

# BCI 장치 기반 스마트 LED 조명을 위한 색온도 제어

## Color Temperature Control of Smart LED Lighting

### based on Brain-Computer Interface Device

남종우, 박신원, 이찬수, 천성용, 임해용, 장자순

영남대학교 전자공학과 및 LED-IT 융합산업화연구센터

*Key words: BCI, Smart LED Lighting, EEG, Emotional Lighting, Color Temperature Control*

## 1. 서론

Full-Color 발광 다이오드(LED: Light Emitting Diode)는 기존 광원과는 달리 색채, 색온도, 밝기 등의 제어가 가능하다. 빛의 조절 가능한 속성의 변화는 인간의 감성에 많은 영향 미치기 때문에 LED의 발달과 함께 빛과 인간의 감성에 대한 상관관계에 대한 연구가 주목을 받고 있다. 1934년 네델란드의 과학자 Kruithof는 조도와 색온도가 서로 밀접한 상호관계를 가지며 사람이 조명에 의해 느끼는 감정에 영향을 주고 있음을 밝힌 바 있다(Kruithof, 1934). 이러한 연구의 최종목적은 인간의 생활환경에 최적화된 빛 환경을 제공하는 것이라 할 수 있다. 첨단 기술의 발달에 따라 최적화된 빛 환경을 제공하기 위해서는 인간-컴퓨터의 상호작용 기술이 필요하다. 컴퓨터가 인간의 감성을 이해하고 능동적으로 인간의 요구를 수행하는 감성기반 지능형 시스템이 필요하다.

본 연구에서는 인간-컴퓨터 인터페이스 분야에서 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface)에 사용되고 있는 뉴로스카이 사의 원 채널 건식 능동 센서가 적용된 마인드셋을 활용하여, 집중할 때 색온도가 높아지고 이완할 때 색온도가 낮아지도록 제어가 가능한 스마트 감성조명 인터페이스를 개발하였다.

## 2. 연구방법

인간과 LED 빛의 감성적 의사소통을 하기 위한 인터페이스를 제작하기 위해서는 LED 빛과 인간의 감성평가를 통하여 제작되어야 하지만 본 연구에서는 실내 활동유형에 따른 조도 및 색온도 선호 영역에 대한 선행 연구(Naoyuki Oi, 2007) 결과를 바탕으로 감성조명 인터페이스에 적용하였다.

Naoyuki Oi는 실내 활동의 종류에 따라 사람이 선호하는 조도와 색온도 영역을 그림 1과 같이 구체적으로 연구하였다.

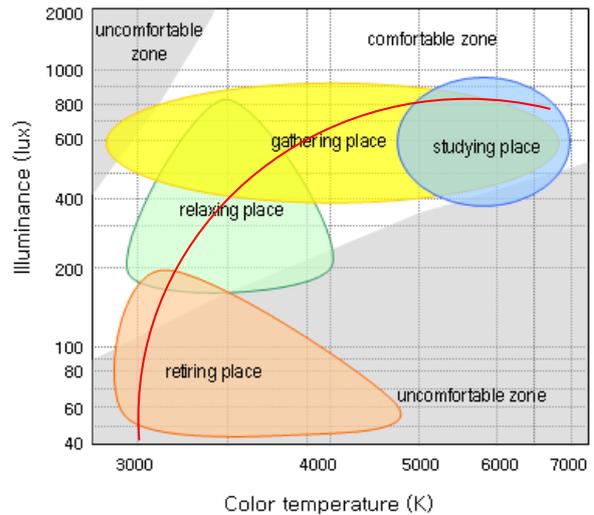


그림 1. 실내 활동유형에 따른 조도 및 색온도 선호 영역

Oi는 실내의 활동유형을 가족모임(gathering), 학습(studying), 휴식(relaxing), 수면(retiring), 요리(cooking) 그리고 식사(dining) 등 크게 6 가지로 구분하여 각 활동유형 별로 선호하는 조명 영역을 연구하였다. 그림 1은 Oi의 연구 결과 중 서로 겹치는 부분을 제외하고 대표적인 4 분야를 큰 영역으로 도식화 한 것이다(박양재, 2009).

본 연구에서는 가족모임, 학습의 영역으로 갈수록 집중에 적합한 조명이 필요하고, 휴식, 수면영역으로 갈수록 이완에 적합한 조명이 필요하다고 간주하였다. 이를 바탕으로, 그림 1의 붉은색으로 표시된 포물선을 따라 감성조명의 색온도를 제어하는 감성인터페이스 시스템을 개발하였다.

## 3. BCI 시스템 구성

뇌-컴퓨터 인터페이스는 인간과 컴퓨터의 상호작용을 연구하는 HCI(Human Computer Interface)의 한 분야로서, 뇌파측정기를 통해 특정 상태의 뇌파신호를 측정하여 특이점이나 특징을 추출하고 이를 분류한 후 일반적인 제어 신호로

변환하여 컴퓨터나 기기 등을 제어하는 시스템 관련 기술이다. 뇌-컴퓨터 인터페이스 시스템의 전개과정은 그림 2 와 같다.



