3 HSV 색공간

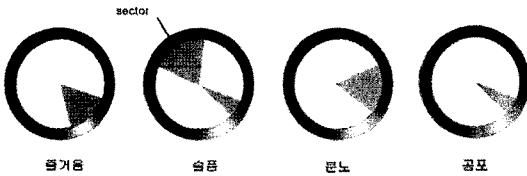


그림 4 색상 템플릿

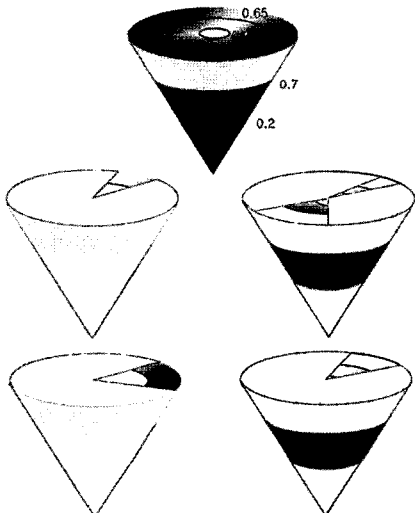


그림 5 HSV 템플릿(맨 위 HSV공간, 시계방향으로 줄거움, 슬픔, 공포, 분노)

시 설문조사를 통해 이루어진 것으로, 설문조사를 바탕으로 한 색상과 채도, 명도 템플릿 구성이 필요한 본 문에 기본이 되는 이론이다. 색상에 관한 템플릿은 그림 4와 같이 조사 결과를 기반으로 새롭게 구성한다. 회색의 부채꼴 영역(sector)은 표 1의 결과에 따른 색상의 범위를 의미하며, 슬픔 템플릿을 제외한 감정들의 템플릿은 하나의 부채꼴 영역으로 구성 된다. 슬픔 템플릿은 2개의 부채꼴 영역으로 구성되는데, 색상값을 변환할 때, 1개의 부채꼴 영역을 갖는 템플릿과 다른 방법으로 변환할 필요가 있다. 자세한 내용은 5장의 색상값의 변환에서 다루기로 한다. 채도와 명도에 대한 템플릿 역시 추출된 범위를 기반으로 구성하고, 새롭게 구성된 HSV 통합템플릿은 그림 5와 같다.

5. HSV 변환 방법

구축된 템플릿을 기반으로 원본 이미지의 색을 이동함으로써 색변환을 수행한다. 색상값, 채도값과 명도값 각각 다른 수식을 적용하여 구현한다. 색상값은 최대한 자연스러운 색상이변환이 가능한 D. Cohen-Or와 O. Sorkine et al.[14]이 제안한 수식을 사용하고, 채도값은 히스토그램의 이동, 명도 값은 빛에 대한 시각의 비선형성을 고려한 수식을 제안한다.

5.1 색상값의 변환

색상값은 변환은 원본의 색상을 최대한 유지하면서 수행되어야 자연스러운 색상 변환의 결과를 얻을 수 있다. 이에 따라 D. Cohen-Or와 O. Sorkine et al.[14]은 가우시안 함수를 사용하여 부채꼴 영역의 중심 픽셀로부터의 거리에 따른 선형적인 색상이동을 식 (1)과 같이 정의한다. 픽셀 p의 색상값은 다음 식을 통해 해당 템플릿의 부채꼴 영역으로 이동하게 된다. $H_c(p)$ 는 부채꼴 영역의 중심 색상값으로 정의된다.

$$H'(p) = H_c(p) + \frac{u}{2} (1 - G_\sigma (\|H(p) - H_c(p)\|)) \quad (1)$$

u 값은 템플릿 부채꼴 영역의 호의 길이, G_σ 는 평균이 0이고 표준편차가 σ 인 가우시안 함수이다. σ 값의 범위는 0에서 u 까지로 사용자가 정의 한다. σ 값이 크면 색상값이 부채꼴 영역의 중심에 가깝도록 하는 반면, 작은 σ 값은 색상값이 부채꼴 영역의 경계선에 가깝도록 한다. 최적의 색상 균형을 위해 $\sigma = u/2$ 를 사용한다. 부채꼴 영역이 2개 이상일 때는 현재 픽셀과 부채꼴 영역의 중심과 가장 가까운 거리에 해당하는 부채꼴 영역으로 이동한다.

