

조화로운 이진색상 추출을 위한 질의처리 방안

(A Query Processing Method for Retrieving Harmonious Binary Colors)

박은영[†] 이기훈^{**} 박영호^{***}
(Eun-Young Park) (Ki-Hoon Lee) (Young-Ho Park)

요약 최근 경제가 발전함에 따라 디자인의 가치를 결정하는 색의 중요성이 점차적으로 높아지고 있다. 본 연구에서 우리는 사용자가 컴퓨터시스템상에서 조화로운 색을 쉽게 찾을 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 기존의 연구들은 색 조화에 관한 규칙을 찾거나 감성적인 언어를 색으로 변환해 주는 연구에 집중하고 있지만 이를 컴퓨터 시스템상에서 체계적으로 모델화하는 것에 대해서는 다루고 있지 않다. 본 논문에서는 색을 매칭하는 용도로 널리 채용되는 색상 모델인 NCS표색계를 관계형 데이터베이스로 매핑하고 대표적인 색 조화론 가운데 하나인 오스트발트 색 조화론을 관계대수로 질의처리 하는 방안을 제안함으로써 색의 조화를 수치화하고 정량화하는 연구를 하였다.

키워드 : 컬러하모니, 색 배색, 컬러 모델링, 질의처리

Abstract Recently, color harmony that decides the value of design is becoming important. In the paper, we propose a method that allows us to easily use harmonious colors in computer systems. Since existing work has focused on finding new color harmony rules or rules that translate emotional words into colors, a method that models these rules in the computer system has not been discussed in depth. In this paper, we model a color system and color harmony rules as a relational database and queries on this database, respectively.

Key words : Color Harmony, Color Combination, Color Modeling, Query Processing

1. 서론

최근 경제가 발달함에 따라 사람들은 의상, 인테리어, 전자제품, 영상 등의 다양한 제품과 매체들의 디자인적 가치를 매우 중요하게 생각하고 있다[1]. 디자인은 형태(shapes)와 색(color) 등과 같은 디자인 요소들이 결합된 것으로 이중에서도 색들 간의 조화가 차지하는 비중

이 매우 높다[2].

인류는 자신의 삶, 감정, 문화, 정서를 표현하는 도구로 색을 이용하여 왔으며 최근에는 컴퓨터 및 인터넷 환경을 중심으로 색의 표현이 더욱 중요시 되고 있기 때문이다. 하지만, 색의 조화가 중요함에도 불구하고 색을 선택하고 배색하는데 어려움을 느끼는 사람들이 많다. 왜냐하면 색에 관한 연구는 전문가들의 지식이었기 때문에 일반인은 조화로운 색에 관해 잘 알지 못하고 주관적인 해석을 하는 경우가 많기 때문이다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 이전의 연구들은 다양한 색 배색에 집중하고 있지만[3,4] 조화로운 색상의 기본적인 문제를 충분히 다루고 있지 않을 뿐만 아니라 이를 컴퓨터 상에서 체계적으로 모델화 하는 방법에 대해서는 깊이 다루고 있지 않다. 본 연구에서는 조화로운 이진색상추출방안을 제안한다. 이진색상 추출이 중요한 이유는 색간의 조화의 기본이 되기 때문이다. 이러한 두 색의 조화이론을 체계화하면 향후 색들간의 조화이론에 확장적용 가능하기 때문이다.

색과 디자인은 느낌으로 판단되어오던 주관적인 분야이지만 컴퓨터 내에서 표현되는 각종 미디어의 색감에

· 본 연구는 숙명여자대학교 2010학년도 교내 연구비 지원에 의해 수행되었음

† 학생회원 : 숙명여자대학교 멀티미디어학과
parkey@sookmyung.ac.kr

** 정 회 원 : KT 중앙연구소
k.h.lee@kt.com

*** 종신회원 : 숙명여자대학교 멀티미디어학과 교수
yhpark@sookmyung.ac.kr

논문접수 : 2010년 8월 23일

심사완료 : 2010년 9월 10일

Copyright©2010 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 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 : 데이터베이스 제37권 제5호(2010. 10)

대한 객관적인 해석이 필요하다. 왜냐하면 색과 조화의 법칙은 최근 컴퓨터로 표현되는 색과 관련된 많은 응용에 활용되고 있기 때문이다. 그러므로 조화로운 색의 실제적인 사용을 위해서는 색에 관한 기본적인 이해와 사용성의 고려가 전제 되어야 한다. 이에 본 연구에서는 사용자가 컴퓨터 시스템상에서 조화로운 배색을 쉽게 할 수 있도록 색의 조화 이론을 수치적으로 해석, 적용하여 변환한다. 이는 정성적 가치를 지닌 이론으로서 색의 조화를 정량적 가치로써 다루기 위함이다. 이를 위해 모든 색을 컴퓨터에 입력하여 데이터베이스화함으로써 색의 조화이론을 실질적으로 조작하고 관리할 수 있도록 하는 새로운 방법을 공헌으로 제안한다. 또한 오스트발트 색 조화론을 관계대수로 표현하여 질의처리하는 방안을 제안한다.

제안된 공헌은 다음과 같이 정리한다.

- 색을 수치화하여 관계형 데이터베이스에 저장하는 방안을 제안한다.
- 저장된 색 데이터베이스 상에서 색의 조화를 추출하기 위해 오스트발트이론을 관계대수로 표현하는 질의처리 방안을 제안한다.

