

뇌파 분석을 통한 LED조명의 색온도와 조도가 집중도와 이완도에 미치는 영향 분석

(Analysis of the Effect on Attention and Relaxation Level by Correlated Color
Temperature and Illuminance of LED Lighting using EEG Signal)

신지예* · 천성용 · 이찬수**

(Ji-Yea Shin · Sung-Yong Chun · Chan-Su Lee)

Abstract

Preferred combinations of illuminance and color temperature of lighting depend on daily living activities. We investigated whether the illumination stimuli of LED lighting can enhance attention and relaxation level by controlling color temperature and illuminance level according to activities. Illuminations and color temperatures of LED flat panels are controlled in accordance with activities such as office work and resting. The attention and relaxation level under the task specific lightings are compared with those under normal lighting condition. Single channel EEG signals from the NeuroSky's Mindset are used to estimate attention and relaxation level of human subjects under different lighting conditions. Experiment results show that high color temperature with high illuminance of LED lightings (6600K, 800lx) shows improved attention level compared with conventional lighting conditions (4000K, 500lx).

Key Words : LED Lighting, Color Temperature, Activity-Based Lighting Control, Attention Level, Relaxation Level

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

현재 세계적으로 에너지 절감을 위해 경제적이며 친환경적인 LED를 개발하고 있으며, 우리나라 또한 LED시장의 발전에 노력하고 있다. 현재 우리나라는 지역마다 공공장소 조명을 LED로 교체 중이다. 가령 서울에서는 “세계적 LED 조명 메카 도시 서울 비전”을 발표하면서 오는 2018년까지 서울시 및 산하 공공

* 주저자 : 영남대학교 전자공학과
** 교신저자 : 영남대학교 전자공학과
* Main author : Department of Electronic Engineering, Yeungnam University
** Corresponding author : Department of Electronic Engineering, Yeungnam University
Tel : 053-810-3527, Fax : 053-810-4770
E-mail : chansu@ynu.ac.kr
접수일자 : 2012년 12월 10일
1차심사 : 2012년 12월 13일
심사완료 : 2013년 3월 15일

청사 조명을 LED조명으로 교체하며 2030년까지는 모든 민간 건물의 조명도 LED로 교체하는 목표를 세워 놓고 있다.

LED는 기존의 조명 광원들보다 에너지 효율이 뛰어나며 친환경 소재로 이루어져 있고, 기존 조명들과는 달리 색상, 색온도, 밝기 등의 제어가 용이하다. 지금까지의 LED 조명 연구들은 대부분 소자, 부품 등 조명 하드웨어 개발에 중점을 두었다. 따라서 LED조명이 인간의 심리적 변화나 행동에 어떤 영향을 미치는지에 대한 고려가 충분히 되고 있지 않다. 하지만 조명은 인간이 살아가는 부분 중 매우 중요한 요소이며, 야간활동 뿐 아니라 주간 업무하는 실내에서도 많은 시간을 인공조명 아래에서 보내고 있다. 그러므로 조명이 인간의 심리나 행동에 미치는 영향을 이해하여 인간의 활동에 적합한 조명환경을 제공하는 것이 매우 중요하다.

최근에는 이러한 인간의 반응을 고려한 조명에 대한 관심이 크게 증가하고 있으며, LED조명은 효율이 높은 조명으로써의 장점 뿐 아니라, 특히 색을 자유자재로 표현할 수 있어 감성조명으로 활용하기 용이하다 [1]. 또한 IT 기술 등과 융합 등을 통하여 최적의 편리함과 빛 환경을 제공해 주는 스마트 조명으로 발전하고 있다.

이와 같이 LED조명이 나날이 발전됨에 따라 인간의 활동에 적합한 조명을 찾고자 하는 다양한 연구들이 진행되고 있다. 인간이 어떤 활동을 하는가에 따라, 그리고 어떠한 공간인가에 따라서 요구되는 조명에 대한 조건이 달라진다[2]. 가령 사무실에서는 능률적인 작업을 위해 집중력을 향상시키는 조명이 필요하며, 학교 교실 공간에서는 학습 수행능력을 높일 수 있는 조명이 필요하고, 침실에서는 편안한 휴식을 위한 조명이 필요하다. 또한 거실과 같이 TV시청, 독서, 가족과의 담소 등 다양한 활동이 이루어지는 공간에서는 각각의 활동에 맞는 다양한 색온도와 조도를 조절할 수 있는 조명의 도입이 필요하다[5].