5.2 채도값의 변환

채도값의 변환은 자연스럽게 부드러운 영상을 얻기 위해 한 점 사상이 아닌 히스토그램 전체를 변환하는 방법을 적용한다. 영상의 히스토그램을 바탕으로 가장

많은 화소로 이루어진 채도 값을 대표 채도 값으로 지정한다. 대표 채도 값을 변환할 채도 범위의 중간에 위치하도록 히스토그램을 이동한다.

원본 이미지의 가장 많은 화소로 이루어진 채도 값을 $S_{max}(p)$, 현재의 채도 값을 $S(p)$, 각 감정별 변환될 채도 범위의 중간 값을 $S_i(p)$, 최종 변환된 채도 값을 $S'(p)$ 라 하면 식은 다음과 같이 정의한다.

$$S'(p) = S(p) + (S_i(p) - S_{max}(p)) \quad (2)$$

$$\text{단, } S'(p) > 1 \text{ 이면 } S'(p) = 1 \\ S'(p) < 0 \text{ 이면 } S'(p) = 0$$

$S_i(p)$ 가 $S_{max}(p)$ 보다 크면 원본이미지의 히스토그램은 거리만큼 오른쪽으로, 작은 값이면 왼쪽으로 이동한다.

5.3 명도값의 변환

사람의 시각은 빛에 비선형적으로 반응하기 때문에 이를 고려한 변환이 필요하다. 자극의 크기가 세질 수록 그 변화를 감지하기 위해 큰 자극을 주어야 한다는 베버의 법칙에 따라, 사람의 시각은 어두운 곳에서는 빛을 잘 인식하지만 밝은 곳에서는 빛을 잘 인식하지 못하는 특성을 갖고 있다. 이 때문에 명도 값은 단순히 일정한 값을 가감하여 조절하기보다는 이러한 비선형성에 맞추어 조절할 필요가 있다.

이를 위해서 비선형적인 반응들을 보정하는 영상처리 알고리즘이 필요하다. 명도를 조절하는 방법 중 비선형 함수인 지수 변환 함수에 의한 감마 보정이 이에 해당한다. 수식은 다음과 같다.

$$V'(p) = \left(\frac{V(p)}{255} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \times 255 \quad (3)$$

지수 변환 법칙의 수식이 [0,1]범위를 갖기 때문에 입력 값은 255로 나누어 입력하고, 출력값은 255를 곱한다.

보통 감마값은 사용자가 임의로 지정하거나 정해져 있지만, 본 논문은 각 이미지가 갖고 있는 명도값이 다르기 때문에 그에 맞는 감마값을 계산하여 적용한다. 감마 값은 영상의 평균 밝기와 변환될 명도 범위의 중간값에 의해서 결정되며, 결정된 감마값에 의해 이미지의 명도를 템플릿에 정의된 범위로 변환한다.

6. 사용자 취향을 반영한 색변환

설문조사에 의해 구성된 템플릿으로 색상을 변환하더라도, 색상, 채도, 명도 각각에 대한 감정은 사람마다 다르기 때문에, 최종 변환 결과에 대한 감성적인 만족도가 낮을 수 있다. 그러므로 사용자의 취향을 학습하여 결과에 반영하는 방법이 필요하다. 사용자 취향을 학습하는 방법으로 내용기반 검색에서 주로 사용하는 적합성 피드백이 있다. 사용자의 질의를 받아 검색한 결과 중에, 사용자가 선호하는 결과의 공통적인 특징의 비중을 높

임으로서 적합성 피드백이 수행된다. 비중을 높이는 방법으로 각 특징에 0~1사이의 가중치를 부여한다. 여러 번의 피드백을 통해 각 특징들의 가중치는 갱신되며, 이는 결과에 대한 사용자의 만족도를 향상시키는 역할을 한다.

D. Cohen-Or와 O. Sorkine et al.[14]은 템플릿을 선택한 후, 단순히 색변환 구현했지만, 본 논문은 적합성 피드백의 이론을 기반으로 개인의 색상, 채도, 명도에 0~1사이의 가중치를 부여하여, 각 채널 대한 선호도와 민감도를 학습한 후, 개인에게 적합한 가중치를 계산하여 변환을 수행한다. 방법은 H, S, V, HS, HV, SV, HSV의 각 조합으로 변환 시킨 이미지를 보여준 후, 사용자로부터 가장 감정을 크게 느낀 이미지를 선택하도록 한다. 각 감정에 대해 10장의 사진을 보여준 후 가중치를 계산한다.