이는 색의 조화를 전문가의 판단이 아닌 컴퓨터의 자동화된 매커니즘으로 신속히 발견할 수 있으며 이는 기존의 색과 관련된 제품 등에서 색의 조화를 발견가능하다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 관련연구를 살펴본다. 3장에서는 본 연구의 배경이론이 되는 NCS 표색계와 오스트발트 색 조화 이론을 소개한다. 4장에서는 NCS 표색계를 기반으로 한 관계형 데이터베이스 저장구조를 모델링 한다. 5장에서는 오스트발트 색 조화 이론을 관계대수로 모델링하고 그에 대한 질의처리 방안을 제안한다. 6장에서는 실험을 통하여 주어진 색과 조화를 이루는 다양한 색의 구성을 볼 수 있도록 결과를 보이고 이를 분석한다. 7장에서는 본 연구의 결론 및 향후 연구에 관하여 요약한다.

2. 관련 연구

본 장에서는 기존의 색 추천 방법과 그들의 특성을 소개한다. 관련연구[5]는 주어진 색과 잘 조화되는 색을 선택하는 방법을 보여준다. 먼저 사용자는 그들이 원하는 느낌을 정확히 표현할 수 있는 단어와 함께 하나의 색을 선택한다. 결과로는 사용자에게 의해 입력 된 감성적인 단어와 일치하는 조화로운 색을 추천한다. 이를 위해 NCD(Nippon Color & Design)[6]를 기반으로 한 퍼지룰(Fuzzy Rules)[7]과 마츠다(Matsuda)의 컬러코디네이션(Color Coordination)[8]을 사용하고 있다. 하지만 최종적으로 추천된 색들의 수가 많다는 문제를 가지고 있다.

관련연구[2]는 사용자의 피부색 및 선호도와 매칭되는 의류의 상의 또는 하의 색을 추천해 주는 방법을 보여주고 있다. 먼저 시스템은 사용자 피부의 RGB 값을 취하며 사용자는 선호도를 반영하기 위한 단어를 선택한다. 단어를 위해서는 5개의 부사(adverbs)를 PCCS[9] 색으로 매칭하기 위한 방법을 사용하며, 다음 단계에서 입력 한 이미지 단어를 8개의 톤으로 각각 변환한다. 최종적으로 우선순위의 색상을 랭킹하기 위하여 문스펜서의 미도(Aesthetic measure of Moonspencer)[10]를 사용하고 있다.

이러한 기존 연구들은 새로운 색 조화를 위한 규칙을 찾거나[3,4] 감성적인 단어를 색으로 변환해 주는 규칙을 찾는데 집중하고 있으며[2,5] 디자인 도메인의 이론으로 존재할 뿐 컴퓨터상에서 체계적으로 모델링 하고 있지 않다. 하지만 본 연구는 이러한 기존 연구들과 달리 NCS 표색계와 오스트발트 색조화론에 기반하여 색의 조화를 수치화함으로써 정성적 대상이었던 색의 조화를 정량화 시킨 연구를 하였으며 각 조화를 데이터베이스 인스턴스로 유지함으로써 효과적인 이미지 검색을 가능하게 하는 근본연구를 하였다.

본 연구의 선행연구로는 [11-13]이 있다. [11]에서 우리는 NCS의 구조를 분석하는 기반 연구를 통해서 이를 수치적인 구조로 분석하였으며, 선행연구 [12]에서는 NCS 적용을 위한 오스트발트의 색조화론을 분석하고 이들의 이론에 NCS 적용을 위한 위상적 매치 방안을 제안하였다. 또한 선행연구 [13]에서는 색 조화를 집합론을 기반으로 해석한 방법을 제안함으로써 다양한 색 연구에 활용하고자 하였다. 본 논문은 이러한 기존의 선행연구를 발전시켜 색의 조화를 관계 대수로 표현하고 이에 대한 실험을 통하여 확장한 차이가 있다.

3. NCS 표색계와 색조화론

본 장에서는 본 연구에서 채택하는 NCS표색계와 오스트발트 색조화론을 소개하고 본 연구에서 사용하는 용어들을 새롭게 정의한다.

3.1 NCS 표색계

NCS는 색의 매칭을 위해 가장 많이 사용되는 표색계로써, 자연색을 기반으로 컴퓨터상에서 구분된 색 표현이 가능하도록 모델링 된 장점을 가진 표색계이다 [14]. 그림 1은 NCS표색계의 구조이다. 그림 1(a)는 NCS표색계의 전체적인 구조를 나타내는 색입체이며 이 색입체를 다른 방향으로 보면 그림 1(b)와 그림 1(c)로 이루어져 있다. 그림 1(b)는 색입체의 상단으로부터 보여지는 구조의 색상환(Y: Yellow, R: Red, G: Green, B: Blue)이며 40개의 순서가 있는 순서화된 시퀀스(Ordered Sequence)이다.

