

퍼지 이론을 이용한 색채혼합 시스템 구성

김민철, 이명원, 권순학, 이달해
영남대학교 전기전자공학부

A Fuzzy Logic-based Color Estimation System

Min-chul Kim, Myung-won Lee, Soon H. Kwon, Dal-hae Lee
School of Electrical & Electronic Eng., Yeungnam University
E-mail : j4270198@chuma.yeungnam.ac.kr

요 약

본 논문은 색료의 삼원색인 빨강, 노랑 및 파랑을 적절히 혼합하는 경우에 나타나는 색채를 추론하는 문제에 대하여, 퍼지이론을 적용하여 결과를 추론하는 문제를 다루고 있다. 즉, 인간이 색료의 혼합에 있어서 행하는 과정을 모사한 퍼지규칙을 바탕으로 삼원색의 색료가 일정 분량씩 혼합된 경우, 결과적으로 나타나는 색을 직접 실험을 통하지 않고 추론할 수 있는 시스템을 구축하고 있다. 또한, 구축된 시스템에 대하여 여러 가지 예를 통한 모의 실험을 수행하여, 본 연구에서 구축된 색채혼합 시스템의 타당성을 검증하였다.

1. 서론

색의 혼합 결과는 각 색채의 혼합 후에 전혀 다른 색상이 되기 때문에 일반적으로 색채혼합에 있어서 전문가의 경험을 바탕으로 하여 원하는 색상을 얻는다. 따라서, 경험적 지식이 미약한 초보자인 경우, 전문가적 경험과 지식을 얻는데 있어서, 많은 시간과 노력을 필요로 하고, 또한 각 원색의 혼합 비율에 대한 개념이 개개인마다 조금씩 다를 수 있기 때문에, 즉, 개개인의 혼합정도에 따른 애매성이 존재하여 색 혼합의 결과도 달라지게 된다.

본 논문에서는, 색료의 삼원색인 빨강, 노랑 및 파랑을 적절히 혼합하는 경우에 나타나는 색채를 추론하는 문제에 대하여, 퍼지 이론[4]을 적용하여 결과를 추론하는 문제를 다루고 있다. 색의 혼합은 서로에 대한 상대적인 양에 따라서 결과가 달라지므로 혼색을 위한 색료의 양적 비율을 조건부 변수로 하였고, 결론부 변수는 세 가지 색을 각각 120도의 위치에 등분할 하여서 설계하였기 때문에, 추론 결과는 색상의 위치를 나타내기 위한 원주상의 각도와 명도의 저하에 따른 검은색에 대한 비로 설정하였다.

2. 색채 체계[1]

일상 사용하는 'Color'라는 단어는 기본적으로 두 가지

의 다른 의미로 사용된다. 일반적으로 통용되는 정의에 따르면 채색화에 사용되는 재료나 색채물질을 지칭할 때는 '유채색안료(Chromatic pigment)'라 불러야 하며, 이러한 재료에 의해 나타나는 여러 파장의 특정 광파로 자극되었을 때 우리의 눈이 자극하는 것을 '색채'라 불러야 한다. 이 색들 중에서 가장 기본이 되는 색을 원색(Primary color)이라 한다. 원색에 대한 정의는 가법혼색(빛의 혼색)의 기본 광선에 의한 것으로만 간주된다. 그러나 감법혼색(물감의 혼색)의 세가지 기본 안료를 언급하는 용어로서의 사용도 일반적이며, 이것은 기본색(Basic color)이라 불리어진다.

2종 이상의 다른 색을 혼합하면 비율에 따라 그들과 다른 색을 만들 수 있다는 여러 학자에 의해 이루어졌고, 이와 같이 많은 색을 만들어 낼 수 있는 최소의 색에 대한 학설로는 Weber의 5원색설, Hering의 4원색설, D. Brewster의 3원색설, Young-Helmholtz의 3원색설 등 다양한 학설이 있다[3]. 또한 2개 이상의 색광이나 색필터 또는 색료 등을 서로 혼합하여 다른 색채 감각을 일으키는 것을 색혼합(Color mixing)이라고 하며 다음의 원리에 따른다[2].

1. 각각의 색은 하나의 보색을 갖는다.
2. 보색이 아닌 두 개의 색을 혼합하면 중간색을 나타내며, 또 그것은 분량이 많은 쪽의 색에 가까운 색이 된다.
3. 같은 파장의 색을 혼합하면 항상 같은 파장의 색을 낳는다.