기존의 활동에 따른 적합한 조명에 관련된 연구들을 보면 LED광원을 이용한 국부조명의 CCT (Correlated Color Temperature)의 변화가 작업자

의 시작업 성능에 미치는 영향을 분석하기 위하여 2종류의 LED와 1종류의 형광광원을 선정하여 대학생 30명을 대상으로 오류수정 작업과 읽기 작업에 대한 정확도 및 소요시간을 평가하였다[6]. LED 감성조명 장치를 이용하여 뇌파 파장과 조명의 색온도 변화에 따른 상관관계를 뇌파실험을 통해 측정하였으며, 피실험자의 기본상태(휴식, 주의력, 집중력)를 LED조명의 색온도(2,300K, 4,000K, 6,000K) 변화를 통해 뇌의 기본 상태를 분석하였으나 경향성을 보는 정도에 그치고 있으며, 활동에 따른 고려는 되고 있지 않다[7]. Naoyuki Oi는 실내의 활동유형을 가족모임(gathering), 학습(studying), 휴식(relaxing), 수면(retiring), 요리(cooking) 그리고 식사(dining) 등 크게 6가지로 구분하였으며 각 활동 유형에서 선호하는 색온도, 조도를 연구하였으며 동일한 실내 공간에서도 어떤 활동을 하느냐에 따라 선호하는 조도 및 색온도에 명확한 차이가 있었다[8]. 국내에서도 이러한 활동유형에 따른 조명 선호도에 대한 연구가 최근에 진행되어, LED 조명에서 활동환경에 따른 선호 색온도를 조사하여 이를 바탕으로 각 환경에 따른 색온도 및 조도 기준을 제안하였다[5]. 이러한 연구들은 활동유형에 따른 조명변화의 중요성을 말해주며 환경 또는 활동 유형에 따라 다른 조명제어가 이루어져야 함을 보여준다.

최근 뇌파를 이용한 BCI인터페이스를 바탕으로 감성조명 제어 시스템을 위하여 네 가지 다른 활동에 대한 집중도와 이완도를 측정하는 연구가 있었다 [9]. 각 활동에 따라 집중과 이완이 다르게 나타나는 경향을 보였으나, 활동의 종류가 많고 표본의 수가 부족하여 조명의 색온도에 따라 어떠한 영향을 받게 되는지에 대한 연구가 수행되지 못하고 있다. 조명 시스템에 효과적으로 적용하기 위해서는 조명의 색온도에 따라 각 행동 상태에 어떠한 영향을 미치며, 어떤 조명 아래에서 각 활동에 적합한 최적의 감성 상태를 유도하는지를 파악하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 뇌파를 통해 각 활동유형에 맞는 LED조명의 조도와 색온도의 변화가 실제 집중도(attention level)나 이완도(relaxation level)에 얼마나 영향을

미치는지에 대하여 정량적이고 통계적인 분석을 수행하였다. 각 활동유형이 따른 LED조명 제어의 영향을 알아보기 위하여 11명의 피험자들을 통하여 활동에 따른 조명과 일반 조명환경에서 뇌파를 비교·분석하여 집중도와 이완도에 있어서 얼마만큼의 변화가 있는지, 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 살펴보았다.

1.2 연구의 방법

본 연구는 LED조명을 설치한 조명환경에서 휴식활동(resting activity)과 집중활동(attention activity)에서 LED 조명의 색온도 및 조도의 변화가 사람에게 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 단채널 뇌파측정기를 통하여 측정했으며 다음과 같은 순서로 실험을 진행하였다.

- 1) LED조명 제어프로토콜인 DMX512를 기반으로 한 제어 프로그램을 통하여 LED 광천장 림의 색온도와 조도를 제어하여, 휴식조명(relaxation lighting), 집중활동조명(attention lighting), 일반조명(normal lighting)의 세 가지 조명상태에 적합한 조도와 색온도가 나오는 제어 값을 설정하고 저장한다.
- 2) 피험자들을 대상으로 뇌파장비를 이용하여 휴식활동, 집중활동의 두 가지 활동에 대하여, 일반조명 조건과 활동기반 조명조건(휴식조명 조건, 집중활동 조명 조건)의 경우에 대한 무작위 순위로 실험을 진행한다. 각각의 활동에서 주어진 조명 조건에서 4분간의 실험시간과 1분간의 대기시간(break time)이 있으며, 동일한 활동에 대하여 일반조명과 활동기반조명이 무작위 순위로 적용되었다. 이후에 다른 활동에 대하여 동일한 과정의 측정을 수행한다. 각 사람에 대하여 활동 순서를 바꾸어가며 동일한 실험을 수행한다.
- 3) 각각의 활동에 대하여 활동기반조명 조건과 일반조명 조건에서의 집중도와 이완도 분포를 획득하여 분석한다.