각 H, S, V에 대한 변환 가중치를 w_h, w_s, w_v 라 하고 이미지의 수를 $N=10$, 각 H, S, V에 대해 선택된 회수의 합을 $H_{total}, S_{total}, V_{total}$ 이라고 하면 갱신된 가중치는 다음과 같다.

$$w'_h = \frac{H_{total}}{N}, w'_s = \frac{S_{total}}{N}, w'_v = \frac{V_{total}}{N} \quad (4)$$

만약 H를 1번, S를 3번, HSV를 6번 선택했다면, $H_{total} = 1+6=7, S_{total} = 3+6=9, V_{total} = 6$ 이고, $w'_h = 0.7, w'_s = 0.9, w'_v = 0.6$ 이 된다. 이렇게 갱신된 가중치가 수식에 적용되어, 사용자 취향의 색변환을 수행한다.

6.1 가중치에 의한 색상값 변환

본 논문에서는 가중치를 반영하여 선형적인 색상 변환을 수행하기 위해 새로운 수식을 적용한다. 가중치에 따라 이동할 픽셀의 범위와 거리를 정하여 부채꼴 영역의 중심을 기준으로 픽셀을 이동한다. $H_c(p)$ 는 부채꼴 영역의 중심의 색상값, $H(p)$ 는 현재 픽셀의 색상값, w_h 를 가중치라고 하면, 현재 픽셀이 이동될 색상값 $H'(p)$ 는 식 (5)와 같다.

$$H'(p) = H(p) + w_h \times (H_c(p) - H(p)), \quad (5)$$

$$\text{where, } \theta_{w_1} \leq H(p) \leq \theta_{w_2}$$

$$\theta_{w_1} = \theta_1 - w_h \times \frac{360 - \theta}{2}$$

$$\theta_{w_2} = \theta_2 + w_h \times \frac{360 - \theta}{2}$$

$$\theta = |\theta_1 - \theta_2|$$

가능한 원본의 색상을 유지하면서, 부채꼴 영역의 범위로 이동시키기 위해 먼저 가중치에 따라 이동할 픽셀의 영역을 정한다. 가중치가 1이면 모든 영역의 픽셀을 부채꼴 영역으로 이동하지만, 가중치가 1보다 작을 경우 그림 6과 같이 부채꼴 영역의 경계각도로부터 가중치에

비례하는 각도의 영역 $[\theta_{w1}, \theta_{w2}]$ 에 속한 픽셀만 색상 변환을 수행한다. 그 외의 영역에 속한 픽셀은 색이동이 적용되지 않아 원래의 색상을 그대로 유지하여 자연스러운 색상 변환을 수행한다. 두 번째로 가중치에 따라 색상의 이동거리를 정한다. 그림 6에서 $d = H_c(p) - H(p)$ 이면, w_h 값에 따라 부채꼴 영역의 중심을 향하도록 $d' = w_h * d$ 만큼 이동하여 선형적인 색상 이동을 수행한다. 따라서 현재 픽셀은 최대한 자신의 색상에 가까운 값으로 이동됨으로써 자연스러운 색상 변환이 가능하다. 그림 7은 가중치에 따른 색상값의 변환을 적용한 예로서, (c)와 같이 가중치가 1일 경우의 식 (5)를 적용하면 모든 영역의 색상이 비슷한 색상으로 이동됨으로써 하늘의 색이 변환되어 부자연스러운 결과를 보여준다. 이는 식 (1)을 적용했을 때의 결과인 (b)역시 (c)와 마찬가지로 부자연스러운 결과를 보여준다. 하지만, 제안한 수식에서 가중치가 0.8, 0.4일 경우 원본의 색상을 유지하면서 자연스럽게 정의한 템플릿의 색상의 범위로 이동한 것을 확인할 수 있다.

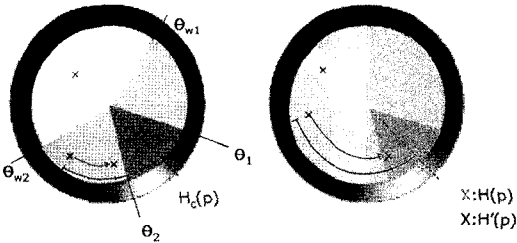


그림 6 가중치에 따른 색상값의 변환 ($w_h=0.5$ (왼쪽), $w_h=0.8$ (오른쪽))

6.2 가중치에 의한 채도 변환

가중치에 의한 채도 변환은 식 (2)를 변형한 (6)과 같다.

