감성과학, Vol. 10, No. 1, pp. 37-47. March 2007

Ostwald 색채 조화론을 이용한 조화색 추천*

Suggestion of Harmonious Colors Based on Ostwald Color Harmony Theory

이정현** · 김성환** · 이준환***†

Jung-Hyun Ih** · Sung-Hwan Kim** · Joonwhoan Lee***†

전북대학교 대학원 전자정보공학부**

Div. of Electronics and Information Engineering, Graduate School, Chonbuk National University

전북대학교 전자정보공학부***

Div. of Electronics and Information Engineering, Chonbuk National University

Abstract : Color planning system can be treated as a decision support system which includes both the recommendation of main color and harmonious colors. In this paper, we propose techniques that are useful to enhance the harmonious color recommendation with the main color selected by user. In order to reflect the knowledge about suggestion of harmonious colors, we use Ostwald color harmony theory, that is very systematical and easy to implement. Actually, Ostwald color space is similar to HMMD color model in MPEG-7. Due to the similarity between two color spaces, Ostwald color space can be represented as a virtual HMMD color space. Accordingly, we propose a technique to align the HMMD color space with Ostwald color space, thereby it is capable of enhancing a performance to search the harmonious colors according to Ostwald harmony theory. For recommendation of delicate and more exquisite harmonious colors in equal hue plane, we made the virtual color space continuous. The system can recommend various harmonious colors according to Ostwald color harmony. He(she) can select harmonious colors among the suggestions from the system.

Key words : Suggestion of harmonious colors, Ostwald color harmony theory, color planning, HMMD color model, Ostwald color model

요약 : 색채계획 의사결정 지원 시스템은 감성에 맞는 색상들을 추천해 주거나 조화론 및 배색사전을 기계화하여 조화색을 추천하는 반자동 보조 시스템을 일컫는다. 본 논문은 조화색 추천 과정에 관한 것이며, 조화색 추천의 보편적 지식개입을 위하여 Ostwald 색채 조화론을 채택하였다. 채택된 조화이론의 적용 공간인 Ostwald의 색체

* 이 연구에 참여한 연구자는 2단계 BK21사업의 지원비를 받았으며, 2006년 산업자원부 지역혁신 인력양성사업에 의해 부분적으로 지원됨.

† 교신저자 : 이준환(전북대학교 전자공학과)

E-mail : chlee@chonbuk.ac.kr

TEL : 063-270-2399, 016-9855-2406

FAX : 063-270-2394

계는 MPEG-7 HMMD 색공간과 일치한다는 가정아래, Ostwald의 동일 색상면과 호환이 가능한 가상의 HMMD 공간을 제작하였다. 두 색공간이 호환하기위한 선행 요구조건을 만족하기 위하여 가정을 세우고 가정에 맞는 가상의 색공간을 제안하였다. 또한 Ostwald의 동일 색상 평면이 갖는 양자화 문제를 극복하기 위하여 연속적인 동일 색상 평면을 구성하여 이용자에게 선택의 폭을 넓히고자 하였다. 제안한 가상의 HMMD 공간에서 Ostwald의 색채 조화론을 규칙기반화한 다양한 조화색을 추천할 수 있다.

주제어 : 조화색 추천, Ostwald 조화론, 색채계획, HMMD 색모델, Ostwald 색모델

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

색채계획(color planning) 의사결정 지원 시스템(decision support system)이란 사용자가 원하는 분위기의 색상을 고려하여 주색(main color)을 찾고, 주색에 조화되는 칼라(harmony color)를 추천해 대상 공간의 색채계획을 완성해가도록 도와주는 시스템을 일컫는다. 이러한 색채계획 과정은 광범위한 탐색공간을 갖는 문제로, 즉 무수히 많은 적용공간 속에서 인간의 평균적인 색채 감성에 어울리도록 탐색공간을 축소해 가며 해결해 가는 시스템으로 간주될 수 있다. 따라서 비전문가에게는 쉽지 않는 문제로 본 논문에서는 색채계획 의사결정 지원을 위하여 전문가와 동일한 수준의 조화색 선택에 반영될 수 있는 조화색 추천 시스템을 제시하고 있다. 어울리는 조화색 배열을 찾는 문제는 탐색공간을 제한하는 지식이 개입되지 않으면 수 없이 많은 색을 가정하지 않더라도 광범위한 탐색문제이다. 조화색 추천 과정에서 색채 전문가의 지식은 이러한 탐색의 범위를 제안하는 제약조건으로 작용하며, 국부적인 탐색범위에서 전문가는 개성에 맞는 색채 배열을 선택하게 된다. 본 논문의 조화색 추천은 이러한 과정과 유사하게 진행되나 실제 기계가 전문가의 역할을 하기 위해서는 탐색의 제약조건에 해당하는 지식이 필요하다.

1.2 기존연구의 문제점

이러한 보편적인 지식 개입을 위하여 기존 Nakanishi 연구에서는 Moon-Spencer 조화론을 채택하였다[3, 4]. 이 경우 Munsell 칼라 좌표계를 사용하는데 문제가 있었다. 모니터의 현색계인 RGB 칼라좌표를 표색계인 Munsell 칼라 좌표계로 변환하는 과정은 비선형 변환이며, 이 비선형 변환을 정확하게 구현하는 데 한계가 있었다. 또한 Munsell 칼라 좌표계의 경우 색입체의 각색상마다 톤(tone) 평면의 모습이 동일하지 않기 때문에 모호성 문제가 있었다. 이러한 비선형 매핑은 정확성이 떨어질 뿐만 아니라 정확한 변환이 이루어졌다 하더라도 Munsell 칼라 좌표계가 갖는 모호성 문제 때문에 색채 조화론 적용에 부정확성이 포함된다[1].

