

블라인드연동 LED조명의 조광제어에 따른 재실자의 밝기 변화 인식에 관한 연구

(A Study on the Perception of the Brightness Change according to Daylight Responsive
LED Dimming Systems and Venetian Blind)

염현주* · 김인태 · 최안섭**

(Hyun-Ju Youm · In-Tea Kim · An-Seop Choi)

Abstract

This study has attempted to investigate how subjects perceive changes of brightness and their visual comfort according to daylight responsive LED(Light Emitting Diode) dimming systems in the office with venetian blind. Two studies was conducted. First study is that how subjects perceive changes of brightness and their visual comfort depending on angle control method of the venetian blind while the workplane illuminance level is being maintained through daylight responsive LED dimming system. Second study is that how subjects perceive changes of brightness and their visual comfort depending on the amount of daylight penetrated into the building while the illuminance level is being maintained through daylight responsive LED dimming system. The results of this study could be proposed as basic data in the control of the venetian blind and LED lighting in consideration of their perception on changes of brightness and visual comfort.

Key Words : Brightness Perception, Visual Comfort, Daylight Responsive LED Dimming System,
Venetian Blind

* 주저자 : 세종대학교 건축공학과 석사과정
** 교신저자 : 세종대학교 건축공학과 교수
* Main author : The master's course, Department of
Architectural Engineering, Sejong
University
** Corresponding author : Professor, Department of
Architectural Engineering, Sejong
University
Tel : 02-3408-3761, Fax : 02-3408-4331
E-mail : aschoi@sejong.ac.kr
접수일자 : 2013년 10월 8일
1차심사 : 2013년 10월 16일
심사완료 : 2013년 12월 9일

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건축공간에서 실내조명은 대부분 전기에너지에 의존하고 있으며, 건물 전체의 전기에너지 소비량 중 1/3 이상의 큰 비중을 차지하고 있다[1]. 또한, 조명에서 발생하는 열은 여름철 건물의 냉방부하를 높여 부가적 에너지의 손실을 가져오게 한다. 이로 인해 주광을 건물에 유입시키고 조명에너지의 사용을 최소화 하려

는 노력과 관심이 계속되고 있다[2].

LED는 장수명, 고효율의 친환경 광원이며 조광이 편리하다는 장점을 가지고 있다. 이러한 장점을 이용해 건축공간에서 에너지를 절감하기 위한 LED조명 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 다양한 연구들 중 LED조명의 광센서 조광제어시스템에 관한 연구가 진행되고 있다. 광센서 조광제어란, 주광을 실내로 유입하고 유입된 주광을 광센서가 인지하여 건축공간에 설정된 목표조도에 맞추도록 조명의 밝기를 조절함으로써 에너지를 절감하는 시스템을 의미한다[3].

그러나 실내의 과도한 주광의 유입은 건축공간에 열적부하 문제를 일으킬 수 있으며, 재실자에게 눈부심을 야기할 수 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 직사일광을 차단하고 열적부하를 감소시킬 수 있는 블라인드 연동 LED조명의 조광제어 시스템에 대한 연구 개발이 이루어지고 있다[4].

블라인드가 설치된 실제 공간에서 LED조명의 조광제어에 따라 작업면의 조도가 일정하게 유지될 때, 블라인드가 제어되거나 외부 천공상태가 변화하면, 실내의 빛환경 및 조도 분포에 변화를 주며, 이러한 변화는 재실자의 밝기 변화 인식과 시각적 만족도에 영향을 미칠 수 있다[5]. 그러나 현재 블라인드가 설치된 공간에서 LED조명의 조광이 제어됨에 따라 재실자가 느낄 수 있는 밝기의 변화에 대한 인식과 시각적 만족도에 대한 연구가 미흡한 실정이다.

