

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.2.181>

IIBC 2015-2-25

퍼지 추론을 이용한 실내 운동 및 휴식 상황에서의 LED 감성조명 설계

Design of a LED Emotional Lighting System for Indoor Exercise and Resting Situations using Fuzzy Inference

강은영*, 김효준*, 박건준*, 김용갑**

Eun-Yeong Kang*, Hyo-Jun Kim*, Keon-Jun Park*, Young-Kab Kim**

요약 본 논문은 LED 조명을 이용한 실내 환경에서 사용자가 운동 및 휴식을 취할 때 퍼지 추론을 통하여 상황에 최적화된 LED 감성조명 알고리즘을 구현한다. 기존의 단순 색온도 제어보다 퍼지이론을 사용하여 복잡한 조건하에서 색상과 색온도를 사용자 환경에 맞게 LED 광원을 컨트롤 한다. 사용자의 행동에 따라 감성언어의 색상과 온도에 따른 색상의 배합을 통한 퍼지 추론 기반의 LED 감성조명 시스템을 설계한다. 그 결과 색상과 색온도가 사용자의 감성에 좋은 영향을 주어서 휴식 및 운동에 효과적인 감성조명을 나타낼 수 있을 것이다.

Abstract In this study, an LED emotional lighting algorithm optimized to the situation was implemented using fuzzy inference for users in exercise and resting situations in indoor environment. The fuzzy theory was used instead of the conventional simple color temperature control in order to control the colors and color temperatures of LED light sources in line with user environment under complex conditions. An LED emotional lighting system based on fuzzy theory was designed through a combination of colors according to the color and temperature of emotional language based on the user behavior. As a result, the color and color temperature can give a good effect on user's emotions for an emotional lighting that is effective for resting and exercise.

Key Words : LED, Emotional LED Lighting, Lighting Control, Color Temperature, Illumination

1. 서 론

현재 차세대 조명광원인 LED(발광다이오드)가 급격하게 발전하여 인간 생활의 여러 분야로 널리 사용되고 있다. LED는 저 전력, 고효율, 장수명의 장점을 가지고 있어 LED를 이용한 조명에 관심이 높아지고 있음에 따라 지속적인 연구와 제작이 진행되고 있다. 이에 따라 대

한민국 정부 또한 2020년까지 형광등을 LED 조명으로 교체하는 정책을 발표하였으며, 전 세계적으로 기존의 백열등과 같은 조명에서 LED 조명으로 바꾸는 정책들이 시행되고 있다. LED조명의 경우에는 다른 기존의 조명들과는 달리 인체에 유해한 물질이 포함되어 있지 않은 친환경 조명이며, 색의 변경이 가능하여 유용하게 사용할 수 있는 조명이다. 현재 실내 LED 조명은 주로 단색

*정회원, 원광대학교 정보통신공학과

**정회원, 원광대학교 정보통신공학과 (교신저자)

접수일 : 2014년 12월 5일, 수정완료일 : 2015년 1월 12일

게재확정일자 : 2015년 4월 10일

Received: 5 December, 2014 / Revised: 12 January, 2015

Accepted: 10 April, 2015

**Corresponding Author: ykim@wku.ac.kr

Department of Information & Communication Engineering, Wonkwang University, Korea

으로 사용하고 있지만, 실외 LED 조명의 경우 색 제어 및 조도제어, Dot Matrix를 이용한 감성조명을 사용하고 있다. 기존에 나와 있는 감성조명기기의 경우, LED 동작 환경이 고정되어 있는 상태에서 외부환경 요인(온도, 습도, 조도 등)을 고려하지 않고 내부 설치장소(거실, 침실 등)의 용도에만 초점이 맞춰져 있는 경우가 대다수이다^[1-2]. 이러한 요소들을 퍼지 추론을 이용하여 외부요소와 내부요소를 적절하게 조절하여 LED 감성조명을 구현할 수 있다. 이러한 요소들을 제어할 수 있는 퍼지 추론은 퍼지 이론을 기반으로 하고, 퍼지 이론은 인간의 추론 능력을 구현할 수 있는 이론이다. 퍼지이론은 전문가 시스템적인 측면을 내포하고 있다. 퍼지이론은 인간의 애매한 추론을 컴퓨터를 통해 나타낸 것이며, 애매한 입력 값에 대한 정의를 내린다.