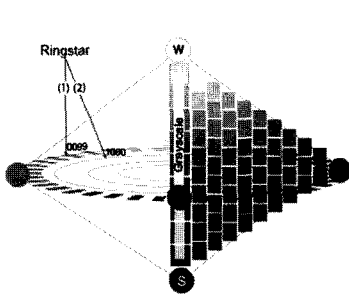


그림 1(a) NCS 색입체

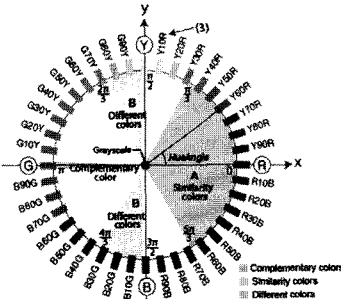


그림 1(b) NCS 색상환

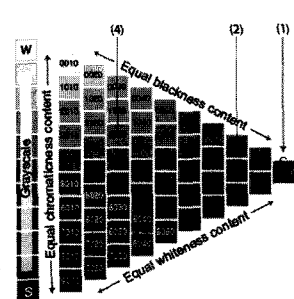


그림 1(c) NCS 등색상 삼각형

그림 1 NCS 표색계의 구조

그림 1(c)는 색입체의 수직단면으로부터 보여지는 등색상 삼각형의 구조이다. 이 등색상 삼각형의 좌측에 위치한 그레이스케일(Gray scale)[15]은 상단의 흰색(White)과 하단의 검정색(Black), 그리고 이 두 색의 중간 색상들로 이루어져 있다. 그림 1(c)의 그레이스케일은 그림 1(a)와 그림 1(b)의 Grayscale과 같다. 링스타(Ringstar) [15]는 같은 백색량과 흑색량을 가진 40개의 색상들이다. 예를 들어 그림 1(a)의 링스타 (1)과 (2)는 그림 1(c)의 (1)과 (2)와 같은 위치에 놓여있다. 이러한 링스타는 나무의 나이테와 유사한 개념으로 그림 1(c)의 각 코드에 대하여 연속된 시퀀스 상의 정보를 가진 55개의 순서화 된 색들로 구성된다.

그림 1(b)는 NCS 표색계의 색상환을 Y, R, B, G 의 네 가지 색상으로 나누고, Y와 R, R과 B, B와 G, 그리고 G와 Y 사이의 색상들을 각각 10단계로 나누어 전체가 40개인 색상으로 구성된다. 그림 1(c)는 NCS 표색계의 등색상 삼각형으로 그림 1(b)의 각 색상에 대한 다양한 순도(chromaticness)와 블랙량(blackness)을 지닌 색들로 구성되어 있다.

그림 1(c)에서 Equal blackness content는 등흑색질의 색들로 등색상 삼각형 내에서 블랙량이 같은 색들로 정의되고, 그림 1(c)에서 W에서 C 방향에 위치한다. Equal chromaticness content는 등순색질의 색들로 등색상 삼각형 내에서 순도의 양이 같은 색들로 정의되고, 그림 1(c)에서 W에서 S 방향에 위치한다. Equal whiteness content는 등백색질의 색들로 등색상 삼각형 내에서 백색량(whiteness)이 같은 색들로 정의되고, 그림 1(c)에서 S에서 C 방향에 위치한다. 백색량의 값은 그림 1(c)의 블랙량과 순도에 의해서 구할 수 있다. 백색량은 다음 식 (1)에 의해 정의되며 100에서 흑색량과 순도의 합을 뺀 값에 의해 구할 수 있다.

$$\text{whiteness} = 100 - (\text{blackness} + \text{chromaticness}) \quad (1)$$

NCS 표색계는 색상, 블랙량, 순도 이 세가지 값으로

표현된다. 예를 들어 2030-Y10R의 두 가지 속성으로 구성되며 앞에 위치한 2030은 두 요소의 값을 조합한 것으로 흑색량과 순도를 의미한다. 등색상 삼각형에서의 2030의 위치는 그림 1(c)의 (4)와 같다. 뒤에 위치한 Y10R은 그림 1(b)의 (3)인 Y10R의 색상 값으로 10퍼센트의 빨강(Red)이 섞인 노랑(Yellow)을 의미한다.

본 논문에서는 다음과 같은 새로운 용어들을 아래와 같이 정의한다.

정의 1. 우리는 한 개의 색상을 의미하는 <Y, 10, R>를 HueTriple로 정의한다. □

정의 2. 정의 1에서 정의된 Hue의 뉘앙스(Nuance)를 의미하는 두 개의 속성, 즉 <blackness, chromaticness>를 NuancePair로 정의한다. □

정의 3. 그림 1(b) 위의 원점에서 하나의 색상(Hue)과 x축을 연결한 두 개의 선 사이에 생기는 각도를 HueAngle로 정의한다. □

3.2 색조화론

색조화론에서 대표적으로 다루고 있는 이론 중 하나인 오스트발트 색조화론은 이해하기 쉽고 그 원리가 명확해서 다양한 디자인 분야에서 사용되고 있다. 색조화론에는 보색조화(Complementary Color Harmony), 이색조화(Different Color Harmony), 유사색조화(Similarity Color Harmony), 등색상 삼각형에서의 조화(Equal Color Triangle Harmony), 다색조화(Polychromatic Harmony) 등이 있다[16].

본 연구에서는 오스트발트 색조화론 가운데 위에서 언급한 다섯 가지 조화를 그림 1(a)의 NCS색입체의 특성에 따라 다음과 같이 세 가지로 구분하여 다룬다.

먼저 링스타를 기반으로 한 보색조화, 유사색조화, 이색조화, 그리고 등색상 삼각형을 기준으로 한 등색상 삼각형에서의 조화, 그리고 링스타와 등색상 삼각형을 동시에 고려한 다색조화로 구분할 수 있다.

보색조화는 색상환에서 반대편에 있는 두 색들 간의

조화를 말하며 등색상 삼각형 내에서 이 두 색들의 위치는 같다[3,15]. 그림 1(b)에서 R의 보색조화에 해당하는 색상은 G이며 서로 반대편에 위치한다.