2. 실험 개요

2.1 실험용 조명기구 제작

본 연구에 대한 실험은 크기 2600mm x 3700mm 인 LED 광천장 림에서 수행되었다. 광천장 림의 내부는 흰색 벽으로 구성되어 있으며 12세트의 LED 평판등을 천장에 설치하였다.

LED 평판등에 사용된 LED는 RGB Full Color LED이며 WON SEMICONDUCTOR 社의 WF5360-HZ 제품이며 392개의 SMD Top view 형태의 패키지로 R, G, B 각각의 색에 대한 LED가 하나의 패키지에 들어 있는 형태의 LED를 사용하였다. 전면에는 확산판이 부착되어 균제도를 높이도록 하였으며, 하나의 제작된 기본 평판등의 크기는 950×950mm²이다. 실험실 내부의 모습은 그림 1과 같다.



그림 1. 실험실 환경

Fig. 1. Laboratory environment

2.2 LED 조명 색온도, 조도 제어

LED 조명의 색온도와 조도를 제어하기 위해 그림 2와 같은 DMX512 프로토콜을 이용한 조명 컨트롤러를 제작하여 사용했으며, PC용 전용프로그램을 통해 제어가 가능하다.

DMX512 프로토콜은 RS-485 인터페이스로 설계되었으며, 250Kbps의 속도로 최대 512개의 조명을 제어할 수 있으며, 각 조명 컨트롤러는 3채널의 8비

뇌파 분석을 통한 LED조명의 색온도와 조도가 집중도와 이완도에 미치는 영향 분석

트 PWM(Pulse Width Modulation)을 사용하여 빨강, 초록, 파랑에 대해 각각 제어하여 컬러를 구현하였다.



그림 2. 실험에 사용한 조명 컨트롤러
Fig. 2. Lighting controller used in the experiment

실험조명은 일반조명 환경과 활동기반조명 환경으로 나눌 수 있으며, 활동기반 조명은 휴식활동 조명과 집중활동 조명의 두 가지로 나눌 수 있다. 따라서 측정에 의하여 설정한 조명의 수치 값은 일반조명, 휴식활동용 조명, 집중활동용 조명의 세 가지가 사용되었다.

실험에서 사용한 색온도, 조도의 값은 아래 표 1 및 표 2와 같다. 집중활동 실험에서는 활동기반 조명으로 6,600K, 800lx를 사용하여 일반 실내조명으로 설정된 4,600K, 500lx에 비하여 높은 색온도와 높은 조도 값을 사용하였다. 휴식활동 실험에서는 활동기반 조명으로 3,600K, 240lx로 일반 실내조명으로 설정된 4,600K, 500lx에 비하여 색온도와 조도 값이 낮은 값으로 설정되었다. 각각의 활동에 따른 설정 값은 기존의 활동기반 선호조도에 대한 연구결과[4, 8]에 기반하여 설정되었다. 본 연구에서 집중활동기반 조명은 활동기반 선호 조도[8] 중에 학습 활동에 적합한 조명의 색온도 및 조도 값을 바탕으로 6600K, 800lx를 설정하였다. 표 1과 표 2에서 R, G, B 값은 주어진 조건의 색온도 및 조도에 적합하도록 제어하기 위하여 PWM 제어를 위하여 사용된 값으로 0~255 사이의 제어 값을 나타낸다.)