본 논문에서는 LED 감성조명의 사용자가 실내 환경에서 운동 및 휴식 행동을 취할 때 퍼지 추론을 이용하여 상황에 맞는 색상을 발광하는 LED 감성조명 설계를 한다. 실내 환경 요소에 해당되는 실내 온도를 기준으로 운동과 휴식 상황을 목표로 하였다. 운동과 휴식의 상황에 따른 감성 언어를 IRI 형용사 이미지 스케일을 통하여 추출하고 추출된 감성언어를 IRI 단색 이미지 스케일과 대조하여 언어에 맞는 색상을 추출한다. 또한 실내 온도에 따라 사용되는 감성조명의 색상은 3,000K~6,000K의 색온도의 조명을 기준으로 한다. 추출된 감성언어의 색상과 온도에 따른 색온도 색상을 배색하여 퍼지 규칙을 설정하고, 퍼지 추론을 통하여 사용자의 상황에 따른 LED 감성조명의 색상을 제어한다.

II. LED 감성조명

1. 인간의 감성

LED 감성조명에 대해 연구하기 전에 인간의 감성에 대한 의미를 파악한다. 감성이란 인간이 어떠한 대상에 대하여 강한 느낌을 받는다는 의미로 사랑, 즐거움, 미움, 공포 등 느끼는 감정을 말한다. 또한 감성은 외부 환경과 스스로의 마음에 따라서 지속적으로 바뀔 수 있으며 여러 감정을 복합적으로 인지하는 것을 말한다. 심리학적으로 말하자면 감수성이라 말하고, 인간의 5관(五官)이 외부로부터 자극을 받거나 그에 반응하는 정도를 말한다. 그렇기 때문에 감성은 인간의 외적으로 파악할 수 없으며 자의적 조절이 불가능 하고 외부자극에 대한 빠른 반

응을 보인다. 감성은 이성과 함께 인간의 인식 능력이며 수동성을 내포한다는 점에서 인간의 유한성을 나타낸다^[2].

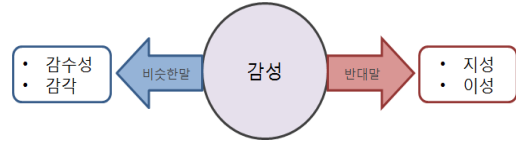


그림 1. 감성의 범위
Fig. 1. Range of Sensibility

2. LED 감성조명

LED 감성조명은 색상과 밝기를 사람의 심리 상태와 생체리듬에 알맞게 적용시키면서 공간 환경을 변화시킬 수 있는 조명기술을 말한다. 인간은 빛과 함께 할 때 보다 편안함을 느낄 수 있으며, 안정된 마음으로 아름다움과 행복을 추구하려는 본능을 가지게 된다^[2]. 조명은 단순하게 빛을 방출하는 역할이 아니라 조명을 사용하는 사람의 입장으로, 얼마나 밝은지(조도, lx), 얼마나 자연광에 가까운지(연색성, Ra), 빛의 색이 얼마나 차갑고 따뜻한 느낌인지(색온도, K)와 같은 다양한 요소를 고려하여 사용자의 공간에 맞출 수 있는 종합 예술의 특성을 보인다. 감성조명을 통하여 사용자가 하고자 하는 특정한 행동에 대해 이로운 효과를 얻을 수 있다. 예를 들면 휴식, 독서, 집중, 운동등 사용자가 하고자 하는 모든 행동들에 대하여 감성적인 영향을 줄 수 있다. 본 논문은 감성 언어를 파악하고 추출한 감성조명일 기준으로 감성 색상을 추출한다. 추출된 감성 색상을 이용하여 퍼지 추론을 통해 온도와 상황에 최적화된 LED 감성조명 구현을 목표로 한다.