색의 혼합에는 색광의 혼합외에도 색료의 혼합의 경우가 있으며, 기본 유형들은 다음의 세 종류의 원색이론과 관계한다.

1. 색료의 3원색 : 빨강, 노랑, 파랑
2. 색광의 3원색 : 빨강, 초록, 청자
3. 생리적(시각적) 4원색 : 빨강, 노랑, 초록, 파랑

색료의 3원색은 엄밀히 말해서 빨강, 파랑, 노랑이 아니라 자주에 가까운 빨강인 마젠타(Magenta)와 순노랑(Zanth)과 초록에 가까운 파랑인 시안(Cyan)이다. 그러나, 본 논문은 우리가 일반적으로 알고 있는 색료의 3원색인 빨강, 파랑, 노랑을 원색이라 칭하고 이들의 혼합정도에 따른 색료의 혼합 결과를 퍼지추론방식으로 얻고자 한다. 이런 색료의 혼합은 감색혼합(Subtractive mixture)이며 염료혼합, 물감의 혼합 등 색채 혼합 현상으로 혼합하면 할수록 명도, 채도가 떨어지고, 색상환에서 근거리 혼합은 중간색이 나타나며, 원거리 색상의 혼합은 명도, 채도가 저하되어 회색에 가깝고, 보색끼리의 혼합은 검정색에 가까워지게 된다.

3. 퍼지 추론 시스템

본 논문에서 구성한 색채 추론 시스템의 구성은 아래와 같다.

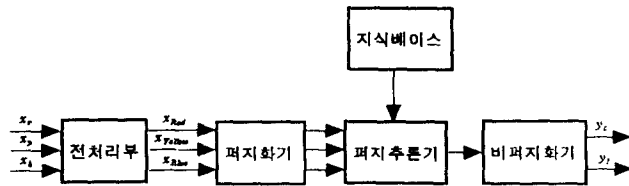


그림 1. 전체 시스템 블록 선도

이하에서는 각각의 부분에 대하여 구체적으로 설명하기로 한다.

3.1 조건부 변수의 설계

보편적으로 퍼지 규칙을 설계하려면 먼저 퍼지 규칙의 조건부 및 결론부에서 사용될 변수들을 설정해야 한다. 먼저 전처리부로서, 색의 혼합은 서로에 대한 상대적인 양에 따라서 그 결과가 달라지게 되므로 혼색을 하기 위한 세가지 기본색료인 빨강, 파랑, 노랑의 양적 비율을 얻기 위한 과정이다.

즉, 입력된 세가지 색료의 양, x_r, x_y, x_b 에서, 다음과 같은 순서로 전처리 과정을 행한 후 각각의 소속도 함수의 x 축 변수 값으로 설정한다.

순서 1: $x_{max} = \max(x_r, x_y, x_b)$

2. $x_{Red} = \frac{x_r}{x_{max}}$

3. $x_{Yellow} = \frac{x_y}{x_{max}}$

4. $x_{Blue} = \frac{x_b}{x_{max}}$

각 조건부 변수의 소속도 함수는 삼각형 모양으로 선정하였으며, 그 언어 변수는 (S, M, B)의 3개의 영역으로 분할하였다. 여기서 S는 Small, M는 Medium, B는 Big을 의미한다.

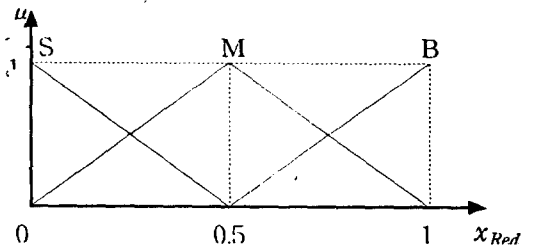


그림 2. 조건부 변수 빨강의 소속도 함수

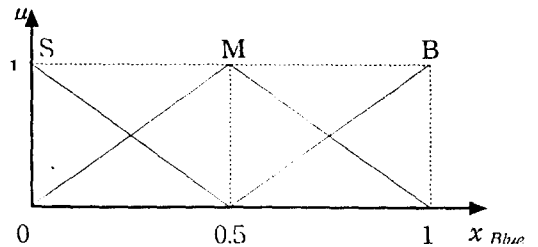


그림 3. 조건부 변수 파랑의 소속도 함수

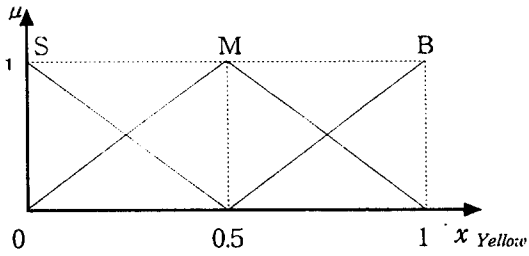


그림 4. 조건부 변수 노랑의 소속도 함수

3.2 결론부 변수 설계

결론부 변수는 색상환 상의 임의의 색을 가리키는 각도 (θ)와 혼합색의 밝기 정도인 명도(Lightness)를 가리키는 반경(r)인 두 가지로 설정하였다.