$$S'(p) = S(p) + w_s \times (S_i(p) - S_{max}(p)) \quad (6)$$

단, $S'(p) > 1$ 이면 $S'(p) = 1$
 $S'(p) < 0$ 이면 $S'(p) = 0$

가중치를 적용하기 위해 $S_i(p)$ 와 $S_{max}(p)$ 의 차이에 가중치(w_s)를 주어 변환한다. 가중치가 1.0이라면 차이만큼 히스토그램을 이동하여, 가능한 많은 픽셀들이 해당 범위에 속하도록 한다. 하지만, 가중치가 0.5라면 차이의 반만 이동하여 적은 픽셀들이 해당 범위에 속하게 된다.

6.3 가중치에 의한 명도 변환

가중치를 적용한 명도 변환을 수행하기 위해 기존(3) 식에 가중치(w_v)에 의한 감마값(λ')을 적용한 (7)식을 사용한다.

$$V'(p) = \left(\frac{V(p)}{255} \right)^{\frac{1}{\lambda'}} \times 255 \quad (7)$$

where, $\lambda' = 1.0 + w_v \times (\lambda - 1.0)$

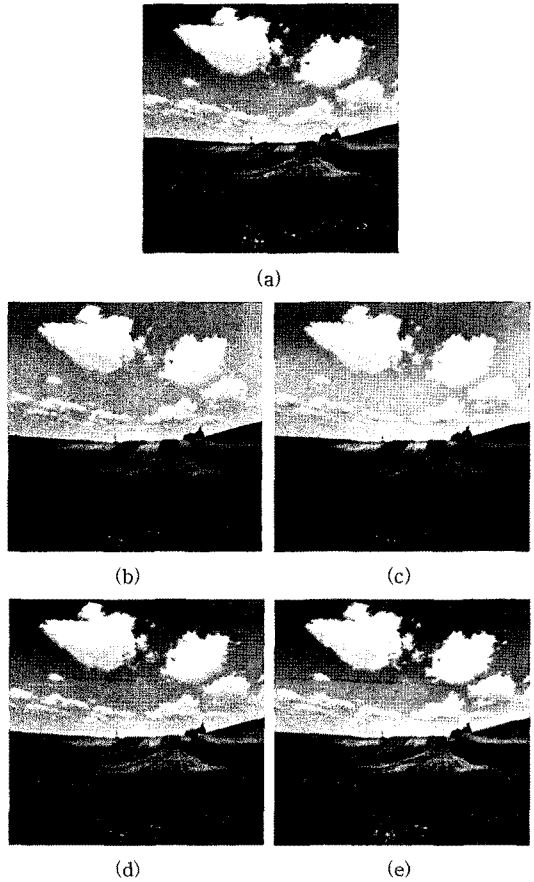


그림 7 색상값의 변환 적용 예((a)원본이미지[출처: flickr.com, id:Katarina2353, (b) 식 (1)을 적용한 이미지, 가중치가 1.0(c), 0.8(d), 0.4(e)일 경우의 식 (5)를 적용한 색상값 변환이미지)

감마값 1.0을 기준으로 하여 각 감정의 감마값과의 차이에 가중치를 곱하는 방법을 사용한다. 1.0을 기준으로 둔 이유는 감마값이 1.0일 경우, 선형함수가 되어 변화가 없지만, 감마값이 1.0이상이면 원영상보다 밝게, 1.0 이하이면 어둡게 변환하기 때문이다. 가중치가 1.0일 경우 원래의 감마값으로 변환하고, 가중치가 1.0보다 작을 경우 원래의 감마값보다 작거나 큰 값을 적용하여 변환한다.

7. 실험

실험 환경으로 CPU 2.20, Memory 2.0GB의 컴퓨터를 사용한다. 사진은 <http://www.flickr.com>로부터 임의의 사진을 선택하여 사용했다.

먼저, 10장의 이미지에 대한 감정별 각 조합의 색변환 이미지를 보여준 후 선택한 조합을 기반으로 가중치를

계산한다. 이로부터 얻은 색상, 채도, 명도에 대한 가중치를 적용하여 각 템플릿의 수식으로 색을 변환한다. 이때 입력 값인 감정과 변환되는 템플릿은 꼭 일치하지 않아도 된다. 즉 사람의 감정이 슬픔일 경우, 슬픔을 더 극대화하기보다 즐거운 감정을 갖게 하기 위해 즐거움의 템플릿이 적용될 수 있다. 본 논문은 구현 시 입력 감정과 변환될 템플릿이 일치하도록 하여 실험하였으며, 15명의 20대 대학생들 대상으로 색변환 이미지의 선호도에 대한 설문조사를 실시하였다.