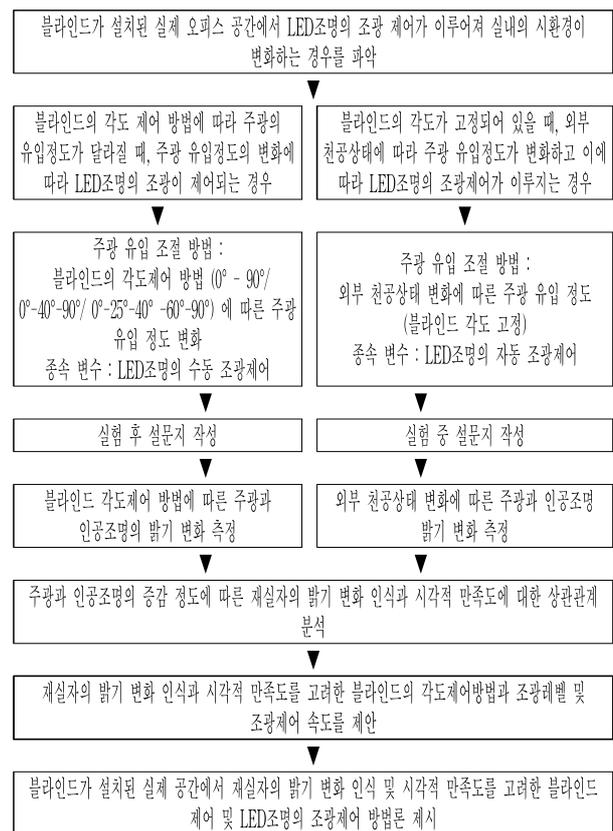
따라서 본 연구에서는 블라인드가 설치된 실제 오피스 공간에서 LED조명의 밝기가 제어될 때, 주광과 인공조명의 변화정도에 따라 재실자가 느끼는 밝기 변화 인식과 시각적 만족도의 상관관계를 분석하고, 이를 토대로 조광 제어 속도 및 블라인드 제어방법을 제안하였다. 재실자의 밝기 변화 인식과 시각적 만족도를 고려한 LED 조명의 조광제어 시스템에 대한 기초 자료를 제시하려 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

블라인드가 설치된 오피스 공간에서 LED조명이 제어되는 순간을 크게 두 가지 경우로 구분하여 실험을 진행하였다. 첫 번째, 블라인드의 각도 제어 방법에 따

라 주광의 유입 정도가 달라질 때, LED조명의 조광이 수동으로 제어되는 환경에서 주광과 인공조명의 변화 정도에 따른 재실자의 밝기 변화 인식과 시각적 만족도를 분석하였다. 두 번째, 블라인드의 각도가 고정되어 있는 환경에서 천공상태의 변화에 따라 주광 유입 정도가 달라질 때, LED조명의 조광이 자동 제어됨에 따라 주광과 인공조명의 변화 정도에 따른 재실자의 밝기 변화 인지와 시각적 만족도를 분석하였다. 본 연구에서는 블라인드의 각도 제어와 외부 천공상태의 변화에 따라 주광과 인공조명의 증감 정도가 변화할 때, 재실자의 밝기 변화 인식과 시각적 만족도에 대해 분석하였다. 이를 통해 재실자에게 시각적 불편함을 최소화할 수 있는 블라인드의 각도제어 방법과 조광 제어 속도 및 조광 레벨을 설정하기 위한 LED 조명의 조광제어 방법론을 제시하였다. 실험의 절차는 아래 표 1과 같다.

표 1. 실험의 방법 및 절차
Table 1. The overall procedure of this study



2. 본 론

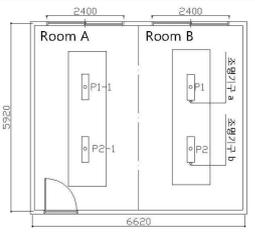
2.1 블라인드 각도 제어 방법과 LED조명의 조광이 제어에 따른 재실자의 밝기 변화 인식에 관한 연구

2.1.1 실험 목적 및 개요

본 연구에서는 블라인드가 설치된 실제 오피스 공간에서 블라인드의 각도 제어 방법에 따라 LED조명의 밝기가 제어될 때, 재실자가 느끼는 밝기 변화 인식과 시각적 만족도 및 이전 환경과 비교한 밝기 인식에 대하여 파악하고 밝기 변화 인식에 영향을 미치는 요소에 대해 분석하였다.

