

# 퍼지 유사도 평가를 이용한 천연색상 인식 알고리즘

김연태 · 김성신

부산대학교

## Natural Color Recognition algorithm Based on Fuzzy Similarity Measure

Yountae Kim · Sungshin Kim

Pusan National University

E-mail : dream0561@pusan.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는, 퍼지 유사도 평가를 이용한 색상인식에 관한 알고리즘을 소개하며, 이러한 알고리즘을 적용한 색상인식 시스템을 구성하였다. 색상의 분포를 판별하는 수단으로써 임의의 색상영역의 색입자 분포를 나타내기 위해 퍼지 멤버십을 구성하였으며, 멤버십의 평가를 위한 유사도 평가 방법을 사용하였다. 색상 정보는 RGB와 함께 HLS 색 좌표계를 사용하여 색인식의 정확성을 높였으며, 특히 HLS 좌표계 요소 중 Hue(색도)정보의 적절한 사용으로 조명과 재질변화에 강인한 알고리즘을 얻을 수 있었다.

### ABSTRACT

The Conventional methods of color separation in computer-based machine vision offer only weak performance because of environmental factors such as light source, camera sensitivity, and others. In this paper, we propose an improved color separation method using RGB, HLS, color coordination space, and fuzzy similarity measure. RGB consists of red, green and blue, the three primary colors of light. HLS includes hue, light and saturation, the human recognition elements of color. A fuzzy similarity measure was employed to evaluate the similarity among fuzzy colors with the six features of RGB and HLS.

### 키워드

색상인식, HLS, 퍼지 멤버십, 유사도 평가

## 1. 서 론

최근 고성능 컴퓨터의 발전으로 인한 영상처리 알고리즘과 영상장비의 발전으로 말미암아 영상처리를 이용한 검사장비 분야는 현재 비약적인 발전을 하고 있다. 이른바 인공지능이라고 명명되어진 분야이다. 인공지능은 기존의 접촉 식 센서의 개념이 아닌 카메라를 이용하여 근/원거리에서의 영상 정보를 얻어 그 정보를 이용하여 적절한 디지털 이미지처리를 통해 대상의 상태를 판별하거나 수치적으로 표현할 수 있게 해준다. 이러한 인공지능의 여러 기능 중 많은 부분이 구현되어 실제 산업용으로 사용되고 있으나, 색상인식의 부분은 아직까지도 해결해야할 과제가 많이 존재한다. 가장 근본적인 문제점은 빛의 강도, 방향, 색온도 등과 제품의 재질 등에 따라서 같은 색이라도 여러 값으로 계측 될 수 있기 때문에 객관적

인 기준을 이용한 색인식이 불가능 하며, 또한 사람이 느끼기에 한 가지 색을 가진 영역이라 하더라도 사실은 한 가지 색으로 이루어진 것이 아니다. 즉 우리가 보고 있는 사물이 띄는 천연색은 예를 들어 빨간색이라고 해서 전체가 빨간색을 가지고 있지 않다. 만약 사람이 붉은색이라 느끼는 전선의 이미지를 카메라로부터 얻어와 양자화 이산화 하여 가 픽셀의 분포를 확대해서 보게 되면 객관적 RGB 기준으로 정해진 갈색 또는 검은색 등과 같은 다른 색이 포함되어 있을 것이다. 이러한 제약으로 인해 기존의 임계영역을 통한 방법으로 천연색으로 이루어진 영상에서의 색깔의 구분은 제약이 따르게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 인간이 색깔을 인식하는 과정을 모방하기 위해, HLS 좌표계 변환, 퍼지 유사도 평가방법과 각인 시스템 등을 이용한 색상인식 알고리즘에 대하여 연구하였다.