1.3 연구내용

이러한 문제점을 극복하기 위하여 본 논문에서는 조화색 추천을 위해 조화이론을 적용하는 데 있어서 다음과 같은 선행 요구조건을 만족하고자 하였다.

첫째로 컴퓨터의 RGB 색체계와 조화이론 적용의 색체계가 서로 호환이 가능하여야 한다는 점이다. 다시 말해서 RGB 색체계와 조화이론을 적용한 색체계 사이에 단순하고 정확한 변환이 전제되어야 한다는 것이다. 왜냐하면 조화이론 적용 색체계와 컴퓨터 디스플레이 색체계 사이에 변환과정에서 손실이 발생한다면 아무리 바람직한 조화이론이라도 이들 변환과정의 손실이 오류를 발생할 소지가 있기 때문

이다. 둘째 조화이론에 있어서의 체계적이고 명확한 규칙이 존재하여 조화이론 자체를 명료하게 체계화 할 수 있어야 한다는 것이다. 이는 규칙 자체가 불명료하여 기계가 처리하는 데 일어나는 손실을 최대한 방지하기 위해 필요하다.

본 논문에서 이러한 선행 요구조건을 최대한 만족하는 Ostwald의 색채 조화론을 채택하자는 것이다. Ostwald의 색공간은 MPEG-7의 칼라 구조 표현자[2, 5]에 사용되는 HMMD(Hue-Max-Min-Diff)의 색공간과 유사하다. 실제로, RGB는 HMMD 색좌표계로의 변환이 가능하며 HMMD 색좌표계 역시, RGB로의 변환이 가능하다. 따라서 Ostwald의 색공간과 호환 가능한 가상의 HMMD 색공간을 제시하면, Ostwald의 조화이론을 기반으로 채택된 조화색을 RGB로 표현할 수 있다[1, 7]. 즉, 가상의 색공간에서 동일 색상평면을 구성하여 이 색상평면에서 Ostwald의 조화론에서 제시하는 등흑색, 등백색, 등순색의 조화들을 탐색해내기 위함이다. 또한, 8단계로 양자화된 Ostwald의 동일 색상평면의 한계점을 극복하기 위하여 가상의 동일 색상평면에서는 연속적인 평면으로 구성하여 사용자가 무한히 많은 색들 중에서 조화색 선택에 대한 폭을 넓히는 방법의 계기를 마련하고자 하였다.

2. 본론

2.1 전체 시스템 개요

그림 1은 본 논문의 조화색 추천 시스템의 전체 흐름도이다. 먼저 사용자로부터 직접 *H, S, V* 입력 값을 받거나, IRI에서 제공되는 120가지의 칼라[6] 중 하나를 선택한다. 선택된 칼라는 RGB 좌표계를 거쳐 HMMD 좌표계로 변환하여 *Max, Min* 값을 구한다. 이 단계가 주색 결정의 단계이다. 주색이 결정되면 최대 채도의 구해진 *Max, Min* 값을 갖는 Ostwald의 등색상 삼각형을 만들고, Ostwald의 색채 조화론을 적용시켜 조화색을 찾는다. 이때 만들어진 정삼각형은 HMMD 좌표계로 표현되어지며, 연속적인 등색상면으로 구성된다. 가상의 HMMD 색 공간에서 추천된 조화색은 다시 RGB로 변환되어 사용자에게 보여지게 된다.

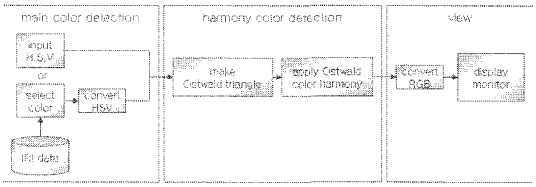


그림 1. 조화색 추천 시스템 흐름도

2.2 가상의 HMMD 색공간 구성방법

2.2.1 Ostwald 24색상환에서의 일치과정

실제 Ostwald의 24색상환은 15도 간격으로 이루어진 HSV 색체계의 *Hue*와 일치하지 않는다. 따라서 Ostwald의 24색상환과 가상의 HMMD의 24색상환에 대한 일치과정이 필요하다. Ostwald 색체계에서 최대채도(C) 값을 갖는 색채들의 *H, S, V*와 *R, G, B* 값을 추출한 결과는 표 1과 같다. 표 1에서 알 수 있듯이 Ostwald 색상환의 24색상은 HSV 공간의 *H* 값과 같이 15도 간격으로 떨어져 있지 않으며, 최대채도에서의 명암 값 역시 최대값을 가지지 않음을 알 수 있다.

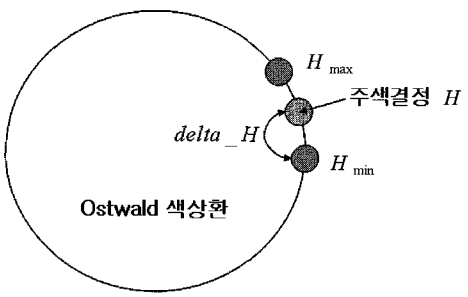
표 1은 실제 Ostwald의 색상환과 동일한 가상의 색상환을 구성하도록 돕는 룩업테이블 역할을 한다. 결국 사용자가 선택한 색상은 주색이 되며 그에 따른 조화색을 추천하기 위해서는 임의의 선택된 주색의 *H*값에 따른 최대 채도에서 *V*값을 알아야 한다. 표 1은 이러한 목적으로 사용될 수 있다.