표 1. 집중활동 실험에 사용된 색온도와 조도
Table 1. Illumination and color temperature of attention activity experiments

	집중활동				
	색온도 K	조도 lx	R	G	B
활동기반 조명	6600	800	172	157	81
일반조명	4600	530	115	104	37

표 2. 휴식활동 실험에 사용된 색온도와 조도
Table 2. Illumination and color temperature of relaxation activity experiment

	휴식활동				
	색온도 K	조도 lx	R	G	B
활동기반 조명	3600	240	51	45	9
일반조명	4600	530	115	104	37

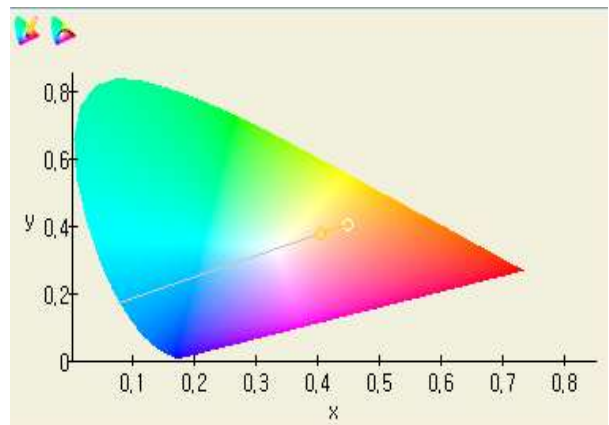


그림 3. 휴식 활동 조명에 대한 색도계
Fig. 3. Chromaticity diagram for relaxation activity

각 활동모드에 따라 설정된 조명에 대하여 Ocean Optics 社의 HR-4000 분광분석기를 통하여 분광분포 및 색좌표를 측정하였다. 그림 3은 휴식활동에

1) 사용된 LED 바의 경우에는 B값에 흐르는 전류가 상대적으로 크게 구성되어 있어 PWM 제어를 위한 B값이 상대적으로 적은 값으로 나타나고 있으며, 이 값은 실제 밝기 값은 아니다.

대한 색도계(chromaticity diagram)을 보여준다. 표 3은 각각의 활동 기반 조명 및 일반 조명에 대하여 측정된 x, y 좌표 및 색온도를 보여준다. 실제 분광 분석기를 통하여 측정된 색온도는 목표로 했던 색온도와 약간의 차이가 있지만, 본 실험에서 요구하는 활동에 따른 조명의 변화를 보이는 데는 충분하므로 실험 결과에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 보았다.

표 3. 분광 분석기를 통하여 측정된 x,y 좌표 및 색온도

Table 3. x, y coordinate and CCT measured from spectroradiometer HR-4000

측정값	휴식활동조명	일반활동 조명	집중활동조명
x	0.406	0.358	0.328
y	0.383	0.332	0.283
CCT	3412K	4383K	5757K

2.3 뇌파 데이터 측정 방법

뇌파를 측정하기 위해 사용한 뇌파 측정 장비로 그림 4에서 보여주는 뉴로스카이社의 마인드셋(MindSet)을 사용하였다. 이 뇌파 측정기의 사용방법은 헤드셋과 같이 머리에 착용하여 사용하며 블루투스를 통해 뇌파데이터를 컴퓨터에 전송받아 저장할 수 있다. 이 뇌파 측정기는 집중, 흥분상태에서 나오는 베타파와 이완, 안정된 정서에서 나오는 알파파를 감지하여 각각 집중도(attention)와 명상도(meditation) 값을 0~100사이의 값으로 나타내어 준다. 이 장치는 일반적으로 뇌파를 이용한 집중도 테스트 또는 게임 등에 사용되고 있기는 하나, Rebolledo-Mendez 등의 연구에 따르면 집중도 평가에 대한 신뢰도 검증에서 기존의 다채널 집중도 평가와 유사한 결과를 얻었음이 보고되었다[10]. raw data도 제공되지만 본 연구에서는 측정된 집중도와 명상도 값을 분석대상으로 하였다. 이후에 본 논문에서는 명상도에 해당하는 값을 이완도(relaxation level)로 표시한다.



그림 4. 뇌파 측정에 사용된 마인드셋
Fig. 4. MindSet used for EEG measurement

2.4 피험자 구성

실험에 참가한 피험자는 영남대학교 학부 재학 2, 3학년 학생 11명이다. 모든 피험자들은 정상적인 시력과 색맹이 없는 학생들로 이루어 졌으며 피험자들은 실험 전 실험에 대해 충분한 설명을 들은 후 실험에 참가하였다. 표 4는 실험에 참여한 피험자의 구성을 보여준다.