## II. 색 좌표계

### 2.1 HLS(Hue, Light and Saturation)

인간의 사물에 대한 색인식의 방식은 색상과 명도 그리고 채도 즉 HLS를 감지하여 사물의 색을 인식하게 되는 방식이다.[1] 색깔을 표현하는 대안적 방법에는 색조(hue), 채도(saturation), 밝기(Light)가 있다. 색조는 그림 1의 색도 그래프의 둘레 주위에서 볼 수 있듯이 색깔 주파수를 표시한다. 채도는 흰색과의 혼합 정도이며 농도는 물체의 발광성이나 인식된 밝기를 나타낸다. 이 좌표의 구조는 원추형이다. 원추 꼭대기부터의 거리가 농도이며 원추의 원형 횡단면의 위치가 색조이고 중심에서 둘레까지의 거리가 채도이다. 색조는 스펙트럼의 순서에 따라 놓여져 있다 (관찰자로부터 오른쪽에 빨강, 왼쪽에 파랑, 초록). HLS는 특정 주파수에의 밝기를 가장 빠르게 표시할 수 있는 색 공간이다. H. Palus, D. Bereska[2]에 의해 색 인식에서 RGB보다 더욱 정확한 인식이 가능함을 입증 되었다. 이러한 이유로 본 논문에서는 RGB정보와 더불어 RGB의 HLS변환을 통해 HLS정보도 색 인식의 수단으로 활용하게 된다.

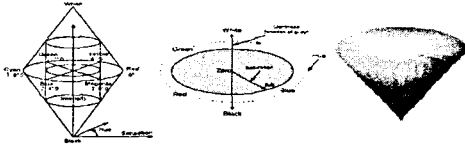


그림 1. HLS 그래프.

### 2.2 RGB 입방체에서 HLS로의 변환

아래의 식에 의해 HLS는 RGB정보로 산술적으로 비교적 쉽게 변환이 가능하다.

$$r = \frac{R}{255}, g = \frac{G}{255}, b = \frac{B}{255}$$

$$I_{max} = \max(r, g, b), I_{min} = \min(r, g, b)$$

$$H = \begin{cases} 60 \times \left( \frac{g-b}{I_{max}-I_{min}} \right) & \text{if } r = I_{max} \\ 60 \times \left( 2 + \frac{g-b}{I_{max}-I_{min}} \right) & \text{if } g = I_{max} \\ 60 \times \left( 4 + \frac{g-b}{I_{max}-I_{min}} \right) & \text{if } b = I_{max} \\ 0 & \text{if } I_{max} = I_{min} \end{cases}$$

$$H = H + 360 \quad \text{if } H < 0$$

$$L = \frac{I_{max} - I_{min}}{2} \quad \text{if } H < 0$$

$$L' = 1 - \frac{|L - 0.5|}{0.5}$$

$$S = \begin{cases} 0 & \text{if } I_{max} = I_{min} \\ \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \times L' & \text{if } L < 0.5 \\ \frac{I_{max} - I_{min}}{2 - (I_{max} - I_{min})} \times L' & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서,  $r, g, b$  각각은 R, G, B의 값의 0~1사이의 값으로 노말라이징 된 값이고,  $I_{max}, I_{min}$ 은 각각  $r, g, b$ 의 최대, 최소값을 나타낸다. H, L, S는 각각 hue, light, saturation값.

## III. 퍼지 유사도 평가

퍼지 유사도 평가(Fuzzy Similarity Measure)는 임의의 두 퍼지 멤버십의 유사한 정도를 계산하여 이 두 퍼지 멤버십이 어느 정도 일치하는 정보인지 판별하여 해당 멤버십을 구성한 정보원의 일치정도를 알 수 있게 해주는 방법이다.[3, 4] 퍼지 유사도의 계산은 다음의 식으로 계산 할 수 있다.

$$s(M_1, M_2) = \frac{\sum_{i=1}^n \min(\mu_{M_1}(i), \mu_{M_2}(i))}{\sum_{i=1}^n \max(\mu_{M_1}(i), \mu_{M_2}(i))}$$

여기서  $\mu$ 는 각각의 퍼지 멤버십의 소속도를 나타낸다.

만약  $s(M_1, M_2)$ 의 값이 1에 가까운 값이면 두 퍼지 멤버십은 같은 소속도를 가진 멤버십이라 여길 수 있다. 반대로 0에 가까운 값이면, 두 퍼지 멤버십의 상관관계는 없다고 여길 수 있다.

## IV. 색인식 알고리즘

이 절에서는 퍼지 유사도 평가를 이용한 색인식 알고리즘에 대한 방법과 실험 결과로서 알고리즘을 검증 하였다. 카메라로부터 얻어진 특정 색 영역에 분포된 픽셀 정보를 받아들여, RGB 정보와 그 정보의 변환을 통한 HLS값을 저장한다. 저장한 정보 중 R, G, B, L, S의 5가지 정보로 이루어진 각 12가지 색상의 템플릿을 구성한다. 여기서 H정보는 다른 정보와는 다른 성질을 가지고 있기 때문에 유사도 평가 대상에서 제외 되었다.