즉, 선택한 주색의 *H*값이 포함되는 표 1의 구간을 찾고, 그 구간의 하한과 상한에 해당되는 *H*값들의 *V*값을 이용하여 선택된 주색의 *H*값을 갖는 평면을 구성할 수 있다. 이 과정에서 최대의 채도를 갖는 색의 *V*를 찾는 과정은 다음과 같다. 일단 선택한 주색의 *H*값이 포함되는 구간의 표 1의 상한과 하한을 각각 *H_max, H_min*라 하자. 만약 최대채도 색

의 V가 선형적이라면 H와 H_min 사이의 각도 $delta_H$를 식 (1)과 같이 구하여, 식 (2)와 같이 주색의 H값에서 최대 채도색상의 V값을 구할 수 있다. 이렇게 구해진 V값은 다음 과정에서 선택된 주색에 해당하는 정삼각형의 동일 색상평면을 구성하는 데 이용된다.

표 1. Ostwald 24색상환에서의 *HSV, RGB*

		Ostwald H	S	V	R	G	B
Y	1	68	100	100	222	255	0
	2	60	100	100	255	255	0
	3	53	100	100	255	222	0
O	4	37	100	100	255	156	0
	5	29	100	100	255	123	0
	6	21	100	100	255	90	0
R	7	13	100	100	255	57	0
	8	0	100	100	255	0	0
	9	354	100	87	222	0	24
P	10	325	100	61	156	0	90
	11	300	100	48	123	0	123
	12	275	100	61	90	0	156
UB	13	258	100	74	57	0	189
	14	240	100	100	0	0	255
	15	234	100	87	0	24	222
T	16	222	100	74	0	57	189
	17	205	100	61	0	90	156
	18	180	100	48	0	123	123
SG	19	155	100	61	0	156	90
	20	126	100	87	0	222	24
LG	21	116	100	100	8	255	0
	22	91	100	100	123	255	0
	23	83	100	100	156	255	0
	24	76	100	100	189	255	0



$$H = H_{min} + \frac{H_{max} - H_{min}}{15} \times \delta H \qquad (1)$$

$$\therefore \quad \delta H = \frac{H - H_{min}}{H_{max} - H_{min}} \times 15$$

$$V = V_{min} + \frac{V_{max} - V_{min}}{15} \times \delta H \qquad (2)$$

2.2.2 가상의 동일 색상평면 구성

가상의 동일 색상평면이란 선택된 주색의 동일 색상에 해당하는 근사적인 Ostwald의 정삼각형 등색상면을 의미한다. 조화색 추천중 동일 색상평면에서 등백색, 등흑색, 등순색 조화는 이 평면내의 색들을 탐색되어야 하기 때문에 이 평면의 구성은 대단히 중요하다. 본 논문의 제안된 방법에서 가상적인 동일 색상평면의 구성은 다음과 같은 가정을 바탕으로 한다.

가정 1: 동일 색상평면의 색들은 연속적이다.
가정 2: 동일 색상평면의 순흑색, 순백색, 최대 채도의 색은 Ostwald 색체계의 색과 일치하여야 한다.
가정 3: 동일 색상평면에서 등순색의 개념은 유지되어야 한다.

가정 1은 동일 색상평면을 8단계로 양자화하지 않기 때문에 무한히 많은 색으로 구성할 수 있으며, 조화색 역시 무한히 많은 색들 중에 선택되어질 수 있음을 의미한다. 이는 양자화된 색들만 추천할 수 있음에 비해 훨씬 선택의 폭을 넓히는 방법계기가 될 수 있음을 의미한다.

가정 2는 적어도 순백색, 순흑색, 최대 채도에서의 색은 HMMD 좌표계를 기반으로 하는 가상적인 동일 색상평면에서 적어도 Ostwald의 색체계와 일치되어야 함을 의미한다.

가정 3은 HMMD 색체계를 근간으로 하는 가상의 동일평면의 색들이 수직방향으로는 등순색 또는 HMMD의 diff 값이 동일하게 유지하려는 의도이다. 이는 등순색 계통의 Ostwald의 조화론이 깨지지 않게 하기 위해 필요하다.

이러한 가정과 Ostwald 동일 색상면이 백색량, 흑색량, 무채색 축이 모두 8개의 구간으로 구분됨을 참조하여 가상의 등색상면은 정삼각형의 구조를 가지며 각 변의 길이는 0-7까지라고 가정하였다. 그림 2

는 이러한 가상의 등색상면을 보여주고 있다. 그림 2에서 정삼각형 내부의 붉은 점의 위치는 다음과 같은 두 가지 좌표지정 방식에 의해 결정될 수 있다.

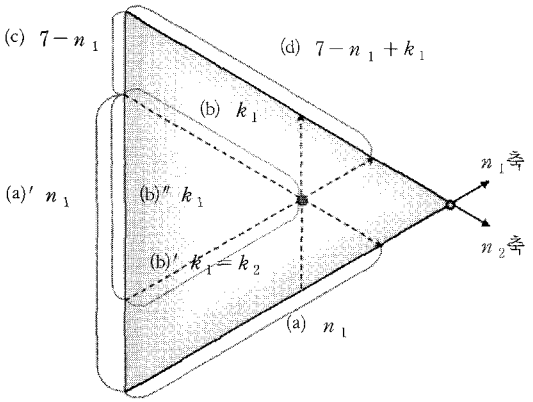


그림 2. 가상 등색상면의 기하학적 해석

그림 2의 정삼각형에서 왼쪽 아래쪽에서 오른쪽 위의 사선 방향으로 올라가는 축을 n_1 축이라하고, 찾고자 하는 위치를 왼쪽의 수직축에서 n_1축 방향으로 향하게 하는 직선 (b)상의 위치를 k_1이라하면 (n_1, k_1) 좌표에 의해 지정할 수 있으며, 또 다른 방법으로는 왼쪽 위쪽에서 오른쪽 아래로 향하는 축을 n_2축이라 하고 찾고자 하는 위치를 왼쪽의 수직축에서 n_2축 방향으로 향하게 하는 직선 (b)′ 상의 위치를 k_2라 하면 (n_2, k_2) 좌표에 의해서도 지정할 수 있다.