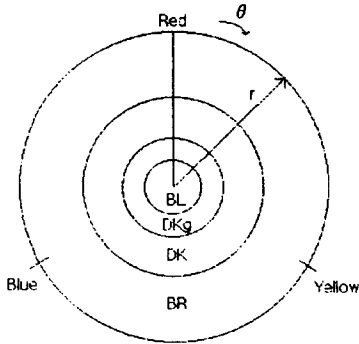


그림 5. 색상 추론에 대한 각도와 반경의 관계

각도에 대한 언어 변수는 다음과 같고, 색채 혼합의 기초로서 우선 빨강, 노랑, 파랑의 제1차색을 기준으로 하여 주황, 녹색, 보라에서 발전한 12색상환을 참고로 하여 다음의 언어변수로 설정하였으며, 이들의 소속도 함수를 그림 6에 나타내었다.

각도의 언어 변수

$$= \{R, rO, O, yO, Y, yG, G, bG, B, bP, P, rP\}$$

R : Red,	rO : Pale Red Orange
O : Orange,	yO : Pale Yellow Orange
Y : Yellow,	yG : Pale Yellow Green
G : Green,	bG : Pale Blue Green
B : Blue,	bP : Pale Blue Purple
P : Purple.	rP : Pale Red Purple

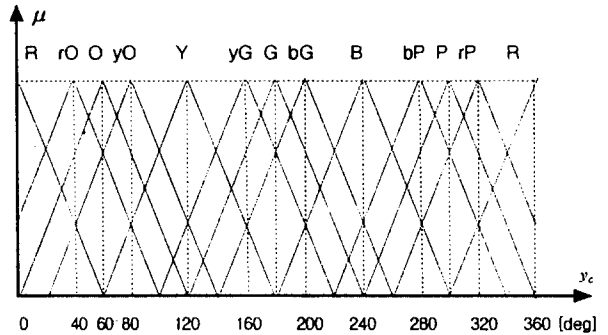


그림 6. 각도에 대한 소속도 함수

반경의 언어 변수에 속한 퍼지 집합들의 소속도 함수는 다음 그림7과 같고, 그 언어 변수는

반경의 언어 변수 = {BR, DK, DKg, BL}

BR : BRight,	DK : DarK,
DKg : DarK gray,	BL : BLack

와 같다.

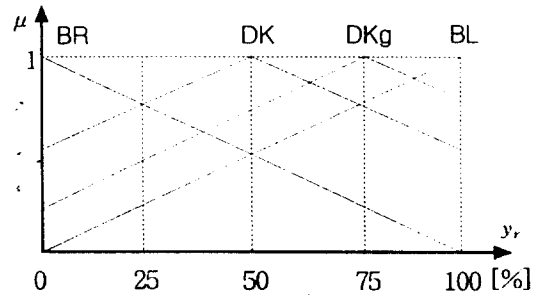


그림 7. 반경(r)에 대한 소속도 함수

3.3 퍼지 추론규칙의 설계

3.3.1 색(각도)을 결정하는 퍼지규칙

조건부의 세가지 색 중 가장 작은 값의 색을 제외시킨 후 남아있는 두 색의 값의 비율에 따라 결론부 색을 결정한다.

예를 들면,

IF Red is M, Yellow is S and Blue is B then Color is bP

인 경우 가장 작은 것을 기준으로 색을 제외시키면

Yellow가 제외된다. 그리고 남아있는 빨강과 파랑의 비율에 의해 추론되는 색은 bP(Pale blue purple)가 된다.

3.3.2 명도(반경)를 결정하는 퍼지규칙

전체 절대치의 합을 기준으로 최대로 만들 수 있는 검은색 값의 비로 결정한다. 여기서 최대로 만들 수 있는 검은색이란 조건부 변수에서 가장 낮은 절대치의 3배값이 되며, 다음의 순서에 따른다.