표 2. 실험 개요

Table 2. The outline of experiments

항목	내용	
실험 장소	S대학교 강의실	
실험 조명기구	64W급 조광용 평판 LED조명기구 : 2개	
경도, 위도	127°, 37.55°	
실험 공간 크기	6,620×5,920×3,200mm	
창문 크기	2400×1700mm	
공간의 가구	의자, 책상	
설치 블라인드	베네시안 블라인드	
		
조명기구	조광제어 프로그램	T-10
		
실험 공간	베네시안 블라인드	

실험에서 블라인드의 각도를 조절함과 동시에 광센서조광제어 시스템을 통해 조광제어가 이루어지며, 작업면의 조도는 약 500(±50)lx로 일정하게 유지되었다. 실험 개요는 아래 표 2와 같다. 실험공간에 설치된 베

네시안 블라인드는 현재 상용화 된 전동 블라인드로써 모터적 특성으로 인해 블라인드의 각도를 0°, 25°, 40°, 60°, 90°로 조절 가능하다. LED조명은 외부 주광 유입량의 변화에 따라 조광을 제어할 수 있는 LED조명의 조광제어 시스템이 적용되어 있어 무선네트워크와 연결된 스마트폰 앱(Application)을 이용하여 수동 제어하였다.

2.1.2 실험 방법

본 연구에서는 창이 두 개인 공간을 암막천을 이용하여 둘로 나눈 뒤, 실험에 대한 충분한 사전 설명 후 Room B에서 실험을 진행하였다. 블라인드 각도 제어 방법에 따라 재실자가 느끼는 밝기 변화 인식과 시각적 만족도에 대해 파악하고 재실자의 밝기 변화 인식에 영향을 미치는 요소에 대한 분석하기 위해 LED조명을 제어하였으며, 작업면의 밝기를 약 500lx로 일정하게 유지시켰다. 블라인드의 각도 제어 방법에 대한 변수는 0°-90°, 0°-40°-90°, 0°-25°-40°-60°-90° 3가지로 설정하였다. 블라인드의 각도 설정이 0°-90°인 경우 블라인드를 4초간 연속적으로 0°에서 90°로 변경시켰다. 블라인드의 각도를 0°-40°-90°와 0°-25°-40°-60°-90°로 실험을 진행할 때에는 각 각도 변경시간은 2초, 1초로 설정하여 각 각도 변경의 총 시간을 4초로 동일하게 하였다. 0°-40°-90°와 0°-25°-40°-60°-90°로 변화 시킬 경우 각도 유지 시간은 4초로 동일하게 설정하였다. 0°-90°로 각도를 변경시킬 때 총 4초, 0°-40°-90°로 각도를 변경시킬 때 총 8초, 0°-25°-40°-60°-90°로 변경시킬 경우 총 16초의 시간이 걸렸다. 각도를 제어하며 실험을 진행하는데 있어, 각 실험이 끝난 후에는 블라인드의 각도를 0°로 맞추어 일정시간 다른 작업을 수행하게 하여 피험자들의 초기 시작업 환경을 동일하게 맞추었다. 작업면 조도는 일반 오피스 건물의 KS조도 기준인 500lx를 설정하였으며, Room B의 a, b 조명 기구 사이의 조도 값을 측정하였다. 블라인드의 각도 제어를 그림 1과 같이 시간과 각도에 대한 그래프로 나타내었다.

주관평가는 기억 및 시력장애가 없는 20대 남자 6명, 여자 9명으로 구성되었다. 피험자들은 작업면을 보고 있으며, 글을 읽는 작업을 수행한다. 블라인드 각도 조

절이 이루어진 후 피험자들은 아래 표 3과 같이 설문 문항을 작성하였다.