표 4. 피험자 구성
Table 4. Subject characteristics

성별	남 : 9명 여 : 2명
소속	영남대학교 대학생
평균나이	남 : 26.33세 여 : 22세
색맹여부	X

2.5 실험 방법

실험은 LED 광천장 룸 안에서 1명씩 진행하였고, 피험자와 실험자 두 명이 실험실에 들어가 실험을 진행하였다. 실험 전 실험의 준비단계로 실험에 대한 내용을 피험자는 상세히 설명을 들었으며 실험실에 들어간 피험자는 마인드셋을 착용하여 뇌파데이터(raw data, attention level, meditation level)가 나오도록 조정을 하였다. 정확한 뇌파가 나오기 위하여 조명에 적응할 수 있는 시간 1분을 주었다. 실험 시작 후 피험자는 말을 해서는 안 되고 마인드셋을 만져서는 안 된다는 지시가 주어졌다. 또한 외부 소음을 차단하기 위

뇌파 분석을 통한 LED조명의 색온도와 조도가 집중도와 이완도에 미치는 영향 분석

해 최대한 방음설정을 하여 뇌파측정을 하였다.

평가방법으로는 휴식활동과 집중활동을 임의순서로 수행하였으며 일반조명과 활동기반조명 또한 피험자에 따라 임의순서로 제시되었다. 휴식활동으로는 명상을 위한 자연의 소리 VOL.1, Tropical Rainforest 으로 4분간 피험자가 눈을 뜬 상태에서 편안한 자세를 취했을 때 들려주었으며 하나의 자극이 끝나고 다음 과제로 넘어 갈 때 1분간 눈을 감고 대기시간을 가지도록 하였다. 집중활동 으로는 노트북에 있는 온라인 사격게임을 4분간 수행하게 하였다. 하나의 활동에 대한 실험은 대기 시간을 포함하여 표 5와 같이 약 10분의 시간이 소요 되었다. 전체 실험시간은 뇌파장비를 착용하고 준비하는 시간을 제외하고 두 가지 활동에 대하여 20분이 소요되었다.

표 5. 주어진 활동에 대한 실험 시간의 예
Table 5. An example of test time interval for given activity

적응시간	활동기반조명	대기시간	일반조명
1분	4분	1분	4분

표 6. 집중활동과 휴식활동 과제
Table 6. Tasks for attention and relaxation activities

집중활동 (업무활동)	집중활동 으로 온라인 사격 게임을 수행하였으며, 게임은 움직이는 대상을 클릭함으로 점수를 얻는 방법으로 진행하며 시간이 지날수록 움직임이 빨라져 집중력을 요구한다. 이러한 활동은 집중적으로 어떤 업무를 처리해야 하는 업무활동과 유사하다.
휴식활동	자연스럽게 앉아서 명상을 위한 자연의 소리 VOL.1, Tropical Rainforest 를 눈을 뜨고 조용히 듣는다.

다음 그림 5~그림 7은 각각의 활동에 대하여 활동기반조명과 일반조명 실험의 두 가지 조명환경 아래에서 수행하는 실험의 예를 보여준다. 그림 5는 활동기반 조명 중에 휴식 활동 기반 조명의 경우이고, 그림 7은 집중 활동 기반 조명의 예이다. 각각의 활동에 대

하여, 활동기반에 맞춘 조명에 대하여 일반조명(그림 6)과 차이를 비교하였다.



그림 5. 활동기반 조명에서의 휴식활동
Fig. 5. Relaxation activity under activity-based lighting



그림 6. 일반조명에서의 휴식활동
Fig. 6. Relaxation activity under normal lighting



그림 7. 활동기반조명 아래에서의 집중활동
Fig. 7. Attention activity under activity-based lighting

3. 실험 분석 및 결과

피실험자는 휴식활동과 집중활동의 두 가지 활동을 수행하였으며, 각각의 활동에서 활동기반조명과 일반조명의 두 가지 조명조건에서 실험을 진행하였다. 측정된 뇌파 신호는 원래의 뇌파 신호(raw data)와 어떤 일에 대한 생각이 모아진 정도를 나타내는 집중도(attention level)와 편안한 정서 상태를 나타내는 이완도(relaxation level) 정보를 얻을 수 있으며, 본 연구에서는 집중도와 이완도 값들을 중심으로 분석하였다. 뇌파를 통해 얻어진 데이터는 매 샘플 데이터가 고정되어 있는 것이 아니라 변동이 일어난다. 따라서 각 세션에 대한 집중도와 이완도의 평균값의 변화를 중심으로 분석하였다. 즉 각 피실험자에 대하여, 설정된 조명 및 활동 아래에서 각 세션에서 측정된 집중도와 이완도의 평균값을 각 세션의 실험 결과로 사용하였다. 본 연구에서는 1초에 하나씩을 샘플을 얻었으며, 4분동안 얻었으므로 240개의 샘플 데이터가 획득되며, 이 샘플데이터의 평균값을 각 세션의 실험결과 값으로 사용하였다. 이렇게 얻은 각각의 피실험자에 대한 일반조명과 활동기반조명에 있어서 각 세션의 평균값의 변화를 분석하여, 이것이 의미 있는 변화인지를 t-검증을 통하여 분석하였다.