유사색조화는 색상환에서 인접해 있는 색들의 조화를 말한다[15]. 그림 1(b)에서 R의 유사색조화는 A영역에 위치하는 색상들이며, R로부터 $\pi/3$ 내에 위치한다. 또한 이 색상들의 등색상 삼각형에서의 위치는 서로 같다.

이색조화는 색상환에서 명확하게 대비되는 색들의 조화를 말한다. 또한 이 색상들의 등색상 삼각형에서의 위치는 서로 같다[15]. 그림 1(b)에서 R의 이색조화는 R로부터 $\pi/2$ 에서 $2\pi/3$ 사이에 있는 B 영역에 위치한 색상들이다.

등색상 삼각형에서의 조화는 등색상 삼각형 내에서 등축계열, 등순계열 또는 등백계열에 위치한 색들을 말한다. 다색조화는 등색상 삼각형에서의 조화를 포함할 뿐만 아니라 같은 양의 흑색량, 백색량, 순도를 가지는 링스타인 40개의 색상을 포함한다.

4. NCS 데이터베이스 저장구조

본 장에서는 조화로운 색을 산출하기 위해 NCS 표색계를 기반으로 한 관계형 데이터베이스 저장구조를 모델링 한다. NCS 표색계는 색상(Hue) 블랙량(Blackness), 그리고 순도(Chromaticness)를 가지고 색을 나타낸다.

그러므로 본 연구에서는 이 세 요소들을 기반으로 조화로운 색을 출력한다. 또한 각 색에 대하여 색입체에서의 공간 좌표(위상)를 산출하여 향후 색의 느낌에 관련된거나 사용자 성향을 위치 정보로 활용하는 응용 등에 사용하기 위해 이 세가지 요소들을 가지고 색 시스템을 관계형 데이터베이스(Relational Database)로 매핑하였다.

그림 2는 색 시스템의 데이터베이스 스키마(Database Schema)이다. 이 스키마는 NCS에서 색상을 표현하기 위한 Hue 테이블과 Nuance 테이블, 그리고 색들 사이의 조화 이름을 저장하기 위한 Rule 테이블, 그리고 색들 사이의 조화 관계를 저장하기 위한 TCM 테이블 이렇게 네 개로 이루어진다.

하나의 색에 대한 정보는 Hue 테이블에서 hue를, Nuance 테이블에서 blackness와 chromaticness 이렇게 세 개의 요소로 구성된다.

먼저 Hue 테이블의 애트리뷰트에는 Hue Triple의 첫 번째 색상인 h_first , 두 번째 색상의 함유량인 $strength$, 그리고 두 번째 색상인 h_second 가 있고, hue의 위치정보를 저장하는 h_degree , \cos_x , \sin_y 가 있다. h_degree 는 Definition 3에 의해 정의되는 HueAngle을 저장한다. HueAngle이 주어질 때 마다 그림 1(b)의 x , y 좌표는 $(\cos(\text{HueAngle}), \sin(\text{HueAngle}))$ 의 좌표를 각각 결

```
Hue (seq, h_first, strength, h_second, h_degree, cos_x, sin_y)
Nuance (seqno, blackness, chromaticness, n_degree)
Rule (rule_code, rule_name)
TCM (code, input_color, input_h_first, input_strength, input_h_second,
input_blackness, input_chromaticness, output_color,
output_h_first, output_strength, output_h_second,
output_blackness, output_chromaticness, rule)
```

그림 2 색 시스템의 데이터베이스 스키마

정한다. 그러므로 \cos_x 와 \sin_y 는 x -coordinate와 y -coordinate를 각각 저장한다. seq는 기본 키(primary key)로 각 색상 데이터를 식별한다.

Nuance 테이블의 애트리뷰트는 색상의 흑색량을 저장하는 blackness, 순도를 저장하는 chromaticness가 있다. n-degree는 등색상 삼각형 내에서의 수직선상의 위치를 표현한다. seqno는 기본 키(primary key)로 각 nuance에 대한 정보를 식별한다. Rule 테이블은 색 조화의 이름을 저장하는 rule_name 애트리뷰트와 각 색 조화의 코드를 저장하는 rule_code 애트리뷰트가 있다.

TCM 테이블은 매칭되는 두 색(Two Color Matching)을 의미하며, 이들의 조화 관계를 저장한다. 두 색을 input_color와 output_color 애트리뷰트에 저장하고 rule 애트리뷰트는 이들의 조화관계를 저장한다. rule은 Rule 테이블의 rule_code을 참조한다. 또한 input_h_first, input_strength, input_h_second와 output_h_first, output_strength, output_h_second는 Hue 테이블의 h_first, strength, h_second의 외래 키(foreign keys)이다. input_blackness, input_chromaticness와 output_blackness, output_chromaticness는 Nuance 테이블의 blackness와 chromaticness의 외래 키이다. 코드는 각 데이터를 식별하며, 이를 통해 두 색이 이루는 조화를 밝혀 내어 향후 다양한 활용이 가능하도록 한다.

5. NCS 질의처리 방안

본 장에서는 본 장에서 우리는 색 선택을 위한 질의 처리 방안을 설명한다. 이를 위해 오스트발트 색조환론을 관계대수(Relational Algebra)로 질의처리 하는 방안을 제안한다.