그림 8과 같은 방법으로 감정별로 10장의 학습이미지의 변환 이미지에 대한 선호도를 학습한다. 그 다음, 변환 이미지에 대한 만족도를 조사하기 위해 각 감정별로 학습에 사용되지 않은 새로운 이미지 15장을 테스트 이미지로 사용한다. 이미지들에 기본 템플릿과 학습한 가중치를 적용하여 색변환 이미지를 생성한 후, 각 이미지에 대한 선호도를 조사한다. 그림 9는 4가지 감정에 대한 색변환 이미지에 대한 선호도 결과이다. 그림 9의 왼쪽과 같이 총 83%의 응답자가 원본이미지보다 기본 템플릿 기반의 색변환 이미지를 선호한다고 답하였다. 이것으로부터 정의된 템플릿이 각 감정에 대해 사람들의 일반적인 반응을 일으키는 색으로 구성했음을 확인할 수 있다. 그림 10은 각 감정별 원본이미지와 기본 템플릿 적용이미지에 대한 선호도 결과이다. 그림 9의 오른쪽과 같이 총 61%의 응답자가 사용자 취향 기반의 색변환 이미지를 선호한다고 답하였으며 이는 학습을 통해 갱신된 가중치를 적용한 색변환이 개인의 취향을 반영함을 확인할 수 있다. 그림 11은 기본 템플릿 적용 이미지와 가중치를 적용한 사용자 취향 기반 색변환 이미지에 대한 각 감정별 선호도 결과이다.

그림 12~15은 4가지 감정에 대한 색변환 이미지로, 기본 템플릿을 적용한 이미지는 (b), 사용자별 취향을 반영한 이미지는 (c)~(e)와 같다. 각 이미지와 색변환 이미지는 실제로 설문조사에서 각 응답자가 취향을 반영한 이미지를 선호한다고 답한 이미지이다. (c)~(e)를 통해 사용자 취향의 차이가 있음을 확인할 수 있다. 또

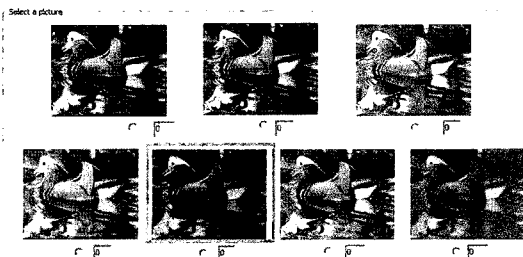


그림 8 즐거움에 대한 각 HSV조합 변환 및 선택(시계 방향으로 H, S, V, HSV, SV, HV, HS 순)

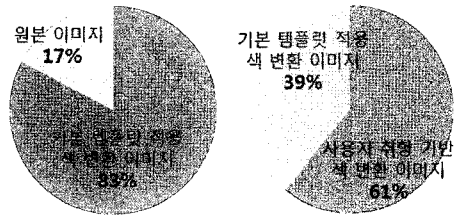


그림 9 4가지 감정에 대한 색변환 이미지 선호도

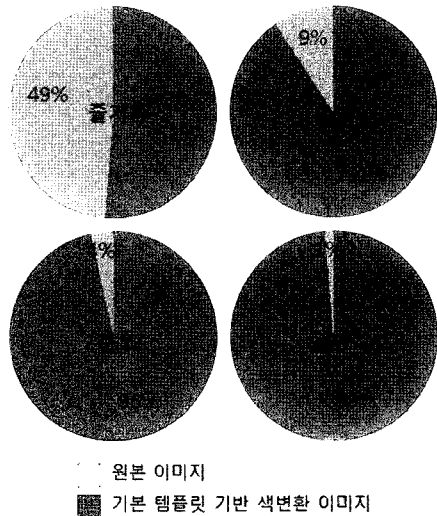


그림 10 감정별 색변환 이미지 선호도 1

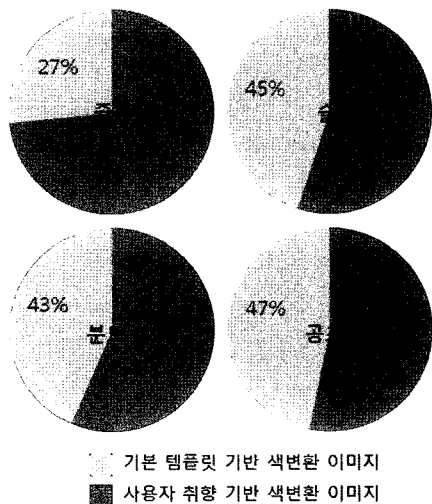


그림 11 감정별 색변환 이미지 선호도 2

한 사용자 취향을 반영한 이미지가 기본 템플릿 적용 이미지보다 자연스럽게 변환되어, 개인의 취향이 반영된 이미지를 선호함을 알 수 있다.