본 논문에서 가상의 등색상면 구성은 식 (2)에서 구한 최대채도 색채의 명도 값을 이용한다. 먼저 선택된 주색의 H에서 채도(S)는 100이라 가정하고, 식 (2)에서 구한 명도 V값을 갖는 색의 위치가 그림 2에서 n_1과 n_2축이 만나는 꼭지점의 색이라 놓는다. 이 지점에서 색의 채도가 100이라 가정하는 것은 Ostwald 색상환의 모든 색의 채도 값이 100이기 때문에 선택한 주색의 H와 동일한 등색상면에서도 최대 채도 값이 100이라 간주할 수 있기 때문이다. 즉 n_1과 n_2축이 만나는 꼭지점의 색의 색상 H는 선택된 색의 H, 채도 S는 100, 명도 V는 식 (2)를 통해 보간된 값으로 한다. 이러한 HSV 값은 칼라좌표 변환을 통해 HMMD 좌표계로 변환될 수 있으며, [0,1]로 정규화 하여, 이 점을 꼭지점으로 갖는 등색상의 정삼각형은 다음과 같은 방법으로 구성될 수 있다.

방법 1: 먼저 그림 2에서 n_1축 상의 색들을 찾고 무채색 축에 해당하는 색을 찾은 다음 이를 이용하여 k_1 방향으로 색을 선형 보간한다. 즉 그림 2에서 오른쪽 꼭지점 위치의 색이 HMMD 좌표계에서 (*MAX, MIN*)이며 왼쪽 아래 꼭지점 위치의 색은 (0,0)이며, 왼쪽 위 꼭지점의 색이 (1,1)이기 때문에 삼각형의 n_1축 상의 색들의 HMMD 좌표계에서의 값들을 선형보간 하면

$$\max^1 = \frac{MAX}{7} \times n_1, \quad \min^1 = \frac{MIN}{7} \times n_1 \tag{3}$$

과 같이 n_1값의 함수로 표현할 수 있다. 또한 무채색 축에 해당하는 색의 HMMD 좌표계에서의 값들은 $(\frac{n_1}{7}, \frac{n_1}{7})$이기 때문에 (n_1, k_1) 위치에서의 색의 HMMD 좌표계에서의 값은

$$\max = \frac{\max^1 - \frac{n_1}{7}}{n_1} \times k_1 + \frac{n_1}{7}$$
$$\min = \frac{\min^1 - \frac{n_1}{7}}{n_1} \times k_1 + \frac{n_1}{7} \tag{4}$$

와 같으며, 식 (3)을 대입하여 정리하면,

$$\max = \frac{MAX-1}{7} \times k_1 + \frac{n_1}{7}$$
$$\min = \frac{MIN-1}{7} \times k_1 + \frac{n_1}{7} \tag{5}$$

과 같이 구해진다. 여기서 $0 \le k_1 \le n_1$의 범위에 국한된다.

방법 2: 먼저 그림 2에서 n_2축 상의 색들을 찾고 무채색 축에 해당하는 색을 찾은 다음 이를 이용하여

k_2 방향으로 색을 선형보간 한다. 이 경우 n_2축 상의 색의 HMMD 좌표계의 색들은

$$\begin{aligned}\max{}^2 &= \frac{MAX-1}{7}\times n_2+1\\ \min{}^2 &= \frac{MIN-1}{7}\times n_2+1\end{aligned} \tag{6}$$

과 같이 선형 보간할 수 있으며, 무채색 축의 색들이 $(\frac{1}{7}(7-n_2), \frac{1}{7}(7-n_2))$ 임을 고려하면

$$\begin{aligned}\max &= \frac{\max{}^2-\frac{1}{7}(7-n_2)}{n_2}\times k_2+\frac{1}{7}(7-n_2)\\ \min &= \frac{\min{}^2-\frac{1}{7}(7-n_2)}{n_2}\times k_2+\frac{1}{7}(7-n_2)\end{aligned} \tag{7}$$

와 같다. 식 (6)을 (7)에 대입하여 정리하면

$$\begin{aligned}\max &= \frac{\left(\frac{MAX-1}{7}n_2+1\right)-\left(\frac{-1}{7}n_2+1\right)}{n_2}k_2+\left(\frac{-1}{7}n_2+1\right)\\ \min &= \frac{\left(\frac{MIN-1}{7}n_2+1\right)-\left(\frac{-1}{7}n_2+1\right)}{n_2}k_2+\left(\frac{-1}{7}n_2+1\right)\end{aligned} \tag{8}$$

과 같다. 여기서 $0\le k_2\le n_2$ 범위에 국한된다.

정리 1: 등색상면을 표현하는 좌표계에서 $n_2=7-n_1+k_1$이며, $k_1=k_2$이다.

증명: 정삼각형의 닮은꼴은 정삼각형이기 때문에 그림 2에서 (a), (a)′를 두변으로 하는 삼각형은 원래의 등색상면의 정삼각형과 닮은꼴이며 (a), (a)′는 동일한 길이 n_1을 갖는다. 또한 (a), (a)′를 두변으로 하는 삼각형은 (b), (b)′, (b)″로 이루어진 삼각형과도 닮은꼴이기 때문에 $k_1=k_2$이다. 또한 등색상면의 길이가 모두 7이기 때문에 (c)의 길이는 $7-n_1$과 같고, 이 길이는 닮은 삼각형의 원리를 적용하면 n_2축 상의 k_1위치에서 붉은 점의 n_2좌표 값에 해당하는 지점의 길이와 같기 때문에 붉은 점의 실제 n_2좌표 값은 k_1+7-n_1와 같다.