5.1 관련용어정의

질의처리 방안을 제안하기 위해 사용되는 함수 및 변수는 표 1에 정의한다. 사용자가 입력 한 색상을 쿼리 q 로 정의하고, q 를 통해 생성된 결과집합을 R 로 정의한다. 또한 임의의 색상 x 에 대하여 x 의 hue를 Hue_first(x), Hue_strength(x), 그리고 Hue_first(x) 이렇게 세 가지로 정의하고 흑색량을 Black(x), 순도를 Chrom(x)로 정의한다. Min_x와 Max_x는 코사인그래프의 특정

표 1 함수 및 변수 정의 테이블

Symbols	Definitions
q	the query, (i.e., the input color)
R	the result colors
$Hue_first(x)$	the first hue value of a color x
$Hue_strength(x)$	the strength value of a color x
$Hue_second(x)$	the second hue value of a color x
$Black(x)$	the chromaticness value of a color x
$Chrom(x)$	the blackness value of a color x
Min_x, Max_x	the minimum and maximum values on cosine graph
Min_y, Max_y	the minimum and maximum values on sine graph

범위 내에서 최소값과 최대값을 의미한다. Min_y 와 Max_y 는 사인그래프의 특정 범위 내에서의 최소값과 최대값을 정의한 것이다.

입력 쿼리를 처리하기 위해서는 q 를 입력받아 색상 (Hue)을 나타내는 Hue Triple과 흑색량과 순도를 나타내는 Nuance Pair로 분할한다. Hue Triple을 첫 번째 색상을 $Hue_first(q)$, 색상의 강도를 $Hue_strength(q)$, 그리고 두 번째 색상인 $Hue_second(q)$ 로 분할한다. 그리고 Nuance Pair는 $Black(q)$ 와 $Chroma(q)$ 로 분할한다. 만약 q 가 2030-Y10R이면, 결과는 Hue Triple이 $\langle Y, 10, R \rangle$ 이며 Nuance Pair가 $\langle 20, 30 \rangle$ 이다.

5.2 관계대수를 통한 질의처리 과정

본 연구는 색 조화의 관계대수를 제안하는 연구이다. 제안하는 내용은 표 2에 소개한다.

5.2.1 보색조화의 관계대수

3.2절의 색조화론에 기록된 바와 같이 보색조화는 색상환에서 반대편에 위치한 두 색상의 조화를 말한다. 표 2의 (H1)은 보색조화를 구하는 관계대수이다. 이 관계

대수는 Hue 테이블에 관한 선택과 Nuance테이블에 관한 선택으로 연결되어있다. 먼저 Hue 테이블에서 주어진 Hue Angle에 π 를 더한 \cos_x 의 값과 \sin_y 의 값을 선택한다. 다음으로 nuance 테이블에서 주어진 q 의 blackness와 chromaticness의 값을 선택한다. 다음으로 각 테이블에서 선택된 두 개의 값들을 서로 조인한다. 끝으로 조인한 결과들로부터 h_first , $strength$, h_second , $blackness$, 그리고 $chromaticness$ 를 프로젝트(Projection)한다.

즉, 색상의 위상 값인 $\cos X$, $\sin Y$ 를 통해 hue table에서 얻은 tuple과 nuance 테이블에서 얻은 tuple을 조인하여 보색관계에 있는 조인된 색 정보를 얻을 수 있다.

5.2.2 유사색조화의 관계대수

3.2절의 색조화론에 기록된 바와 같이 유사색조화는 색상환에서 인접해 있는 색상들의 조화를 말한다. 표 2의 (H2)는 유사색조화를 구하는 관계대수이다. 이 관계대수는 Hue 테이블에 관한 선택과 Nuance테이블에 관한 선택으로 연결되어있다.

유사색조화를 찾는 경우에는 HueAngle로부터 $\pi/3$ 사이에 위치한 색상들을 선택한다. 이를 위해 원 그래프에서 x 와 y 의 범위를 찾는 Min_Max 함수를 호출한다. Min_Max 함수는 HueAngle을 인자로 받아 유사색조화의 범위에 해당하는 $\cos(x)$ 와 $\sin(y)$ 의 최대, 최소값을 계산한다. 이를 통해 Hue 테이블에서 주어진 Min_x 와 Max_x 사이에 위치한 \cos_x 의 값들과 Min_y 와 Max_y 사이에 위치한 \sin_y 의 값들을 선택한다. 그리고