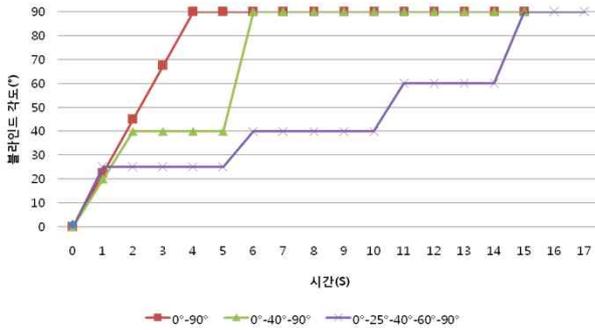


그림 1. 베네시안 블라인드의 각도 제어
Fig. 1. The angle control of the venetian blind

표 3. 설문 문항
Table 3. A questionnaire list

순서	설문 문항
1	공간의 밝기가 변화하는 것을 인지여부[0, 1, 2] 1-1. 공간의 밝기가 변화 인지에 미치는 요소 (영향이 크다고 판단되는 요소에 큰 값을 선택하여 순위 매김/같은 값을 선택할 수 없음.) 1) 주광량의 변화인지[0, 1, 2] 2) 인공조명의 변화인지[0, 1, 2] 3) 작업면의 밝기 변화인지[0, 1, 2]
2	작업 수행에 있어 시각적으로 만족스러운가 (시각적으로 만족하였을 경우 + 값을, 만족하지 못하였을 경우 -의 값을 기재한다.)[-2, -1, 0, 1, 2]
3	이전 환경 대비 밝기 변화 인식(어두운 경우 -의 값을 밝은 경우 +의 값을 기재한다.)[-2, -1, 0, 1, 2]

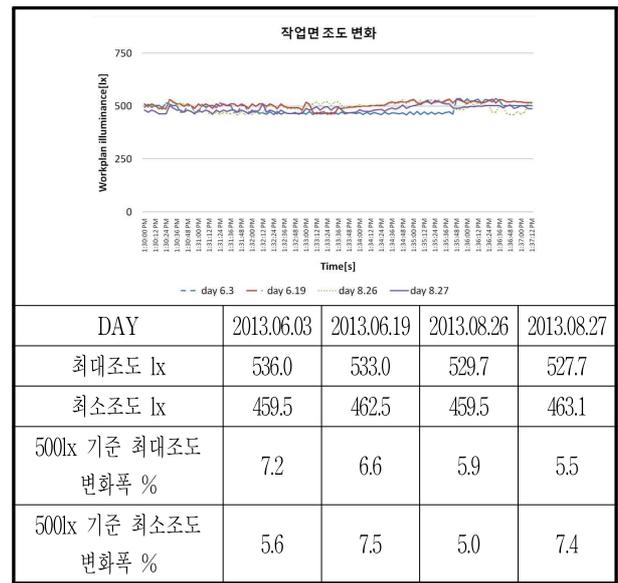
[-2=매우 그렇지 않음. / -1=그렇지 않음. / 0=보통 / 1=그려함. / 2=매우 그려함.]

2.1.3 실험 결과

순간적인 각도조절에 의해 주광과 인공조명이 변화하는 환경으로 별도의 주광과 인공조명에 의한 조도 값은 표시하지 않았으며, 아래 표 4는 실험이 진행된 시간에 1초 간격으로 측정된 작업면 조도 데이터를 4초 간격으로 평균한 결과이다. 실험이 진행된 시간의 최대, 최소 조도와 목표 작업면 조도 500lx를 기준으로 최대, 최소 조도의 평균 변화폭을 나타낸 것이다.

기준조도와의 변화폭이 ±7.5% 이내이며, 실험이 진행되는 동안 비교적 일정하게 작업면 조도가 유지되었음을 알 수 있다.

표 4. 작업면 조도
Table 4. Illuminance of the work place



2.1.4.1 밝기 변화 인식 및 시각적 만족도에 대한 결과

아래 표 5는 블라인드의 각도 제어 방법에 따른 1번 설문 항목과 2번 설문 항목 그리고 3번 항목의 평가 값의 평균을 나타낸 것이다. 아래 그래프는 밝기 변화 인지 정도와 시각적 만족도 및 이전 환경과 비교한 밝기 인식의 평균값을 그래프로 나타낸 것이다. 아래 그래프의 x축은 블라인드의 각도 변화를 나타낸 것이며, 왼쪽의 y축은 밝기 변화 인지 정도에 대한 축으로 0에서 2의 값을 갖는다. 2에 가까울수록 밝기변화를 많이 느끼는 것을 의미하며, 0에 가까울수록 밝기변화를 인지하지 않는다는 것을 의미한다. 오른쪽의 y축은 시각적 만족도와 이전 환경 대비 밝기인식에 대한 평균값이며, -2에서 2의 값을 가진다. 시각적 만족도의 경우 2에 가까울수록 시각적으로 만족하는 것이며 -2에 가까울수록 시각적으로 불편함을 느낀다는 것을 의미한다. 이전 환경과 비교한 밝기인식 평균의 경우 2에 가까울수록 이전 환경보다 밝게 인식하는 것을 의미하

고 -2에 가까울수록 이전 환경보다 어둡게 인식하는 것을 의미한다.