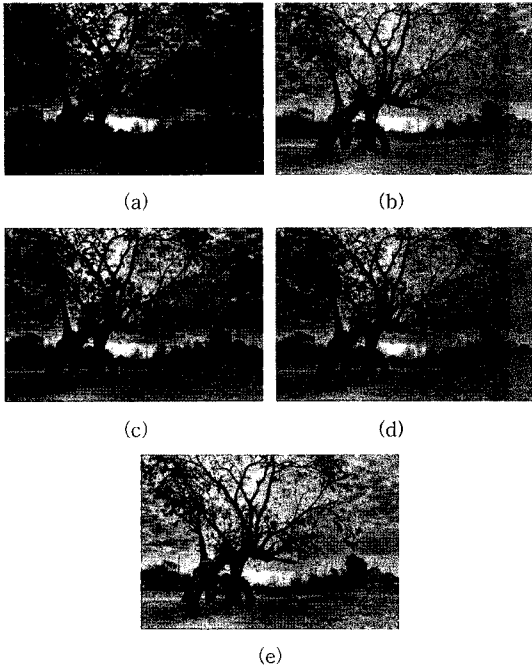


그림 12 즐거움에 대한 색변환((a) 원본 이미지[출처: flickr.com, id: 'J'], (b) 기본HSV템플릿적용 이미지, (c)~(e) 사용자 취향 기반이미지 ((c) 사용자1, (d) 사용자2, (e) 사용자3)

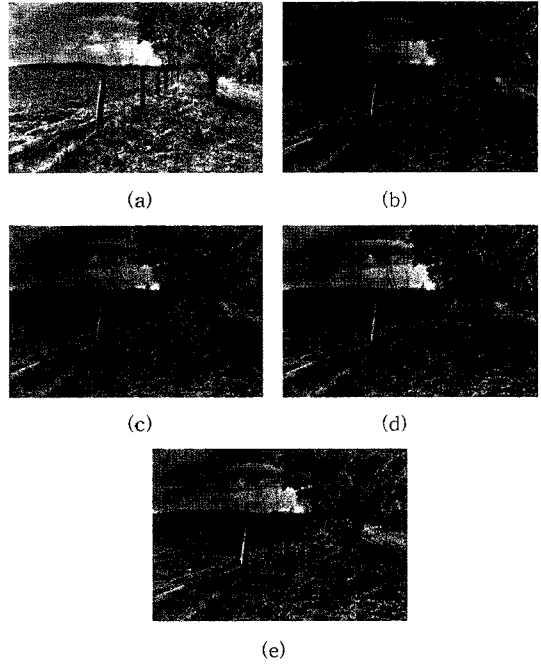


그림 14 분노에 대한 색변환((a) 원본 이미지[출처: flickr.com, id: globalindex, (b) 기본HSV템플릿적용 이미지, (c)~(e) 사용자 취향 기반이미지 ((c) 사용자1, (d) 사용자2, (e) 사용자3)

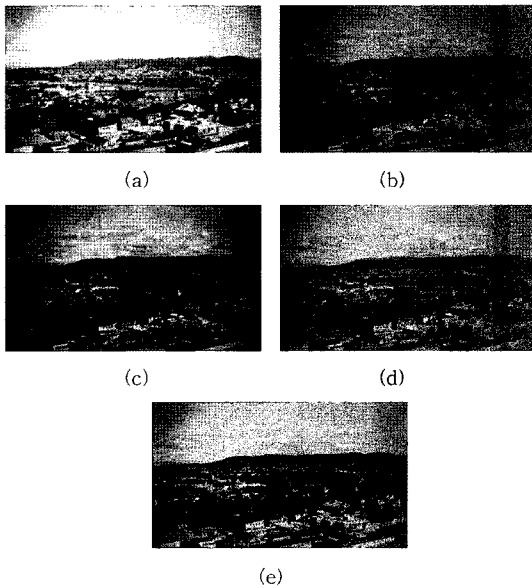


그림 13 슬픔에 대한 색변환((a) 원본 이미지[출처: flickr.com, id: pizzodisevo], (b) 기본HSV템플릿적용 이미지, (c)~(e) 사용자 취향 기반이미지((c) 사용자1, (d) 사용자2, (e) 사용자3)