표 2 제안하는 색 조화의 관계대수

색 조화	관계대수	
(H1) 보색조화	$\Pi_{h_first, strength, h_second, blackness, chromaticness} ((\sigma_{\cos_x = \cos(HueAngle + \pi)} \text{ AND } \sin_y = \sin(HueAngle + \pi)) (Hue)) \times (\sigma_{blackness = Black(q)} \text{ AND } chromaticness = Chrom(q)) (Nuance))$	
(H2) 유사색조화	$\Pi_{h_first, strength, h_second, blackness, chromaticness} ((\sigma_{\cos_x >= Min_x[0]} \text{ AND } \cos_x <= Max_x[0]} \text{ AND } \sin_y >= Min_y[0]} \text{ AND } \sin_y <= Max_y[0]} (Hue)) \times (\sigma_{blackness = Black(q)} \text{ AND } chromaticness = Chrom(q)) (Nuance))$	
(H3) 이색조화	$\Pi_{h_first, strength, h_second, blackness, chromaticness} ((\sigma_{(\cos_x >= Min_x[0]} \text{ AND } \cos_x <= Max_x[0]} \text{ AND } \sin_y >= Min_y[0]} \text{ AND } \sin_y <= Max_y[0]} \text{ AND } (\cos_x >= Min_x[1]} \text{ AND } \cos_x <= Max_x[1]} \text{ AND } \sin_y >= Min_y[1]} \text{ AND } \sin_y <= Max_y[1]}) (Hue)) \times ((\sigma_{blackness = Black(q)} \text{ AND } chromaticness = Chrom(q)) (Nuance)))$	
(H4) 동색상 삼각형 조화	(H4_1) 동곡계열조화	$\Pi_{h_first, strength, h_second, blackness, chromaticness} ((\sigma_{h_first = Hue_first(q)} \text{ AND } strength = Hue_strength(q)} \text{ AND } h_second = Hue_second(q)) (Hue)) \times (\sigma_{blackness = Black(q)} (Nuance))$
	(H4_2) 동순계열조화	$\Pi_{h_first, strength, h_second, blackness, chromaticness} ((\sigma_{h_first = Hue_first(q)} \text{ AND } strength = Hue_strength(q)} \text{ AND } h_second = Hue_second(q)) (Hue)) \times (\sigma_{chromaticness = Chrom(q)} (Nuance))$
	(H4_3) 동백계열조화	$\Pi_{h_first, strength, h_second, blackness, chromaticness} ((\sigma_{h_first = Hue_first(q)} \text{ AND } strength = Hue_strength(q)} \text{ AND } h_second = Hue_second(q)) (Hue)) \times (\sigma_{blackness + chromaticness = Black(q) + Chrom(q)} (Nuance))$
(H5) 다색조화	$\Pi_{h_first, strength, h_second, blackness, chromaticness} (\sigma_{blackness = Black(q)} \text{ AND } blackness + chromaticness = Black(q) + Chrom(q)} (Nuance))$	

Nuance 테이블에서 주어진 입력 값과 동일한 값을 지닌 blackness와 chromaticness 값을 선택한다.

끝으로 각 테이블에서 선택된 두 개의 값들을 서로 조인한다. 조인된 결과들로부터 h_first, strength, h_second, blackness, chromaticness를 프로젝션한다.

5.2.4 이색조화의 관계대수

3.2절의 색조화론에 기록된 바와 같이 이색조화는 색상환에서 명확하게 대비되는 색상들간의 조화를 말한다. 표 2의 (H3)은 이색조화를 구하는 관계대수이다. 이 관계대수는 Hue 테이블에 관한 선택과 Nuance테이블에 관한 선택으로 연결되어있다.

이색조화를 찾는 경우에는 HueAngle로 부터 시계 방향 및 시계 반대방향으로 $\pi/2 \sim 2\pi/3$ 사이에 위치한 색상들을 선택한다. 이를 위해 원 그래프에서의 이색조화의 범위를 찾는 Min_Max 함수를 호출하게 된다. 이를 통해 Hue테이블에서 주어진 Min_x와 Max_x 사이에 있는 cos_x의 값들과 Min_y와 Max_y 사이에 있는 sin_y의 값들을 선택한다. 다음으로 nuance 테이블에서 주어진 q와 동일한 값을 가지는 blackness 값과 chromaticness 값을 선택한다. 다음으로 두 테이블에서 선택된 값들을 서로 조인한다. 조인된 결과에서 h_first, strength, h_second, blackness, chromaticness를 프로젝션한다.

5.2.5 등색상 삼각형 조화의 관계대수

3.2절의 색조화론에 기록된 바와 같이 등색상 삼각형의 조화는 등색상 삼각형 내에서 흑색량, 순도, 그리고 백색량이 각각 동일한 색들의 조화를 말한다. 표 2의 (H4)는 등색상 삼각형조화를 구하는 관계대수로 (H4_1), (H4_2), 그리고 (H4_3)으로 구분된다.

(H4_1)은 등흑계열의 색을 구하는 관계대수이다. 먼저 Hue 테이블에서 주어진 q의 h_first, strength, h_second 값을 선택하고 nuance 테이블에서 주어진 q의 blackness값을 선택한다. 다음으로 각 테이블에서 선택된 두 개의 값들을 서로 조인한다. 조인된 결과에서 h_first, strength, h_second, blackness, chromaticness를 프로젝션한다.

(H4_2)는 등순계열의 색을 구하는 관계대수이다. 먼저 Hue 테이블에서 주어진 q에 대한 h_first, strength, h_second의 값을 선택하고 nuance 테이블에서 주어진 q의 chromaticness 값을 선택한다. 다음으로 각 테이블에서 선택된 두 개의 값들을 서로 조인한다. 조인된 결과로부터 h_first, strength, h_second, blackness, chromaticness를 프로젝션(projection)한다.

(H4_3)은 등백계열의 색을 구하는 관계대수이다. 먼저 Hue 테이블에서 주어진 q에 대한 h_first, strength, h_second의 값을 선택한다. 다음으로 Nuance 테이블에

서 blackness와 chromaticness의 합이 주어진 q의 blackness와 chromaticness의 합과 동일한 값들을 선택한다. 이러한 이유는 3.1절의 식 (1)에 의해 백색량이 같은 색들은 흑색량과 순도의 합이 같기 때문이다. 그리고 나서 이들의 값을 조인한다. 조인된 결과로부터 h_first, strength, h_second, blackness, chromaticness를 프로젝션한다.