III. 퍼지 추론 시스템

1. 퍼지 이론의 개념

퍼지 이론은 인간의 추론능력을 구현할 수 있는 이론이다. 퍼지이론은 전문가 시스템적인 측면을 내포하고 있으며 퍼지이론은 인간의 애매한 추론을 컴퓨터를 통해 나타낸 것이며, 애매한 입력 값에 대한 정의를 내린다. 퍼지 이론은 보통집합의 규칙과 연산에 퍼지집합의 규칙과 연산을 비교함으로써 전개된다. 이러한 집합은 일반 집합의 표현 및 특성과 서로 비교하며 몇 가지 다른 점을

첫째로 운동 상황에서의 감성 색상의 기준은 적색계열을 기준으로 하였으며, 적색은 인체의 혈압이 상승하며 맥박수가 증가하고, 아드레날린이 분비되며, 신진대사가 촉진된다. 또한 남성은 황색계의 적색에, 여성은 청색계의 적색에 이끌린다^[6]. 따라서 운동 상황은 IRI 형용사 스케일과 단색 이미지 스케일의 비교를 통하여 동적인 영역에 가까운 적색의 감성언어 5가지를 선정하였다. 선정된 감성언어로는 자유로운, 율동적인, 젊은, 활동적인, 스포티한 이다. 선정된 감성언어의 색상을 CIE 색 좌표표를 기준으로 적색에 가까울수록 운동 강도를 강함으로 선정하였다^[5]. (자유로운-매우약함, 율동적인-약함, 활발한-중간, 활동적인-강함, 스포티한-매우강함)

둘째로 휴식 상황에서의 감성 색상의 기준은 주황색계열을 기준으로 하였으며, 주황색은 식욕 조절 중추가 자극되고, 나른함이 유발되어 잠이 들 가능성이 증가하며, 혈류의 속도가 감소한다. 또한 주황색과 파란색이 결합되면 안정감, 고요함, 침착성 등의 감각이 발한다^[6]. 따라서 휴식 상황은 부드러움의 영역과 동적인 영역 사이의 주황색 계열을 선택하였고, 5가지의 감성언어를 선정하였다. 선정된 감성언어로는 포근한, 부드러운, 감미로운, 가벼운, 상쾌한 이다. 선정된 감성언어를 CIE 색 좌표표를 기준으로 주황색에 가까운 단계로 휴식의 순서로 구분하였다^[5].

2. 퍼지 추론 시스템 설계

본 논문은 온도와 운동, 온도와 휴식의 2가지 상황에서의 퍼지 추론 시스템을 설계한다. 퍼지 추론 시스템 설계를 하기위해 멤버십 함수와 If-Then 규칙을 이용하여 알고리즘을 구현하고 Fuzzy Rule Lookup Table을 작성하였다. 멤버십 함수에서 각 상황에 대한 지시어는 온도 Temp(Temperature), 운동 Exc(Exercise), 휴식 Rel(Relax)로 정의하였다. 또한 온도에 대한 멤버십 함수는 실내 환경에서의 고정 값으로 진행하였다.

가. 온도-운동 퍼지 추론 시스템 설계

실내 온도에 따른 멤버십 함수이다. 온도의 범위는 17°C~25°C으로 설정하였다. 온도의 기준은 실내 권장온도를 참조하였다. 그림 5는 운동 강도에 대한 멤버십 함수이다. 운동 강도에 따른 감성색상을 적색에 가까울수록 강함으로 변경하였다.