8. 결론

색은 세 가지 요소인 색상, 채도, 명도의 조합에 따라 사람의 감정에 영향을 준다. 또한, 사람은 개인마다 색상, 채도, 밝기에 대한 선호도와 민감도가 다르기 때문에 같은 색이라도 다른 감정을 느낀다. 이러한 개인의 감정에 따른 색 변화가 이루어진다면, 사진이나 그림에 대한 감성적인 만족도가 높아져, 사용자로부터 흥미와 몰입을 이끌어 낼 수 있을 것이다.

이를 위해 본 논문에서는 색과 감정과의 관계를 문헌 조사와 설문조사를 통해 분석하고, 색상뿐만 아니라 채도, 명도 템플릿을 구축하였다. 또한, 사용자 학습에 의한 색변환 실험을 통해, 각 사용자에게 적합하게 색을 변환할 수 있음을 보여주었다. 설문조사를 통해 원본 이미지보다 기본 템플릿을 적용한 이미지를 83%의 응답자가 선호하고, 기본 템플릿을 적용한 이미지보다는 사용자의 취향을 반영한 이미지를 61%의 응답자가 선호하는 것을 알 수 있다. 이를 통해 정의한 템플릿의 색범위가 각 감정을 반영하는 것을 확인하고, 학습을 통한 사용자의 취향 반응을 통해 색변환에 대한 사용자의 만족도를 높일 수 있었다.

하지만, 효율적인 색변환에 대한 세밀한 연구가 필요

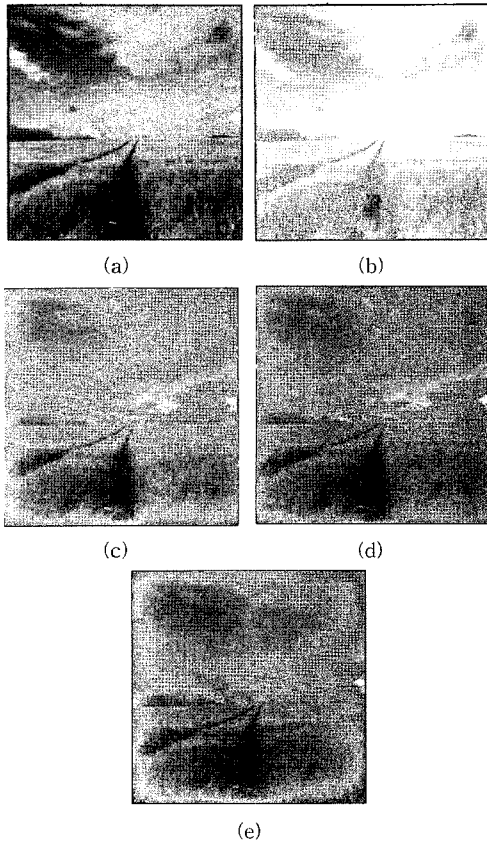


그림 15 공포에 대한 색변환(a) 원본 이미지출처: flickr.com, id: 1D110, (b) 기본HSV템플릿적용이미지, (c)~(e) 사용자 취향 기반이미지 ((c) 사용자1, (d) 사용자2, (e) 사용자3)

하며, 특히 색상 변환 시, 템플릿이 2개 이상의 부채꼴 영역(sector)을 가질 경우, 픽셀이 어느 부채꼴 영역으로 이동하느냐에 따라 비슷한 색상이 서로 다른 영역으로 분할되어 자연스럽게 못한 색상 변환을 가져온다. 이를 해결하기 위한 최적의 부채꼴 영역 할당 방법에 대한 연구가 필요하다.