5.2.5 다색조화의 관계대수

다색조화는 등색상 삼각형조화와 링스타의 조화를 함께 포함하고 있다. 표 2의 (H5)는 링스타를 구하는 관계대수이다. 링스타는 입력 색상과 동일한 양의 흑색량 및 백색량을 지닌 색들을 찾는다. 이를 위해Nuance 테이블에서 주어진 q의 blackness 값 및 blackness와 chromaticness의 합이 동일한 값들을 선택한다. 이들의 결과로부터 h_first, strength, h_second, blackness, chromaticness를 프로젝션(projection)한다.

6. 실험 및 분석

본 장에서는 입력 색상에 대해서 (H1)~(H5)까지의 조화 규칙을 연속수행 시킴으로써 주어진 색과 조화를 이루는 다양한 색의 구성을 한 눈에 볼 수 있도록 각 색조화에 대한 결과들을 출력하였다. 이러한 실험의 목적은 사용자가 선택한 색과 조화로운 관계에 있는 색들을 쉽게 찾고 이들을 서로 배색하기 편리하게 함에 있다.

그림 3은 입력 색상이 0090-0R일 때의 각 조화에 따른 색 그룹을 보여 주고 있다. 0090-R은 흑색량이 포함되지 않으면서 순도를 90퍼센트 가지고 있는 맑은 채도의 빨강색이다.

그림 3의 (H1)은 입력 색상과 같은 블랙량과 순도를 가지면서도 색상환에서 맞은 편에 위치한 맑은 느낌의 녹색을 출력하여 보색조화 관계를 보여주고 있다. (H2)는 입력 색상과 유사색조화의 관계에 있는 결과이다. 이 색들은 NCS색상환(그림 1(b))에서 입력 색상과 근접하게 위치한 12개의 색들이며 블랙량과 순도는 모두 입력 색상과 동일한 0090의 값을 가진 맑고 밝은 톤의 색들이다. (H3)은 색상환에서 입력 색상을 기준으로 시계방향 및 시계 반대방향으로 $\pi/2 \sim 2\pi/3$ 거리에 있는 8개의 이색조화의 관계에 있는 색들이며 맑고 밝은 톤을 가진 색들임을 볼 수 있다.

(H4)는 등색상 삼각형에서의 조화 관계에 있는 색들을 출력하고 있다. (H4_1)은 입력 색상과 같이 흑색량을 포함하지 않으면서도 색상 값이 R인 등흑계열의 색들이다. (H4_2)는 입력 색상과 같이 60퍼센트의 순도를 가지면서 색상 값이 R인 등순계열의 색들이다. (H4_3)은 입력 색상과 같은 백색량을 가진 R의 등백계열의 색들이며 이 등백계열의 색들은 흑색량과 순도를 더하면

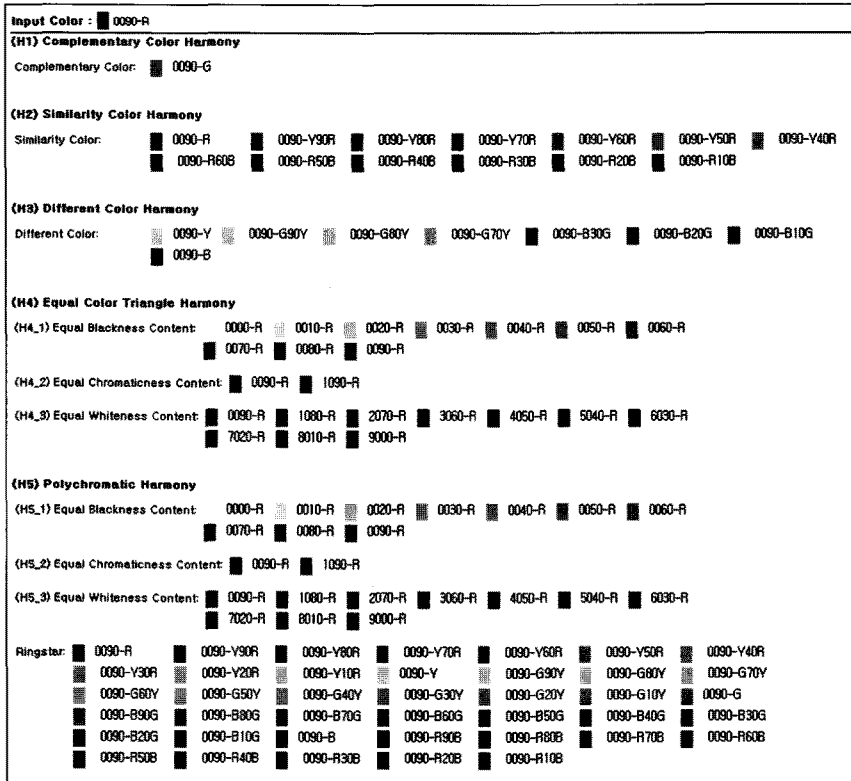


그림 3 입력 색상 0090-R의 색 조화 실험결과

모두 60인 공통성을 가지고 있다. 등색상 삼각형에서의 조화는 색상이 모두 R인 빨강색이면서 백색량과 흑색량의 변화를 갖는 색들로 이루어져 있음을 볼 수 있다.

(H5)는 다색조화의 관계에 있는 색들이다. 다색조화의 (H5_1)부터 (H5_3)의 결과는 (H4_1)부터 (H4_3)까지의 결과와 동일하다. 또한 다색조화에는 39개의 링스타를 포함하고 있다. (H5)의 링스타는 NCS의 색상환에 있는 모든 색들을 출력하게 되는데 이 색들은 동일한 흑색량과 백색량을 갖는 공통 속성에 의해 조화로우며 느낄 수 있다.