### 4.1 Red, Green, Blue, Hue, Light, Saturation 퍼지 멤버십

LED Matrix조명으로 구성된 실험 플랜트에서 카메라로부터 얻어온 영상정보에서 특정 색을 나타내는 영역 중 각 색깔별로 100개 픽셀의 컬러 값을 얻어온 뒤, 각 픽셀정보를 Red, Blue, Green으로 분할하여 따로 변수로 저장하였다. 다음으로 RGB정보를 이용해서 HLS로 변환을 하여 그 정보 역시 변수로 저장한다. 이러한 과정으로 저장된 각 정보를 이용하여 R, G, B와 L, S의 정보는 0~255까지 값의 영역에서 존재한다.

H는 다른 다섯 가지 정보와 다른 성질을 가지는데, H 즉 색도 값은 0~360도라는 위상으로 표시가 된다. 0과 360도는 같은 진홍색을 나타내며, 60도 주기로 순서대로 순 노랑, 녹색, 청록색, 파랑색, 보라색 순으로 존재한다. 임의의 색의 색도는 그 색의 근원색이 위의 6가지의 기본 색도 구성원 중에서 어디에 더욱

가까운가를 알 수 있게 해준다. 그러나 색도는 유채색의 경우 다를 수 있으며, 순 무채색인 경우 H값을 구하지 못하는 경우가 생기는데 이때는 프로그램 상에서 가장 많은 빈도를 가지는 값으로 대체하게 하였다. 예를 들어 그림 2에서 보면 이미지의 분홍색 영역과 하늘색 영역의 어두운 부분의 한 지점을 확대해서 보면, 두 가지 모두 R, G, B값이 유사한 회색을 띄고 있다. 그러나 HLS변환 공식을 통한 H값을 구해 보면, 분홍색의 어두운 부분은 26이 나오고, 하늘색의 그것은 264가 나오게 된다. 여기서 26은 붉은색의 0도와 노란색의 60도 사이에서 붉은색에 가깝기 때문에 회색에 가까운 붉은 색 성분임을 알 수 있다. 또한 하늘색 영역의 어두운 부분은 색도값이 264이며, 이는 청색의 240과 자주색의 300사이 존재하며, 청색에 더욱 가까운 값을 알 수 있으므로, 회색에 가까운 청색 성분임을 알 수 있다. 이러한 특성은 천연색 환경에서의 색인식에서 조명의 조건에 강인한 색인식 특성을 가지게 된다.

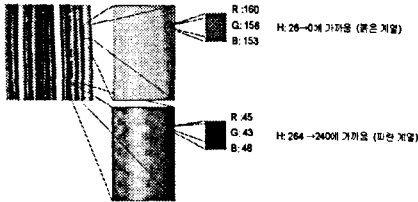


그림 2. 색도 값 특성.

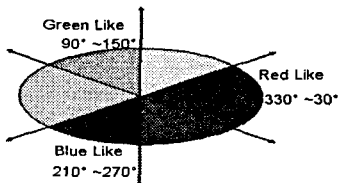


그림 3. 색도를 통한 색 계열 분류.

그림 3은 색도값이 가지는 색계열을 나누는 것을 보여주고 있다. 예를 들어 330(-30)~30의 값을 가지는 부분은 0 즉 붉은 색에 가까운 성질을 가지고 있다고 볼 수 있다. 이러한 색은 붉은색 계열이라고 간주할 수 있다. 색도 값을 제외한 나머지 R, G, B, L, S의 각 색영역별 100개의 정보를 이용하여 각 요소별 색 분포를 구축하였으며, 이러한 분포 데이터를 이용해 다음의 속속도 계산을 통해 멤버십 정보를 만든다. [5]

$$\mu_M(i) = \frac{n}{N} \text{ for } R, G, B, L, S$$

여기서  $\mu_M$ 은 퍼지 멤버십,  $n$ 은 해당 부분에 속하는 데이터 개수이며  $N$ 은 전체 샘플의 수이다.