정리 2. 등색상면 내의 임의의 지점에서 방법 1로 구성한 색과 방법 2로 구성한 색은 가정 3을 만족한다.

증명: 방법 1의 경우 식 (5)에서

$$diff=\max-\min=\frac{MAX-MIN}{7}k_1$$

이며, 이는 n_1의 함수가 아니며 오직 k_1의 함수이다. 이는 그림 2에서 붉은 점을 지나며 무채색 축과 평행인 직선상의 모든 점들은 (n_1, k_1) 좌표표현에서 k_1은 동일하며, n_1이 다른 값을 가짐을 고려할 때 이 직선상의 모든 점들은 동일한 *diff* 값을 가지며, 이는 HMMD 좌표계에서의 동일채도 지점임을 의미한다. 또한 방법 2에서 역시 식 (8)에서

$$\begin{aligned}diff=\max-\min &= \frac{\left(\frac{MAX-1}{7}n_2+1\right)-\left(\frac{MIN-1}{7}n_2+1\right)}{n_2}k_2\\ &= \frac{MAX-MIN}{7}k_2\end{aligned}$$

과 같이 정리되어 오직 k_2의 함수 때문에 가정 3의 등순색의 정의를 만족한다.

정리 3. 등색상면 내에서 방법 1과 방법 2에 의해 구해진 색은 동일하다.

증명: 식 (8)에서 정리 1의 $n_2=7-n_1+k_1$, $k_1=k_2$를 대입하여 정리하면 식 (5)와 같다.

정리 4. 등색상면에서 임의의 $(\max, \min)$에 해당하는 위치의 (n_1, k_1) 좌표 값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}n_1 &= 7\min+(1-MIN)\times\frac{7(\max-\min)}{MAX-MIN}\\ k_1 &= \frac{7(\max-\min)}{MAX-MIN}\end{aligned} \tag{9}$$

이상의 정리들은 방법 1 또는 방법 2로 선형 보간을 수행할 경우 등색상면의 임의의 지점의 색은 동일하며 또한 앞서 전제한 가정을 모두 만족시킴을

알 수 있다. 앞서 언급된 세 가지 가정을 모두 만족하는 정삼각형의 등색상면 중 일부 색상에서의 모습은 그림 3과 같다. 좌측 그림들은 8단계로 양자화된 등색상면을 표현하며 우측의 그림들은 본 논문에서 제안한 연속적인 등색상면의 색채분포를 보여주고 있다. 이렇게 구성된 연속적인 등색상면에서 Ostwald의 조화이론을 규칙기반화한 다양한 조화색들을 추천해 줄 수 있다.

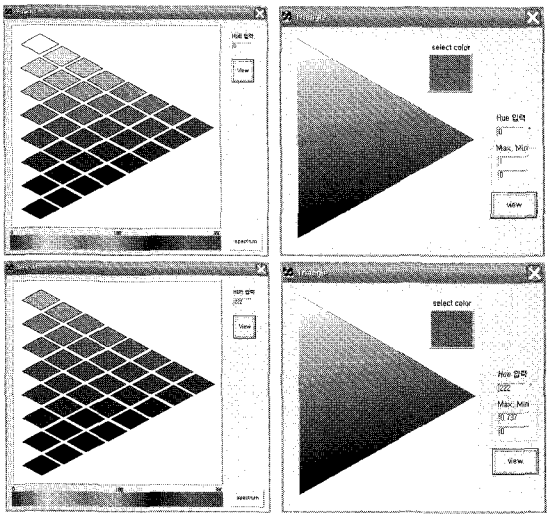


그림 3. 구성된 등색상면

2.3 제안된 조화색 제시방법

2.3.1 등색상면에서의 조화색 탐색

사용자가 선택한 주색의 (*H_s,S_s,V_s*) 값이 주어진다면 다음과 같은 절차로 연속적인 등색상면의 조화색을 탐색하여 제시한다.

절차 1: *H_s*의 표 3.3에서의 상한과 하한의 *H_max, H_min*를 구하고, 식 (1)과 (2)를 이용하여 해당 색상의 최대 채도에서의 *V*값을 구한다.

절차 2: 절차 1에서의 (*H_s, S=100, V*)를 이용하여 선택한 주색의 *H*에서의 등색상면을 방법 1 또는 방법 2를 이용하여 구성한다.

절차 3: 정리 4를 이용하여 선택한 주색의 (*H_s, S_s,V_s*)에 해당하는 (n_1, k_1) 좌표와 정리 1을 이용하여 (n_2, k_2) 좌표 값을 구한다.

절차 4-1: 등흑색 계열의 조화색은 절차 3에서 구한 n_1을 고정하고 n_1보다 작은 범위에서 k_1값을 1씩 증가하거나, 0 보다 큰 범위에서 1씩 감소하여 식 (5)를 통해 max, min 값을 구한다.

절차 4-2: 등백색 계열의 조화색은 절차 3에서 구한 n_2를 고정하고 n_2보다 작은 범위에서 k_2값을 1씩 증가하거나, 0 보다 큰 범위에서 1씩 감소하여 식 (8)를 통해 max, min 값을 구한다.

절차 4-3: 등순색 계열의 조화색은 절차 3에서 구한 k_1값을 고정하고 n_1값을 7보다 작은 범위에서 1씩 증가하거나, k_1보다 큰 범위에서 1씩 감소하여 식 (5)를 통해 max, min 값을 구한다.

절차 5: 탐색된 색들의 (*H_s, max, min*)을 이용하여 RGB 좌표로 변환하고 이를 모니터에 제시한다.