향후에는 색상, 채도, 명도에 대한 선호도뿐만 아니라 템플릿의 부채꼴 영역의 범위에 따른 사용자의 선호도가 다르므로, 이를 학습하여 변환한다면 현재보다 발전된 시스템을 구현할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] R. Plutchik, Emotions and life: Perspectives from psychology, biology, and evaluation, American Psychological Association, 2002.
- [2] F. Birren, 색채심리, 동국출판사 1995.
- [3] John Wolfgang Von Goethe, 색채론, 민음사, 2003.
- [4] 스에나가 타미오, 색채 심리, 예경, 2001.
- [5] E. Heller, 색의 유혹1,2, 예담, 2002.
- [6] Rose H. Alschuler and LaBerta W. Hattwick, "Painting and personality: A study of young children," The University of Chicago Press, 1969.
- [7] M. Saito, "Comparative studies on color preference in Japan and other Asian regions, with special emphasis on the preference for white," *Color Research and Application*, vol.21, no.1 pp.35-49, 1996.
- [8] N. Kaya, Helen H. Epps., "Relationship between color and emotion: A study of college students," *College Student Journal*, vol.38, no.3 p.396, September 2004.
- [9] S.-M Whang and B. Kwon, "A Study on Human Color Sensibility according to Psychological Color Image Scale(PCIS)," *Journal of Korean Society of Color Studies*, vol.19, no.1, pp.13-25, 2005.
- [10] J. Itten, The Art of Color, John Wiley and Sons, 1974.
- [11] Y. Matusda, Color Design, Asakura Shoten, 1995.
- [12] A. H. Munsell, A. H. A grammar of colors, New York, 1969.
- [13] M. Tokumaru, N. Muranaka, and S. Imanishi, "Color design support system considering color harmony," In *Proceedings of the IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, vol.1, pp. 278-383, Honolulu, HI, USA, May 2002
- [14] D. Cohen-Or, O. Sorkine, R. Cal, T. Leyvand and Y.-Q. Xu, "Color harmonization," *ACM Transactions on Graphics (Proceedings of ACM SIGGRAPH)*, vol.25, no.3, pp.624-630, 2006.
- [15] N. Sawant and Niloy J. Mitra, "Color harmonization for videos," *Sixth Indian Conference on Computer Vision, Graphics & Image Processing*, pp.576-582, 2008.
- [16] Y. Rui, T. S. Huang, M. Ortega, S. Mehrotra, "Relevance feedback : A power tool for interactive content-based image retrieval," *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, vol.8, Issue.5, pp.644-655, 1998.
- [17] Y. Rui, T. S. Huang, S. Mehrotra, "Content-based image retrieval with relevance feedback in MARS," *Image Processing, 1997. Proceedings, International Conference on*, vol.2, pp.815-818, Santa Barbara, CA, October 1997.
- [18] H. Takagi, "Interactive evolutionary computation: Fusion of the capabilities of EC optimization and human evaluation," *Proc. of the IEEE*, vol.89, no.9, pp.1275-1296, 2001.
- [19] J.-Y., Lee and S.-B., Cho, "Interactive genetic algorithm for content-based image retrieval," *Proc. of Asia Fuzzy Systems Symposium*, pp.479-484, 1998.
- [20] H.-S., Kim and S.-B., Cho, "Application of interactive genetic algorithm to fashion design," *Engi-*

neering Applications of Artificial Intelligence, vol.13, Issue 6, pp.635-644, December 2000.

- [21] P. Ekman, "Facial Expression and emotion," *American Psychologist*, vol.48, no.4, pp.384-392, April 1993.
- [22] 이승조, 최남도, "기본 정서를 유도하는 영상의 선정과 정서의 체계적 이해를 위한 탐구", *한국방송학회 통권, 제23-3호*, pp.205-246, 2009년 5월.
- [23] Z. Lei, L. Fuzong and Z. Bo, "A CBIR method based on color-spatial feature," *TENCON 99. Proceedings of the IEEE Region 10 Conference*, vol.1, pp.166-169, Cheju Island, South Korea, September 1999.



우 혜 윤

2004년 가톨릭대학교 멀티미디어시스템 공학과(학사). 2008년~현재 가톨릭대학교 디지털미디어학과 석사과정. 관심분야는 영상처리, 컴퓨터비전



강 행 봉

1980년 한양대학교 전자공학과(학사). 1986년 한양대학교 전자공학과(석사). 1989년 Ohio State Univ. 컴퓨터공학(석사). 1993년 Rensselaer Polytechnic Institute 컴퓨터 공학(박사). 1993년~1997년 삼성종합기술원 수석연구원. 1997년~현재 가톨릭대학교 디지털미디어학부 교수. 2005년 UC Santa Barbara, Visiting Professor. 관심분야는 컴퓨터비전, HCI, 컴퓨터그래픽스, 인공지능