순서 2: 1. $x_{\min} = \min\{x_{Red}, x_{Yellow}, x_{Blue}\}$
 2. $x' = 3 * x_{\min}$
 3. $x_{den} = x_{Red} + x_{Yellow} + x_{Blue}$
 4. $x_i = \frac{x'}{x_{den}} [\%]$

이는

IF Red is M, Yellow is S and Blue is B then Lightness is BR

와 같은 규칙에서 전체 절대치의 합은 Red가 50, Yellow 10, Blue는 100이므로 160이 되고 최대로 만들 수 있는 검은색 값은 조건부 변수 중 가장 작은 값이 10이므로 이것의 3배인 30이 된다. 따라서 전체의 양 중 검은색이 차지하는 양은 30/160인 18.7%가 되며 이는 BR의 영역에 해당된다. 다음 표는 이러한 과정을 통해 얻어진 각도와 반경에 대한 퍼지 규칙을 나타내었다.

표 1. 퍼지 규칙

x_{Red}	x_{Yellow}	x_{Blue}	Angle(θ)	Radius(r)
S	S	S	.	BL
S	S	M	B	BR
S	S	B	B	BR
S	M	S	Y	BR
S	M	M	G	BR
S	M	B	bG	BR
S	B	S	Y	BR
S	B	M	yG	BR
S	B	B	G	BR
M	S	S	R	BR
M	S	M	P	BR
M	S	B	bP	BR
M	M	S	O	BR
M	M	M	.	BL
M	M	B	B	DK
M	B	S	yG	DKg
M	B	M	Y	DK

x_{Red}	x_{Yellow}	x_{Blue}	Angle(θ)	Radius(r)
M	B	B	G	DK
B	S	S	R	BR
B	S	M	rP	BR
B	S	B	P	BR
B	M	S	rO	BR
B	M	M	R	DKg
B	M	B	P	DK
B	B	S	O	BR
B	B	M	O	DK
B	B	B	.	BL

4. 모의 실험 결과 및 검토

모의 실험은 색료의 삼원색인 빨강, 노랑, 파랑의 상대적 양을 혼합했을 경우, 색상을 나타내는 각도와 명도를 나타내는 반경으로 출력하였다. 또한, 모의 실험 결과를 통하여 인간이 감각적으로 행하는 과정을 통한 근사적 값과 비슷하게 추론할수 있음을 증명하였다. 아래 그림은 모의실험의 결과를 보여준다. 모두 세 개의 부분으로 구성되어 있으며, 원이 그려진 부분이 각도(색)와 반경(명도)을 나타낸다. 그림에서 오른쪽 위의 부분은 실제로 명도가 어느 정도인지를 시각적으로 나타내며, 이때 세모 모양의 화살표가 가르키는 것이 명도의 값이다. 화면 아래 부분은 사용자가 입력한 각각의 색의 값을 전체 100%중 퍼센트로 나타내고, 또한 출력된 그때의 각도와 반경의 값을 출력한다.

[예제 1] : Red = 1.0, Yellow = 1.0, Blue = 1.0일때

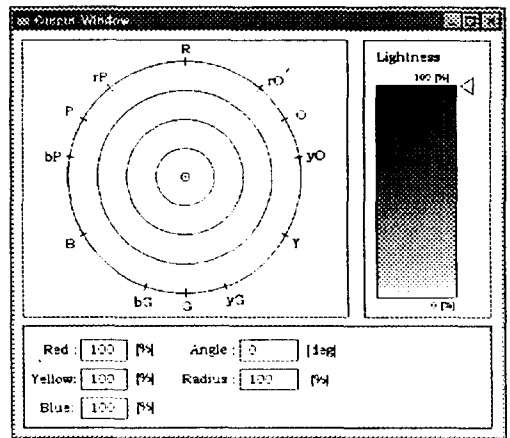


그림 8. Red=1.0, Yellow=1.0, Blue=1.0일때의 각도와 반경

결과를 보면 빨강, 노랑, 파랑을 모두 1.0으로 입력했을

경우, 각도와는 관계없이 명도는 순서 2에 의해 100%인 검은색으로 출력된다.

[예제 2] : Red = 0.5, Yellow = 1.0, Blue = 0.5일때

0.5의 빨강과 파랑, 1.0의 노랑을 입력으로 했을 경우, 조건부 변수는 각각 순서 1에 의해 빨강, 노랑, 파랑의 상대적 비율인 50%, 100%, 50%가 된다. 빨강과 파랑의 상대적 양이 같고 노랑의 양이 크기 때문에 빨강과 파랑의 중간 각도인 120도로 근접하고, 명도는 순서 2에서 논의된 식에 의해 계산된 75%에 근접함을 알 수 있었다.