이상의 절차에 의해 조화색이 구해지는 과정은 그림 4와 같다. 그림에서 첫 번째 행은 선택된 주색의 (*H_s,S_s,V_s*)가 (200,67,39)인 경우로 n_1, k_1이 4.06, 3.19이며 n_2, k_2는 6.12, 3.19의 경우를 의미하며, 두 번째 행은 선택된 주색의 (*H_s,S_s,V_s*)가 (278, 53, 61)인 경우로 n_1, k_1이 5.90, 3.80을 n_2, k_2가 4.99,3.80인 경우를 보여주고 있다. 그림들의 첫 번째 열은 절차 4-1의 등흑색 조화색 탐색, 두 번째 열은 절차 4-2의 등백색 조화색 탐색, 세 번째 열은 절차 4-3의 등순색 조화색 탐색을 보여주고 있다.

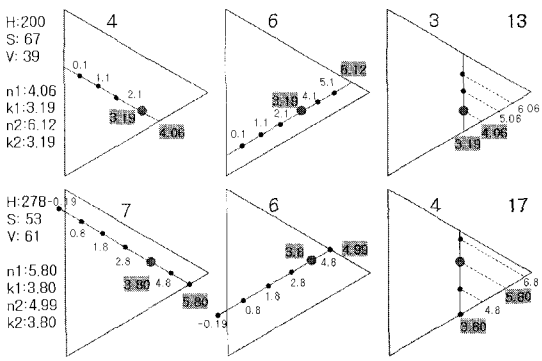


그림 4. 가상의 연속적인 등색상면에서 조화색 탐색과정

2.3.2 등가색환 조화색 탐색

사용자가 선택한 주색의 (H_s, S_s, V_s) 값이 주어진다면 다음과 같은 절차로 연속적인 등가색환의 조화색을 탐색하여 제시한다. 등가색환의 조화색이란 (H_s, S_s, V_s)에서 H_s는 변화하지만 S_s와 V_s는 고정되어야 한다. 여기서 H_s의 변화는 지정된 값에서 표 1의 Ostwald 색상환의 실제 H값의 변화를 따라가야 한다. 이를 만족시키기 위해서는 식 (1)에서 구한 δH값은 표 1의 다음 인덱스의 H값에 연속적으로 더해주어 야 한다. 이러한 절차를 요약하면 다음과 같다.

절차 1: 식 (1)에서 δH 값을 구한다.

절차 2: 표 1에서 현재 H_s가 속한 구간의 상한에 해당하는 인덱스를 $i_{\min}$라 하자. 색상 값이 360도를 회전하여 다시 H_s 값이 될 때까지 다음 과정을 반복한다.

절차 2-1: 식 (10)을 이용하여 H값을 구하며 이 값을 이용하여 H, S, V값을 찾고 이를 R, G, B 값으로 변환하여 제시한다.

$$H = T_h(i_{\min}) + \delta H \tag{10}$$

절차 2-2: $i_{\min} \leftarrow i_{\min} + 1$

절차 2-3: $i_{\min} \leftarrow \mathrm{mod}(24, i_{\min}) + 1$

3. 시스템 구현 및 실험 평가

3.1 조화색 추천 시스템 구현

시스템의 구성화면은 그림 5와 같다. 위의 창은 IRI 색채 연구소의 무채색을 포함한 색상과 색조가 다른 120색채 팔레트를 보여주고 있으며[6], 사용자가 팔레트의 색채를 선택하면 해당 색의 H, S, V값이 색과 함께 화면의 결과 창에 디스플레이 되도록 구성하였다. 또는 사용자가 직접 H, S, V값을 입력하도록 하였다.

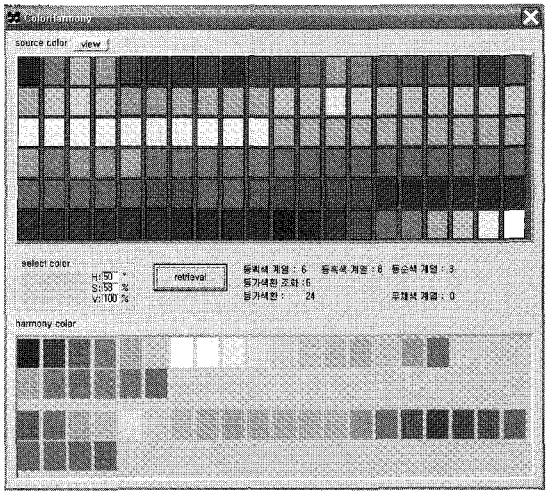


그림 5. 조화색 추천 시스템의 구성화면

아래 결과창의 바탕색은 사용자가 선택한 주색이며, 시스템은 이 주색과 어울리는 조화색 추천을 위하여 Ostwald의 색채 조화이론을 기반으로 등백색, 등흑색, 등순색, 등가색환에서 유사조화(거리차 2, 3, 4), 이색조화(거리 6, 8), 보색조화(거리 12) 그리고 마지막으로 윤성조화 계열의 색을 찾아준다. 즉, 아래창의 첫번째 행은 등백색, 등흑색, 등순색 계열의 13에서 17개의 추천된 조화색이며, 두 번째 행은 등가색환 조화색 6개, 나머지 두 행은 윤성조화로 추천된 24개의 색을 표현한다.

3.2 시스템의 조화 정도 평가

제안된 시스템으로 추천된 조화색의 평가는 비전문가 그룹인 컴퓨터공학과 10명의 대학생을 대상으로 조화 정도에 대한 만족도를 실험하였다. 표 2는 실험을 위한 주색으로 IRI의 120개 색에서 채도와 명도를 각각 3단계로 나누어 총 9가지색을 선택하였다. 설문 방법은 표 2의 선택된 9가지 주색을 바탕화면으로 하고 그 위에 나타난 모든 조화색들 중에 각각의 만족스러운 조화색들의 '개수'를 세어 표시하는 방법으로 실시하였다.