본 실험에서는 활동기반조명과 일반조명을 비교 실험하였으며, 동일한 사람에 활동기반 조명 환경과 일반조명환경에서 작업을 수행하였으나, 활동기반조명의 뇌파측정 결과와 일반조명에서의 뇌파측정 결과는 연관관계가 없다고 가정하였다. 이를 위하여 활동기반조명과 일반조명의 제시순서를 임의로 설정되게 하였으며, 사용자는 활동기반조명인지 일반조명인지를 알지 못하고 실험에 임하였다. 또한 각 실험에서의 분산도 동일하지 않고, 실험에 따라 차이를 보였다. 따라서 본 연구에는 활동기반조명과 일반조명을 두 개의 독립표본으로 가정하였으며, student t-검증을 위한 자유도 계산을 $(n_1 - 1) + (n_2 - 1) = n_1 + n_2 - 2$ 로 계산하여 20으로 사용하였다. 여기서 n_1, n_2 는 각 독립표본의 표본 수를 의미한다. 본 실험에서는 $n_1 = n_2 = 11$ 이 사용되었다. student t-검증의 임계치는 자유도에 따라 달라지며, 양방검증의 경우에 유의도에 따라 아래

표 7과 같은 임계치를 가진다.

표 7. 자유도에 따른 양방 검증 유의도 임계치
Table 7. Level of significance for a non-directional test according to degree of freedom

자유도	양방 검증의 유의도			
	.10	.05	0.02	0.01
10	1.812	2.228	2.764	3.189
15	1.753	2.131	2.602	2.947
20	1.725	2.068	2.485	2.787

3.1 집중활동에 대한 뇌파분석

집중활동 과제 수행 시 뇌파분석결과는 다음 표 8과 같이 집중도 값이 활동기반조명일 때 58.22로 일반조명의 49.61일 때 보다 8.61 더 높게 나왔다. 각 세션에서의 분산을 고려한 t 검증 값 결과 2.12로 전체 22개의 샘플에 대한 검증으로 분석할 때, 이 결과는 95%의 신뢰도 구간을 벗어났으며, 이는 두 조명상황에서 집중도에 있어서는 95%의 신뢰도를 가지고 집중활동기반 조명이 일반조명에 비하여 차이가 있음을 보여준다.

집중활동 과제 수행 시 이완도의 경우에도 집중활동조명에서 50.86으로 일반조명 54.70에 비하여 3.84 감소하였으나 이완도의 경우에는 분산도 증가하여 t-검증 결과는 신뢰구간 95%로서는 의미 있는 차이가 아님을 보인다. 각 세션에서 피험자의 뇌파에서 집중도와 이완도의 평균은 그림 8과 같다. o으로 표시된 업무활동 조명이 전반적으로 집중도 축(attention level axis)에서 오른쪽으로 이동한 것을 볼 수 있다.

따라서 집중력을 요구하는 활동에서 일반 조명에 비하여 보다 높은 색온도 및 높은 조도를 통하여 집중도를 높임으로 일반조명에 비하여 집중활동 효율을 높일 수 있을 것으로 보인다.

3.2 휴식활동에 대한 뇌파분석

휴식활동 과제에 대한 실험에서의 뇌파분석 결과는 표 9와 같다. 휴식활동에서 이완도 값은 활동기반조명

뇌파 분석을 통한 LED조명의 색온도와 조도가 집중도와 이완도에 미치는 영향 분석

에서 47.35로 일반조명일 때의 43.86보다 조금 높게 나왔다. t-검증 결과 0.70으로 신뢰구간 95%내에서 일반조명과 비교했을 때, 이완도의 경우에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 하지만 휴식활동을 위한 조명은 이완도를 증가시켰으며, 집중활동 조명에서 이완도가 감소한 것과 비교했을 때, 상대적으로 휴식활동기반의 낮은 색온도 및 낮은 조도가 휴식과 같은 이완 활동에 적합하다는 기존의 연구결과[4, 9]와 유사한 경향성을 보이고 있다.