그림 2. BCI 시스템의 전개과정

BCI 시스템 전개과정을 토대로 스마트 감성조명 시스템의 구성요소는 그림 3 과 같이 구성되었다.

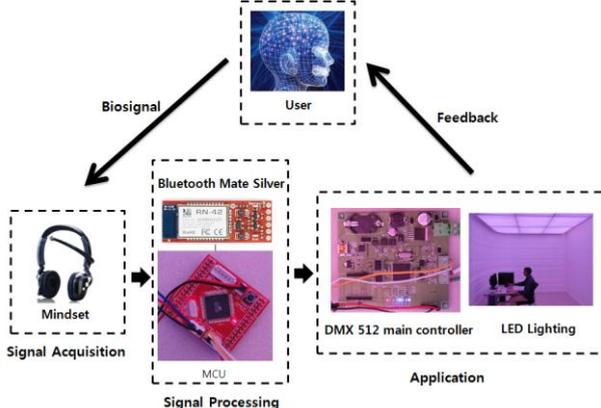


그림 3. 스마트 감성조명 시스템의 구성요소

### 3.1. 신호측정

마인드셋은 이마에 접촉하는 원 채널 건식 능동센서와 귀 접촉부위의 뇌파수집 보조센서가 내장된 패드로 이루어져 있고, 실시간으로 측정되는 뇌파는 블루투스로 MCU(Microcontroller Unit)와 통신을 한다.

측정되는 뇌파는 의식상태와 정신활동에 따라 뇌파가 수시로 변하여 특정한 패턴을 가지고 있으며, 복잡한 형태의 로우 데이터 (raw data) 형태로 나타나는데 주파수 대역에 따라 7 개로 분류된다. 7 개의 뇌파종류에서 집중력을 알아보기 위해서는 베타파, 느린 베타파(SMR), 높은 베타파를 주로 이용한다 (조승주, 2007). 표 1 에 마인드셋에서 사용된 베타파, 느린 베타파, 높은 베타파의 주파수 영역을 보여준다.

표 1. Classification of brain waves

뇌파 종류	주파수 대역	의식상태
SMR 파	12 ~ 15 Hz	주의 상태
중간 베타파	16 ~ 20 Hz	집중, 활동상태
높은 베타파	21 ~ 30 Hz	긴장, 흥분, 스트레스 상태

### 3.2. 전처리 및 형태추출

전처리 과정에서는 미약한 뇌파 신호를 증폭하여 원하는 진폭의 데이터를 만들거나 측정될 때 섞여있는 주변의 잡음을 걸러주기 위해 Bandpass 필터나 Notch 필터를 사용하여 잡음을 걸러주어 가능한 한 잡파를

제거하고 분석에 필요한 신호를 분리하는 단계이다(김응수, 2004).

형태추출 과정에서는 신호를 분류할 때 인식률을 높이기 위해 뇌파 측정기로부터 들어온 뇌파데이터의 정보를 변환하는 단계이다. 즉 데이터의 성분들 중에서 중요하거나 혹은 중요하지 않은 부분 사이를 명확하게 구분해 주기 위한 단계이다. 이러한 처리과정을 마인드셋은 반도체 기술을 접목한 Think Gear ASIC 칩에 생체신호 필터회로, 증폭회로, 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 기능을 임베디드 시스템으로 내장되어있다

### 3.3. 전환 알고리즘

전환 알고리즘은 각각의 뇌파 데이터가 어떤 집단에 속하는지를 분류하는 알고리즘이다. 형태추출 단계에서 추출된 특징들은 분류기(Classifier)의 입력으로 이용된다. 분류 알고리즘은 측정된 여러 뇌파모델을 사용하여 클래스를 구별할 수 있도록 학습 된다.

마인드셋에는 집중할 때 베타파 대역의 Attention e-sense 알고리즘, 이완할 때 알파파 대역의 Meditation e-sense 알고리즘을 적용하고 있다.

### 3.4. 응용단계

분류기를 거쳐 최종적으로 나온 출력은 DMX 512 컨트롤러를 거쳐 색온도, 밝기가 변화하여 인간의 감성변화에 따라 편안한 빛 환경을 제공하는 스마트 감성조명 인터페이스를 개발하였다.

## 4. 결론

본 연구는 빛과 감성 인터페이스를 위한 기초 연구 목적으로 제작되었으며 향후 연구의 방향은 멀티모달 감성평가 결과를 통하여 스마트 감성조명 인터페이스에 적용하고자 한다.

### Acknowledgement:

본 논문은 지식경제부 기술혁신사업 (산업원천 기술기반 구축사업, 10033630)으로 지원된 연구임.

### 참고문헌

박양재, 최종현, 장명기 (2009). 감성조명용 조명기기의 조도 및 색온도 시뮬레이션을 통한 광원 조합의 최적화. *한국콘텐츠학회* Vol. 9 No.8.

조승주 (2007). 기능성게임을 통한 학습능력 향상에 관한 연구: 집중력 훈련게임을 중심으로. *광운대학교* 4-7.

음태완, 김응수 (2004). 뇌파기반 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술. *정보과학회지*, 제22 권, 제2 호.