표 2. 선택된 이미지의 H,S,V 값

주색이미지	조 건	H	S	V
①	고채도/고명도	37	100	96
②	고채도/중명도	341	100	79
③	고채도/저명도	195	100	52
④	중채도/고명도	50	59	100
⑤	중채도/중명도	283	63	56
⑥	중채도/저명도	78	59	48
⑦	저채도/고명도	4	29	86
⑧	저채도/중명도	26	20	60
⑨	저채도/저명도	278	31	38

그림 6은 제시된 주색을 바탕으로 하여 추천된 조화색들을 나타낸 실험영상이다. 단, 본 실험에서는 연상효과나 면적 효과 등의 간섭은 배제하였다. 각 이미지의 바탕색은 주색이 되며, 정사각형의 네모에 있는 색들이 Ostwald의 등백색, 등흑색, 등순색, 등가색환(유사, 이색), 윤성 조화에 맞게 추천된 조화색들이다.

표 3은 추천된 조화색에 대한 평가 결과이다. 백분율은 그림 6의 각각의 이미지에서 실험 대상자가 "조화롭다"라고 생각한 이미지에 대하여 시스템이 추천한 이미지들을 나눈 백분율, 즉 조화의 정도를 보여준다. 등백색 계열, 등흑색 계열, 등순색 계열의 경우 10명의 실험 대상자는 15에서 17개까지 추천된 조화색중에서 12.28개, 즉 77.54%가 적절한 조화색이라고 평가하고 있다. 등가 색환의 계열은 평균 79.07%를 윤성 조화의 경우 88.42%가 "조화롭다"라고 평가하고 있다. 제시된 시스템은 김성환 등의 연구에서 제안한 조화색 추천 시스템보다 조화의 정도에 대한 만족도가 높음을 알 수 있다. 이는 기존 방법에서는 가상의 동일 색상평면을 8단계로 양자화하기 때문에 조화색을 선택함에 있어서 양자화된 36개의 색상만을 이용할 수밖에 없었지만 본 논문에서는 연속적인 동일 색상평면을 가상으로 제작함으로써 좀 더 섬세한 조화색을 추천할 수 있어 이는 사용자가 주색을 선택 하였을때 추천 조화색에 대한 선택의 폭을 넓히는 방법계기가 될 수 있음을 의미한다.

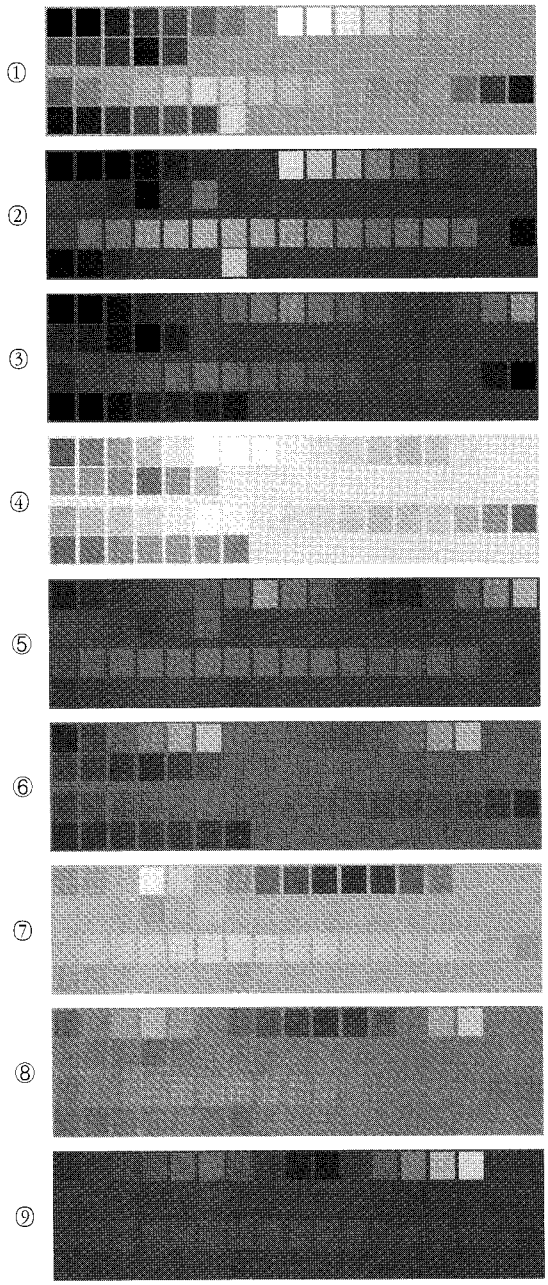


그림 6. 설문을 위한 실험 이미지

표 3. 추천된 조화색에 대한 평가결과

등백색 계열, 등흑색 계열, 등순색 계열 (15~17색)											평균	백분율 (%)
이미지	인원수 10명이 판단한 개수											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1(17)	10	9	16	17	14	15	17	7	13	12	13.0	76.47
2(17)	9	8	15	17	11	16	8	4	13	12	11.3	66.47
3(17)	9	10	13	16	11	15	8	12	14	14	12.2	71.76
4(15)	8	11	13	15	11	15	15	12	13	12	12.5	83.33
5(17)	10	11	14	15	13	17	14	12	12	12	13.0	76.47
6(15)	9	12	12	14	12	13	14	8	12	13	11.9	79.33
7(15)	9	11	12	15	14	13	15	13	12	12	12.6	84.00
8(15)	11	10	12	15	14	12	12	11	13	13	12.3	82.00
9(15)	8	8	12	14	13	13	14	11	13	11	11.7	78.00
평균											12.28	77.54