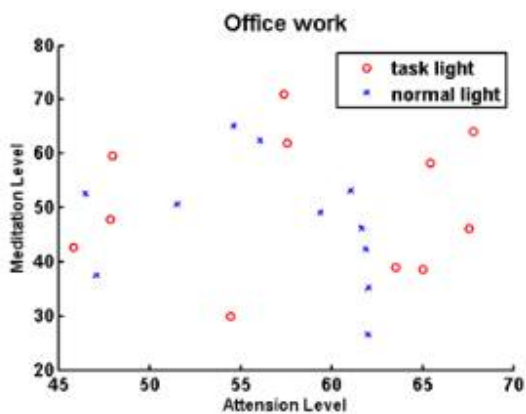


그림 8. 집중활동에 대한 집중도와 이완도 그래프
Fig. 8. Attention and relaxation level graph for attention activity (office work)

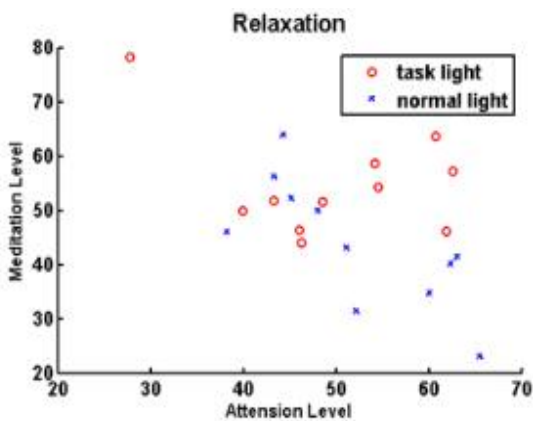


그림 9. 휴식활동에 대한 집중도와 이완도 그래프
Fig. 9. Attention and relaxation level graph for relaxation activity

휴식활동 과제에서 집중도는 활동기반조명에서 56.71로 일반조명 52.09에 비하여 증가하였으나 t-검

증 결과 95%의 신뢰도에서 의미 있는 차이를 보이지 않았다. 따라서 본 실험에서 설정한 3,600K, 240lx의 휴식조명이 이완도 및 집중도에 있어서는 커다란 차이가 나타나지는 않았다.

표 8. 집중활동에서의 집중도와 이완도에 대한 평균 및 표준편차, t-검증 값

Table 8. Mean attention and meditation values, and t-test value for attention (office work) activity

	집중도		이완도	
	일반조명	업무조명	일반조명	업무조명
평균	49.61	58.22	54.70	50.86
표준편차	10.62	8.29	9.76	12.91
t-검증값	2.12		-0.79	

표 9. 휴식활동에서의 집중도와 이완도에 대한 평균 및 표준편차, t-검증 값

Table 9. Mean attention and meditation values, and test-test value for relaxation activity

	집중도		이완도	
	일반조명	업무조명	일반조명	업무조명
평균	52.09	56.71	43.86	47.35
표준편차	9.29	6.01	11.61	11.51
t-검증값	1.38		0.70	

4. 결 론

본 연구의 목적은 LED조명의 색온도·조도 변화가 업무의 수행능력과 휴식수준을 향상시킬 수 있는지에 관하여 사람들의 뇌파반응을 분석하여 평가하는 것에 목적을 두었다. 대학생들을 대상으로 LED조명이 설치된 공간에서 휴식과 집중활동에 대한 과제를 수행하였으며 지정된 조명의 색온도, 조도의 변화에 따라 뇌파가 어떻게 변화하는지에 대해 분석하였다.

분석결과에 따르면, 업무와 같은 집중도가 필요한 활동에는 색온도 6,000K, 조도 800lx와 같이 높은 색온도 및 높은 조도에서 일반조명인 색온도 4,600K, 조도 530lx에 비하여 집중도가 증가하여 일반 조명 환경보다 적합하다는 것을 알 수 있다.

휴식과 편안한 상태를 필요로 하는 활동에서 색온도 3,600K, 조도 240lx의 활동기반조명과 일반조명이 이완도에 있어서 이완도가 증가하는 경향성을 보였으나, 통계적으로 유의미한 차이를 보이지는 않았다.