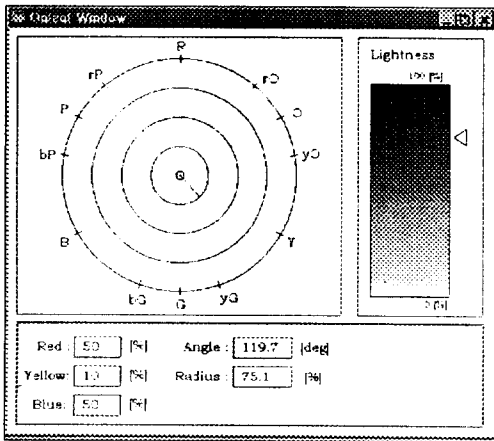


그림 9. Red=0.5, Yellow=1.0, Blue=0.5일때의 각도와 반경

[예제 3] : Red = 0.5, Yellow = 0.5, Blue = 0.0일때

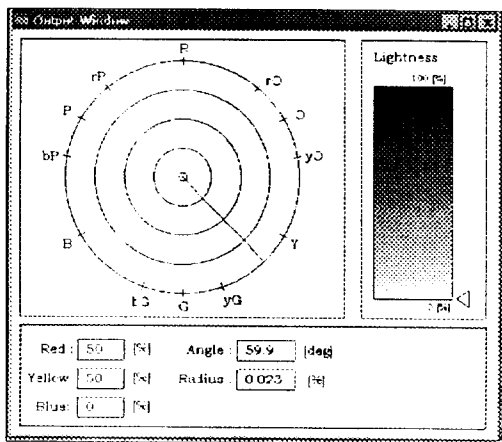


그림10. Red=0.5, Yellow=0.5, Blue=0.0일때의 각도와 반경

순서 1에 의해 빨강의 상대적 비율은 100%, 노랑은 100%이고 파랑은 0%가 된다.

조건부 변수의 빨강과 노랑의 상대적 양이 같기 때문에 출력될수 있는 각도는 그 중간인 240도와 60도 중, 파랑의 상대적 양이 0%이기 때문에 출력 각도는 60도이고 모의 실험으로 이 값에 근접함을 알 수 있었다.

또한, 명도는 순서 2에 의하여 0%가 출력되고 이때, 0%라는 것은 입력된 순색과 같은 명도를 뜻한다.

5. 결론

본 논문은 색료의 삼원색인 빨강, 노랑, 파랑의 세 가지 기본 색채를 혼합했을 경우 나타나는 색을 퍼지 추론을 이용하여 추론하는 문제를 다루었다.

색채의 혼합은 서로에 대한 상대적인 양에 따라서 결과가 달라지므로 혼색을 위한 색료의 양적 비율을 조건부 변수로 하였고, 결론부 변수는 빨강을 0도로 기준으로 하여 각각의 기본색을 120도의 위치에 나누어서 설계하였기 때문에 색상의 위치와 명도의 변화에 따른 반경으로 설정하였다. 추론된 결과치는 감각적인 분할로 이루어진 면셀의 색상환의 경우와는 다르며, 본 논문이 제안하는 색상의 상대적인 혼합비에 따른 결과에 대한 것과는 차이가 있음을 염두해야 한다.

또한 색의 강도의 변화, 즉 채도의 변화를 고려하지 않은 순색에 대한 혼합만 추론해 보았기 때문에 향후 채도의 변화에 따른 색상의 혼합에 대한 추론도 연구되어야 할 것이다. 실험을 통한 소속함수값들의 미세 조정 역시 고려되어야 한다.

참고 문헌

- [1] 고을환외, "디자인을 위한 색채계획," 미진사, 1994.
- [2] 박은주, "색채조형의 기초," 미진사, 1995.
- [3] 심명섭외, "공간을 위한 색채이론," 보성각, 1996.
- [4] R.Kruse, "Foundations of Fuzzy Systems," Wiley, 1994.
- [5] 이광형외, "퍼지이론 및 응용", 홍문과학출판사, 1992.
- [6] 김현옥, 이양관, "색상혼합의 결과 추론을 위한 퍼지 추론장치 설계," 영남대학교 전기공학과 학사논문, pp. 8 - 13, 1996.