본 연구에서 색깔정보의 샘플은 전선 12가닥의 이미지로부터 획득하였다. 분홍색, 하늘색, 흰색, 녹색,

보라색, 파란색, 오렌지색, 노란색, 붉은색, 갈색 그리고 검은색으로 이루어져 있다. 다음은 12가지 다른 색상 중 붉은색 영역의 R, G, B, L, S 정보 각각 100개의 정보의 분포를 나타내었다.

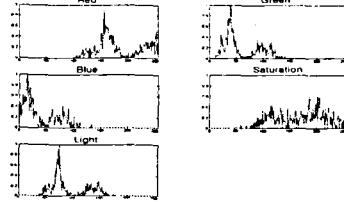


그림 4. 붉은색 영역의 색상 분포

그러나 전통적으로 convex한 집합은 퍼지 집합으로 다루지 않으며, 또한 디지털이 되면서 잃어버려진 정보를 보상하는 개념을 적용하기 위해서는 그림 4의 분포도만으로는 퍼지 멤버십으로 간주하기가 어렵다. 그림 4의 분포도 외곽선을 이어 그림 5의 퍼지 멤버십의 형태로 변형 하였다.

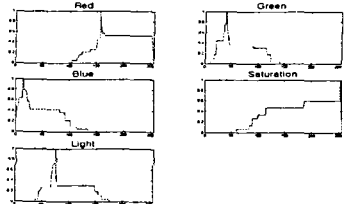


그림 5. 분포도의 퍼지 멤버십 변환

#### 4.2 유사도 비교를 통한 색인식

본 연구에서 사용한 하네스 배선의 12가지 색상 정보를 이용한 색인식 알고리즘을 구성하였다. 우선 12가지 색 영역 각각을 앞 절에서 소개한 퍼지 멤버십 구성 방법을 통한 기준 템플릿을 그림 6의 방법으로 만든다. 색도값의 분포를 분석하여 각각의 배선의 색 정보의 색상 계열을 정리하였다. 정리 방법은 해당 색 영역의 색 요소들의 색도 값을 계산하여 하나의 값이 90%이상 존재하면 그 색 영역은 90%이상의 값을 가진 색도값 한 가지만 가진다고 전제하였다. 이러한 이유는 영상 장비로부터 얻어진 정보 중 발생할 수 있는 백색 노이즈의 영향과 또한 배선 자체의 제품 로트번호 기재 부분의 정보로 인한 불필요한 정보 제거 하기 위함이다. 표 1의 각 색상별 Hue성분의 분포 특성을 보면 무채색에서는 다양한 Hue성분이 나타나지만, 유채색에서는 해당하는 색의 계열에 맞도록 분류가 된다. 이러한 성질을 이용하여 무채색을 제외한 불필요한 각 멤버십 간의 비교 계산을 하지 않아도 되는 이점을 얻을 수 있다.

표 1 Hue 값에 따른 색상 분포

Hue 값	해당되는 색상들
대부분 0만 존재(붉은 계열)	갈색, 붉은색, 오렌지색, 문홍색
대부분 120만 존재(녹색 계열)	녹색
대부분 240만 존재(파랑 계열)	파랑색, 하늘색
두가지 이상의 값이 존재	검정색, 노랑색, 보라색, 회색, 흰색

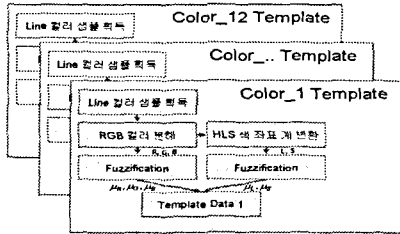


그림 6. 컬러 템플릿 구성.

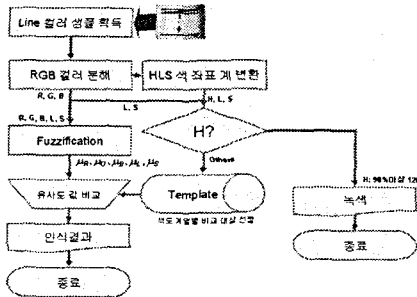


그림 7. 색인식 알고리즘 흐름 차트.