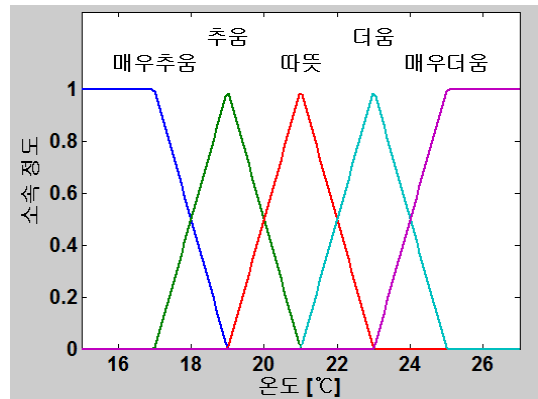


그림 4. 온도 멤버십 함수

Fig. 4. Fuzzy Membership Function of Temperature

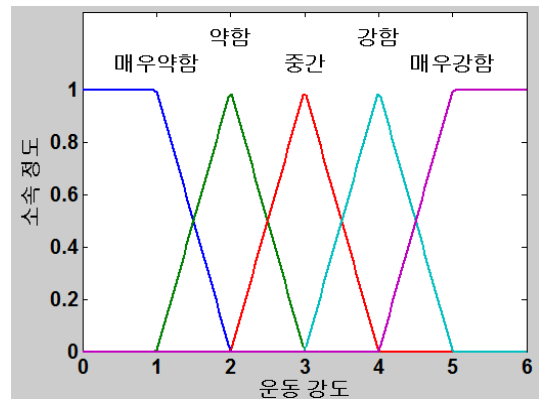


그림 5. 운동 강도 멤버십 함수

Fig. 5. Fuzzy Membership Function of exercise intensity

온도-운동에 대한 IF-THEN 규칙을 설정하고 총 25가지 항목으로 나누어 정의하였다. 각 항목은 퍼지 추론의 최적의 설정을 결정한다.

R^1 =If Temp is 매우 추움 and Exc is 매우 약함
Then Color is Yellow

R^2 =If Temp is 매우 추움 and Exc is 약함
Then Color is Yellow

·
·
·

R^{25} =If Temp is 매우 더움 and Exc is 매우 강함
Then Color is Orange

IF-THEN 규칙을 각각의 상황에 맞는 최적의 색상을 선택하여 온도와 운동에 대한 Fuzzy-Rule Lookup Table을 구성하였다. 구성된 표는 다음과 같다.

표 1. 온도-운동 퍼지 규칙
 Table 1. Temperature-Exercise Fuzzy-rule Table

온도/운동	매우약함 (자유로운)	약함 (올동적인)	중간 (활발한)	강함 (활동적인)	매우강함 (스포티한)
매우추움	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Magenta
추움	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Red
따뜻	Yellow Green	Yellow Green	Yellow	Orange	Red
더움	Cyan	Yellow Green	Yellow	Orange	Orange
매우더움	Cyan	Yellow Green	Yellow	Yellow	Orange

표 1과 같이 예를 들어 실내 온도가 17℃로 매우 춥고 운동을 매우 강하게 할 때 Magenta(자주색)을 LED 조명이 발광하게 된다. 하지만 실내온도 18℃의 매우 춥거나 추울 때 운동을 강하게 할 경우 자주색과 적색의 중간색이 발광하게 된다.

나. 온도-휴식 퍼지 추론 시스템 설계

온도와 휴식 관계에서 온도 멤버십 함수는 온도-운동관계의 멤버십 함수와 동일한 온도조건으로 실험하였으므로 그림설명은 위에서 위와 같다. 그림 6은 휴식에 대한 멤버십 함수이며 순서는 색상에 따라 나열하였다.