본 연구를 통하여 LED 조명의 색온도 및 조도가 집중 및 이완에 얼마나 영향을 미치는지를 뇌파 측정값에 대한 통계적 분석을 통하여 가능함을 보였으며, 이를 기반으로 기존에는 사용자의 설문을 기반으로 이루어졌던 적합한 조명을 찾고자 하는 연구에 대한 보완적인 방법으로 뇌파 분석이 사용될 수 있는 가능성을 보였다.

본 연구에서 사용된 뇌파 측정 장치는 건식 단채널 데이터로 보다 향상된 결과를 얻기 위해서는 기존에 사용되던 다채널 뇌파 분석과의 비교 연구를 통한 추가적인 검증이 요구된다.

또한 본 연구에서는 각각의 활동 상태에 대하여 일반 조명 환경과 비교하여 기존의 연구를 통하여 알려져 활동에 따른 특정한 조명의 한 가지 경우에 대하여 실험하였으나, 각각의 활동에 대한 최적의 조명 상태를 알기 위해서는, 특정한 한 가지 조명 조건이 아니라 조명의 조도와 색온도를 단계를 나누어 실험해 봄으로써 주어진 활동에 최적의 조건을 찾는 실험을 향후에 할 계획이다.

References

[1] H, Pack, C-S, Lee & J-S, Jang, "The effect of LED lighting colors on the rating and recognition of Korean affective words", Korea Science of Emotion & Sensibility, Vol.14, No.3, pp.371-384, (2011).
 [2] G, Goo, S-K, Hur & C-W, Yi, "A study on sensitivity criteria of the LED lighting with a focus on preference evaluation of Color temperature", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers 2011 Fall Conference, pp. 53-56, (2011).
 [3] D, Jee & C-B, Kim, "Evaluation of concentration and visual discrimination according to the color temperatures of LED Illumination", Korean Institute of Educational Facilities, Vol.18, No.3, pp. 22-33, (2011).
 [4] S, Han, "Emotional Lives of students in the classroom space LED fluorescent lamp for sensitivity lighting" The Korea academia-industrial cooperation society, Vol.11, No. 1, pp. 61-66, (2010).
 [5] J, Pack, J-H, Choi & M-G, Jang, "Optimization of Light Source Combination through the Illuminance and Color

Temperature Simulation of Circadian Lighting Apparatus", The Korea contents association, Vol, 7 No.8, pp. 248-254, (2009).

[6] H, Baik, I-Y, Jeong, H-Y, Shin & J-T, KIM, "Effects of Correlated Color Temperature of LED Light Sources and a Fluorescent Light Source on Visual Performance", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.23, No.1, pp.18-26, (2009).
 [7] Y, Choi & I-S, Eo, "LED sensitive light system development by brain-wave", The Korea academia-industrial cooperation society, Vol.11, No.1, pp.61-66, (2010).
 [8] N. Oi, "Preferred Combinations between Illuminance and Color Temperature in Several Setting for Daily Living Activities" Proceedings of the 2nd International Symposium on Design of Artificial Environments, pp.214-215, (2007).
 [9] J, Shin, S-Y, Chun, S-W, Pack, C-S, Lee & J-Y, Nam, "EEG analysis based on the type of activity for smart lighting control" Proceedings of the conference on the society of LED and solid state lighting, pp.77-78, (2012).
 [10] G. Rebolledo-Mendez, I. Dunwell, E. A. Martinez-Miron, M. D. Vargas-Cerdan, S. Freitas, F. Liarokapis and A. R. Garcia-Gaona, "Assessing NeuroSky's Usability to Detection Attention Levels in an Assessment Exercise", Proceedings of HCI 2009, LNCS 5610, pp. 149-158, (2009).

◆ 저자소개 ◆



신지예 (辛智禮)

1987년 8월 30일생. 2011년 영남대학교 산업디자인과 졸업. 현재 영남대학교 전자공학과 석사과정 재학 중.



천성용 (千城用)

1984년 11월 21일생. 2010년 영남대학교 전자공학과 졸업. 2012년 영남대학교 전자공학과 졸업(석사). 현재 영남대학교 전자공학과 박사과정 재학 중.



이찬수 (李璨洙)

1970년 2월 9일생. 1995년 연세대학교 전자공학과 졸업. 1997년 KAIST 전기전자공학과 졸업(석사). 2007년 Rutgers University Dept. of Computer Science, Ph.D. 1997~2001년 한국전자통신연구원. 현재 영남대학교 전자공학과 부교수.