이러한 Hue의 조건을 고려하여 R, G, B, L, S 각각의 퍼지 유사도값  $s$ 를 비교 하여 색 인식을 하였다. 이러한 색인식 흐름 차트를 그림 7에 나타내었다. 여기서 녹색 영역은 색도 값만으로도 충분히 인식이 가능하기 때문에 별도의 인식 과정을 거치지 않고 바로 색도값의 분포가 120의 값이 90%이상 차지하게 되면, 녹색으로 인식하고 알고리즘을 종료하게 된다.

### V. 실험 결과

4.2절의 알고리즘 검증을 하기위해, 템플릿의 구성을 위한 조명은 다른 20W용량의 형광등(나쁜 빛 조건) 환경에서 색상인식 실험을 하였다. 하네스 배선의 색 영역 중 유채색인 빨강색, 하늘색, 그리고 무채색의 한 종류인 회색 색상 영역의 색 인식 결과는 표 2, 3, 4에 나타내었다.

### VI. 결 론

본 논문에서는 기존의 연구에서 주류를 이루고 있던 방법인 한 픽셀이나 그 주변 픽셀들의 평균값의 색깔 정보를 이용한 색 인식은 한계가 있음을 인지하였으며, 그 해결방법으로서 사람의 색상인식의 능력과 비슷하도록,

알고리즘을 구성하여 보았다. 실험에서 얻어진 색깔 분포를 본 논문에서 제시한 연산을 통해 퍼지 멤버십의 형태로 가공하였으며, 퍼지 유사도 평가의 개념을 사용해서 색 인식에 응용하였으며, 비교적 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

표 2. 색인식의 결과 (회색)

입력 데이터	회색, Hue 전체적으로 고른 분포				
비교 대상	Red	Green	Blue	Sat.	Light
검은색	0.0082	0.0055	0.0081	0.0092	0.1188
노랑색	0.0361	0.0105	0	0.3073	0
회색	0.2609	0.2921	0.3252	0.5952	0.3063
보라색	0.1338	0.0695	0.6325	0.3144	0.0855
흰색	0.0038	0.0056	0.2633	0.0460	0.3243
인식결과	회색	회색	보라색	회색	흰색

표 3. 색인식의 결과 (붉은색)

입력 데이터	붉은색, Hue 0만 존재함				
비교 대상 (붉은 계열)	Red	Green	Blue	Sat.	Light
갈색	0.2084	0	0.0219	0.0323	0.0533
붉은색	0.2344	0.4438	0.4324	0.5773	0.3817
오렌지색	0.0044	0.0152	0.2181	0.5549	0.0223
문홍색	0.0630	0	0	0	0.0016
인식결과	붉은색	붉은색	붉은색	붉은색	붉은색

표 4. 색인식의 결과 (하늘색)

입력 데이터	하늘색, Hue 240만 존재함				
비교 대상 (파랑 계열)	Red	Green	Blue	Sat.	Light
파랑색	0.5103	0.4937	0.1976	0.5792	0.1731
하늘색	0.6276	0.6393	0.5258	0.5386	0.7117
인식결과	하늘색	하늘색	하늘색	파랑색	하늘색

### 사 사

이 논문은 교육인적자원부 지방연구중심대학육성사업(차세대물류IT기술연구사업단)의 지원에 의하여 연구되었음.

### 참고문헌

- [1] Been-Chian Chien and Ming-Cheng Cheng, "A Color Image Segmentation Approach Based on Fuzzy Similarity Measure," *IEEE*, 2002.
- [2] H. Palus, D. Bereska, "The comparison between transformations from RGB colour space to IHS colour space, used for object recognition," *Image Processing and its applications, fifth International Conference*, pp 825-827, 1995
- [3] 한일광, "인공신경망 및 퍼지 유사도 지수를 이용한 퍼지 근사추론 메카니즘에 관한 연구," *경기대학교 석사학위 논문*, 1994
- [4] 김용수, "퍼지 유사 척도를 사용한 신경망 회로에 관한 연구," *Journal of the Industrial Technology*, 1996
- [5] 최성진, "부분 영상 변환과 퍼지 소벨 윤곽선 추출

을 이용한 캐리커처," 부산대학교 석사학위 논문, 2003

- [6] H. Palus, D. Bereska, "The comparison between transformations from RGB colour space to IHS colour space, used for object recognition," *Image Processing and its applications, fifth International Conference*, pp 825-827, 1995