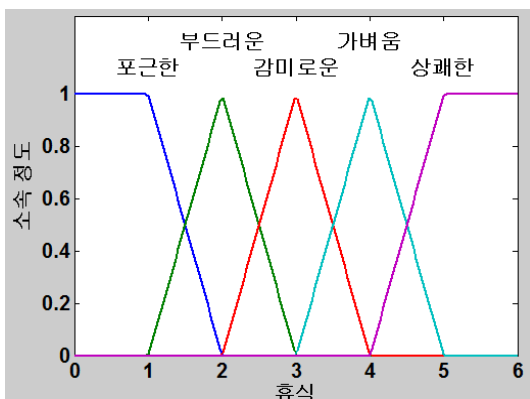


그림 6. 휴식 멤버십 함수
 Fig. 6. Fuzzy Membership Function of Relax

온도-휴식에 대한 IF-THEN 규칙을 설정하고 총 25 가지 항목으로 나누어 정의하였다. 각 항목은 퍼지 추론의 최적의 설정을 결정한다.

R^1 =If Temp is 매우 추움 and Rel is 포근한
 Then Color is Orange

R^2 =If Temp is 매우 추움 and Rel is 부드러운
 Then Color is Orange

R^{25} =If Temp is 매우 더움 and Rel is 상쾌한
 Then Color is Cyan

IF-THEN 규칙을 각각의 상황에 맞는 최적의 색상을 선택하여 온도-휴식에 대한 Fuzzy-Rule Lookup Table을 구성하였다. 구성된 표는 다음과 같다.

표 2. 온도-휴식 퍼지 규칙
 Table 2. Temperature-Relax Fuzzy-rule Lookup Table

휴식/온도	포근한	부드러운	감미로운	가벼움	상쾌한
매우추움	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow
추움	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow
따뜻	Orange	Yellow	Yellow	White	White
더움	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow Green	White
매우더움	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow Green	Cyan

표 2와 같이 예를 들어 실내 온도가 21℃로 덥고 휴식 상황이 상쾌한 경우에 White(백색)의 LED 조명이지만, 23℃의 덥거나 매우 덥고 상쾌한 휴식을 할 때 백색과 청록색의 중간색이 표현 된다.

다. 퍼지추론을 이용한 LED 감성조명 설계

퍼지 추론을 이용한 LED 감성을 구현하기 위해 퍼지 규칙을 통하여 구현하였다. 단일의 경우가 아닌 복합적인 상황을 기준으로 LED를 구현하였다. 온도와 운동의 경우 실내온도가 18℃이며 매우 춥거나 추울 때 운동을 강하거나 매우 강하게 함, 온도와 휴식의 경우 23℃의 덥거나 매우 덥고 가벼우며 상쾌한 휴식을 할 때의 두 가지 경우로 구현한다.

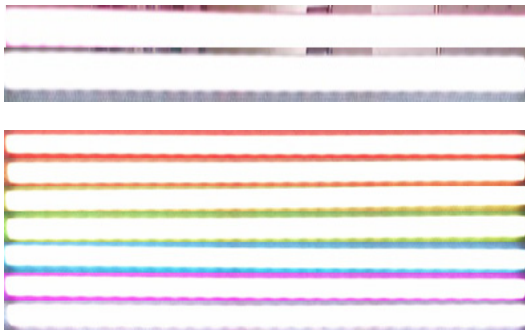


그림 7. 퍼지추론 LED 감성조명
Fig. 7. Fuzzy Inference LED Emotional Lighting

그 결과로 온도와 운동의 경우에는 분홍색이, 온도와 휴식의 경우에는 약간의 초록색이 섞인 흰색의 LED 감성조명을 발광하였다. 추가적으로 중첩되는 상황의 LED 조명을 구현하였다.