등가색환 계열 (6색)											평균	백분율 (%)
이미지	인원수 10명이 판단한 개수											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1 (6)	6	4	6	4	4	4	3	3	3	5	4.2	70.00
2 (6)	4	3	5	5	4	5	3	4	3	4	4.0	66.67
3 (6)	6	4	6	5	5	5	5	4	3	5	4.8	80.00
4 (6)	6	6	6	5	6	6	6	6	4	6	5.7	95.00
5 (6)	3	6	5	5	4	5	4	6	3	5	4.6	76.67
6 (6)	4	6	6	6	3	3	6	4	3	6	4.7	78.33
7 (6)	4	3	6	6	6	6	6	5	5	6	5.3	88.33
8 (6)	4	4	6	6	6	5	5	6	3	6	5.1	85.00
9 (6)	4	3	4	5	5	3	5	5	4	5	4.3	71.67
평균											4.74	79.07

윤성조화 계열 (24색)											평균	백분율 (%)
이미지	인원수 10명이 판단한 개수											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1(24)	19	15	22	23	20	23	20	17	20	20	19.9	82.92
2(24)	20	18	20	24	19	22	10	18	19	18	18.8	78.33
3(24)	22	22	23	21	17	21	22	19	20	20	20.7	86.25
4(24)	21	24	23	24	23	24	24	23	24	23	23.3	97.08
5(24)	21	23	23	23	16	22	18	22	20	18	20.6	85.83
6(24)	21	20	21	24	16	24	22	18	21	22	20.9	87.08
7(24)	20	18	24	24	22	24	24	24	24	20	22.4	93.33
8(24)	20	23	23	22	22	23	24	24	23	23	22.7	94.58
9(24)	22	19	23	24	17	20	24	24	21	23	21.7	90.42
평균											21.22	88.42

4. 결론

색채계획 지원 시스템은 광범위한 탐색공간을 갖는 색채계획 문제를 지식을 수반하는 시스템의 지원 하에 탐색공간을 축소해 가며 해결해 가는 시스템으로 간주될 수 있다. 이러한 시스템은 주색결정 모듈과 조화색 결정 모듈, 미세색 조정 모듈로 나누어진다. 주색 결정 모듈은 사용자의 감성 형용사 입력에 해당하는 색채를 추천하는 부분이며, 조화색 결정 모듈은 주색과 어울리는 색들을 사용자에게 추천하는 모듈을, 그리고 미세색 조정 모듈이란 완성된 색채계획에서 사용자가 자신의 기호에 맞도록 색을 미세하게 조정하는 부분을 의미한다. 주색의 결정과 아울러 주색에 어울리는 조화색 결정 역시 중요한 모듈이다. 본 논문에서는 색채계획 의사결정 보조 시스템에서 조화색 결정에 활용될 수 있는 지식 개입으로 Ostwald 색채 조화론을 채택하였다. 전술한 바와 같이 Ostwald의 색공간과 HMMD의 색공간이 유사하다는 가정 하에 두 색 공간이 호환됨을 가정하고, 요구조건에 타당한 가상공간을 제안하였다. 또한 연속적인 Ostwald 동일 색상면들을 구성하여 다양하고 세분화된 조화색의 추천이 가능하도록 하였다. 이는 사용자가 주색을 선택 하였을 때 추천 조화색에 대한 선택의 폭을 넓히는 방법 계기가 될 수 있음을 의미한다.

본 논문의 연구범위는 색 및 색배열에 관한 조화 문제에만 국한되어 있다. 즉, 색채조화의 면적효과 및 공간의 상하 또는 좌우 등의 위치에 따른 색의 무게감과 균형감 등은 반영하지 않는다는 의미이다. 따라서 본 논문에서 제안하는 방법을 3차원 도메인 공간에서의 색채계획에 적용하기 위해서는 도메인 공간과 공간상의 객체들의 배치에 따른 색 배열 등으로 확장시켜 나갈 필요가 있다.

본 논문의 연구결과는 상업적 목적을 위하여 VRML이나 3D MAX와 같은 3차원 기술과 접목한다면 실내외 공간의 색채계획이나 인테리어의 배색 결정 과정에 사용자의 요구사항을 만족시킬 수 있는 색채계획을 세울 수 있으며, 웹 및 파워포인트 등의 디지털 콘텐츠의 색채계 상용화를 위한 응용 어플리케이션 개발에 첨가되어 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] 김성환 (2006). 색채계획 의사결정 지원 시스템에 관한 연구, 전북대학교 박사학위 논문.

[2] Cieplinski, L, Kim, M., Ohm, J. R., Pickering, M., & Yamada, Y. (2001). Text of ISO/IEC 15938-3/FCD Information technology Multimedia content description interface Part 3 Visual, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N4062, p.30-53.

[3] Nakanishi, S., Takagi, S., & Nishiyama, T.(1992). Color Planning by Fuzzy Set Theory. IEEE Int. Conf. on Fuzzy Systems, vol. 1, pp. 5-20.

[4] Nakanishi, S., Takagi, T & Inamura, S. (1990). Color Harmony by Fuzzy Set Theory, Proceedings of the Int. Conf. on Fuzzy Logic & Neural Networks. vol. 1, pp. 419-422.

[5] Yamada, A, Pickering, M., Jeannin, S., Cieplinski, L., Ohm, J. R., & Kim, M. (2001). MPEG-7 Visual part of experimentation. Model Version 10.0, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N4063, p.20-33.

[6] I.R.I 색채연구소. (2003). 어떤 색이 좋을까? Color Combination, 영진닷컴.

[7] http://www.easyrgb.com

원고접수 : 06.12.01
수정접수 : 07.02.01
게재확정 : 07.03.15