7. 결론 및 향후 연구

색과 디자인은 느낌으로 판단되어 오던 주관적인 분야이다. 본 연구에서는 특정 색과 어울리는 색을 정성적이 아닌 정량적으로 밝혀 색의 조화를 수치적으로 표현하였다. 이를 위해 NCS를 색 데이터베이스로 모델링하고 오스트발트 색조화론을 각각 질의로 변환하는 방법을 제안함으로써 색과 색간의 조화를 밝히는 방법을 제안하였다. 이러한 연구는 사용자 자신이 선호하는 색과 조화를 선정하는데 기본적인 자료로 활용가능하며 입력 값이 이미지 형태인 새로운 질의 처리 방안의 시작이

될 수 있다. 또한 컴퓨터를 이용한 영 유아의 올바른 색채교육, 사용자 맞춤형 디자인을 가진 제품 마케팅, 각종 느낌의 색을 통한 색 치료, 그리고 느낌을 통한 대상을 검색 하는 등 다양한 색 응용에 관련된 연구에 적용할 수 있다.

본 연구에서는 색상조화이론을 수치적으로 해석, 적용하여 색의 조화를 정량적으로 하였다. 향후 연구에서는 색의 조화에 대한 정량적인 측정 결과와 함께 정성적인 측정결과의 차이를 보이고 이를 통한 사용자 맞춤형 색 추천 방안을 연구하기로 한다.

참고 문헌

[1] Yu-Chum Shen et al., "Quantitative Evaluation of Color Harmony via Linguistic-Based Image Scale for Interior Design," In *COLOR research and application*, vol.21, no.5, p.353, Oct. 1996.
 [2] Shih-Wen Hsiao et al., "A Computer-Assisted Colour Selection System Based on Aesthetic Measure for Colour Harmony and Fuzzy Logic Theory," In *COLOR research and application*, vol.33, no.5, pp.411-423, Oct. 2008.
 [3] Li-Chen Ou. and M. Ronnier Luo, "A Colour Harmony Model for Two-Colour Combinations,"

- In *COLOR research and application*, vol.31, no.3, pp.191-204, June. 2006.
- [4] Boris Oicherman et al., "Adaptation and Colour Matching of Display and Surface Colours," In *COLOR research and application*, vol.34, no.3, pp.182-191, Oct. 2009.
- [5] Masataka Tokumaru et al., "A Color Design Support System Considering Color Harmony," In *Fuzzy Systems*, vol.1, pp.378-383, 2002.
- [6] K. N. Plataniotis et al., "Color Image Processing and Applications," Springer, 2000.
- [7] Zimmermann HJ., "Fuzzy set theory and its applications," Kluwer, 1985.
- [8] Matusda, "Color Design," Asakura Shoten, 1995.
- [9] Kobayachi Mitsuo et al., "Mathematical Relation among PCCS Tones, PCCS Color Attributes and Munsell Color Attributes," In *Journal of the Color Science Association of Japan*, vol.25, no.4, p.249, 2001.
- [10] P. Moon and DE. Spencer, "Aesthetic measure applied to color harmony," In *Journal of the Optical Society of America*, vol.34, no.4, pp.234-242, 1944.
- [11] 박은영, 박영호, "NCS 표색계 구조 및 수치적 변환 연구", 2010년도 한국정보처리학회 춘계 학술발표대회, April 2010.
- [12] 박은영, 박영호, "색 조화론 적용을 위한 위상적 매치 방안", 2010년도 한국정보처리학회 춘계 학술발표대회, April 2010.
- [13] Eun-Young Park, Ki-eun Lee and Young-Ho Park, "Harmonious Color Combination Rules based on Natural Color System," In *2010 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology*, vol.3, pp.403-407, Jul. 2010.
- [14] "Wikipedia", http://en.wikipedia.org/wiki/NCS_color_system
- [15] Ostwald W., "Die Farben fibel," Van Nostrand Reinhold, 1969.
- [16] Anders Hard and Lars Sivik, "A Theory of Colors in Combination—A Descriptive Model Related to the NCS Color-Order System," In *COLOR research and application*, vol.26, no.1, pp.4-28, Feb. 2001.



박은영

2007년 숙명여자대학교 멀티미디어학과(학사). 2001년 숙명여자대학교 산업디자인학과(석사). 2007년~현재숙명여자대학교 멀티미디어학과(박사과정 수료). 관심분야는 색채, 멀티미디어 콘텐츠, 디지털디자인



이 기 훈

2000년 2월 KAIST 전자전산학과 전산학전공(학사). 2002년 8월 KAIST 전자전산학과 전산학전공(석사). 2009년 2월 KAIST 전자전산학과 전산학전공(박사) 2009년 3월~2010년 1월 KAIST 정보전자연구소 박사후연구원. 2010년 2월~현재 KT 종합기술원 중앙연구소 선임연구원. 관심분야는 XML 데이터베이스, 정보 검색, 질의 최적화



박영호

1992년 동국대학교공과대학 컴퓨터공학과(학사, 석사). 2005년 한국과학기술원 전산학과(공학박사). 2006년 3월~현재 숙명여자대학교 이과대학 멀티미디어학과 조교수. 관심분야는 데이터베이스관리시스템, 정보검색, XML, Telecommunication System