V. 결론

실내 운동 및 휴식상황에 따른 퍼지추론 기반 LED 감성조명에 관한 연구로서 사용자가 실내 환경에서 운동 및 휴식의 행동을 취할 때 퍼지추론을 통하여 최적의 LED 색상을 구현하는 것을 목표로 한다. 운동과 휴식, 집중의 상황에 따른 감성 언어를 IRI 형용사 이미지 스케일을 통하여 선정한다. 선정된 감성언어는 온도와 운동 상황에서 5개(자유로운, 울동적인, 활발한, 활동적인, 스포티한)를 선정하였고, 적색에 가까울수록 운동 강도를 강하게 하였다. 온도와 휴식 상황에서도 5가지(포근한, 부드러운, 감미로운, 가벼움, 상쾌한)로 선정하여 주황색에 가까운 순서로 나열하였다. 추론된 감성언어를 이용하여 감성 색상을 선정하고 퍼지 추론을 이용하여 LED 감성조명을 구현한다.

본 논문에서는 퍼지 추론을 이용하여 감성조명을 구현하였다. 퍼지 추론을 이용한 LED 감성조명은 단색의 감성조명이 아닌 여러 가지 복합적인 상황에서 최적의 색상을 선택하여 LED 감성조명으로 나타낼 수 있다. 사용자의 온도와 운동, 온도와 휴식상황에서의 최적의 색

상을 표현함으로써 온도와 행동에 대한 이로운 감성을 얻을 수 있을 것이다.

References

- [1] Chi-Goog In, Sung-II Hong, Jeong-Uk Chang, Chi-Ho Lin "A New LED Light Device Lighting Control Algorithm for Optimal Energy Saving" JIWIIT 2012-6-2
- [2] Jae-Hong Lee, Ju-Won Park, Jin-Kang Lim, Sang-Bae Lee, "Design and Implementation of Sensibilities Lighting LED Controller for a Ship", Journal of Navigation and Port Research, Vol. 34, No. 10, pp. 763~768, 2010
- [3] Si-Chung No. "Emotional Lighting System", Korean Society of Design Science, Vol. No.3, pp. 86-87, 2005
- [4] Sang-Bae Lee, "A Study on the Implementation of Disaster prevention LED Warning Lighting Control System Using Fuzzy", Korea Maritime and Ocean University, 2013
- [5] Sung-Joon Lim, Sung-Kwun Oh, "Design of RBFNN-based Emotional Lighting System Using RGBW LED", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers Vol. 62, No. 5, pp. 696~704, 2013
- [6] Chang-Hwan Baek, Seung-Ok Park, Hong-Suk Kim, "The Analysis of Emotion Adjective for LED Light Colors by using Kobayashi scale and I.R.I scale" Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 25, No. 10, pp. 1~13, 2011

저자 소개

강 은 영(정회원)



- 2013년 : 원광대학교 정보통신공학과 (공학사)
- 2013년 ~ 현재 : 원광대학교 정보통신공학과 재학(공학석사)
- <관심분야 : LED 감성조명, LED조명 제어>

김 효 준(정회원)



- 2013년 : 원광대학교 전기공학과(공학사)
- 2013년 ~ 현재 : 원광대학교 정보통신공학과 재학(공학석사)
- <관심분야 : LED조명제어, 방열설계>

박 건 준(정회원)



- 2003년 : 원광대학교 전기전자공학부 (공학사)
- 2005년 : 원광대학교 제어계측공학과 (공학석사)
- 2010년 : 수원대학교 전기공학과(공학박사)
- 2012년 ~ 현재 : 원광대학교 리서치 펠로우 연구교수

<관심분야 : 컴퓨터 및 인공지능, 유전자 알고리즘 및 최적화 이론, 지능시스템 및 제어>

김 용 갑(정회원)



- 1988년 : 아주대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1993년 : 엘라바마 주립대학교 (공학석사)
- 2000년 : 노스캐롤라이나 주립대학교 (공학박사)
- 2003년 ~ 현재 : 원광대학교 정보통신공학과 교수

- 2006년 ~ 2012년 : 공과대학 POST-BK21 사업단장
- 2012년 ~ 현재 : LED 인력양성사업단장(전북)
- 2012년 ~ 현재 : 원광대학교 ITBT창업보육센터장
- <관심분야 : 가시광통신시스템, 전력선 통신>