표 5. 실험 분석 결과

Table 5. Results of analysis on the perception

설문항목 평가값의 평균	밝기변화 인지정도	시각적 만족도	이전 환경 대비 밝기인식
0-90도	1.80	-0.60	-0.60
0-40-90도	1.20	0.07	-0.07
0-25-40-60-90도	0.53	0.60	0.33

위의 밝기 변화 인지정도, 작업 수행 시 시각적 만족도, 이전 환경 대비 밝기인식 대한 결과를 아래와 같이 정리하였다.

- 0-90°에서 피험자들은 평균 1.80의 밝기 변화 인지 정도를 가졌다. 0°-40°-90°의 각도 설정에서는 1.20의 값을 가졌으며, 0°-25°-40°-60°-90°로 설정할 경우 0.53의 값을 가졌다.
- 시각적 만족도의 경우 0°-90°에서 피험자들은 평균 -0.60의 값을 가졌다. 평균 0을 기준으로 - 값을 가져 시각적으로 만족하지 못함을 알 수 있다. 0°-40°-90°의 각도 설정에서는 0.07의 값을 가졌으며, 0°-25°-40°-60°-90°로 설정할 경우에는 0.60의 값을 가졌다. 0°-40°-90°와 0°-25°-40°-60°-90°로 설정할 경우 평균 0을 기준으로 + 값을 가져 시각적으로 만족하는 것을 알 수 있다.
- 이전 환경과 비교한 작업면 조도의 밝기 인식의 경우 0°-90°에서는 -0.60의 값을 가졌으며, 0°-40°-90°에서는 -0.07의 값을 가졌다. 평균 0을 기준으로 -의 값을 가져 이전 환경과 비

교하여 어둡게 인지하는 것을 알 수 있다, 0°-25°-40°-60°-90°에서는 0.33의 값을 가졌다. 평균 0을 기준으로 +의 값을 가져 이전 환경과 비교하여 밝게 인식하는 것을 알 수 있다.

2.1.4.2 밝기변화 인식에 영향을 미치는 요소에 대한 결과

표 6. 밝기 변화 인지에 영향을 미치는 요소

Table 6. Results on the factors which have an effect on the perception of brightness change

블라인드의 각도 변화	0°-90°	0°-40°-90°	0°-25°-40°-60°-90°
1)주광량 변화인지	1.53	1.07	0.90
2)인공조명 변화 인지	1.20	1.64	1.80
3)작업면의 밝기변화 인지	0.27	0.29	0.30

위의 표 6은 공간의 밝기 변화 인지에 영향을 미치는 요소들에 대하여 나타낸 것으로 각 값들은 피험자들이 0, 1, 2로 순위를 매겨 나타낸 값들의 평균을 의미한다. 평균의 값이 2에 가까울수록 공간의 밝기 변화에 많은 영향을 미친다는 것을 의미한다. 밝기 변화 인식에 영향을 미치는 요소들에 대한 결과를 아래와 같이 정리하였다.

- 각 각도 별로 0°-90° 각도 설정에서는 주광, 인공조명, 작업면 조도에 의한 영향 순서로 공간의 밝기변화 인지에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.
- 0°-40°-90° 각도 설정과 0°-25°-40°-60°-90° 각도 설정의 경우 평균값이 유사한 경향을 보이며, 밝기 인지는 인공조명, 주광, 작업면 조도의 순서로 영향을 미치는 것을 알 수 있다.
- 블라인드의 각도를 0°-90°로 변화시킬 경우, 재실

자들은 밝기 변화를 크게 인지하였으며, 시각적으로 불편함을 느끼고 이전 환경과 비교한 작업면의 밝기는 어두워 졌다고 판단하였다.

- 블라인드의 각도를 0°-40°-90°로 변화시킬 경우, 재실자들은 밝기 변화를 인지하였으나, 시각적으로 불편함을 느끼지 않는 것을 알 수 있으며, 이전 환경과 비교하여 밝기 인식에 있어 -0.07의 값을 가져 미소하게 어두워 졌다고 판단하였다.
- 블라인드의 각도를 0°-25°-40°-60°-90°로 변화시킬 경우, 재실자들은 0°-90°와 0°-40°-90°의 각도 설정보다 밝기 변화 인지에 있어 낮은 값을 나타냈으며, 시각적으로 만족하는 것을 알 수 있다. 이전 환경과 비교한 작업면 밝기의 경우 재실자들은 이전 환경과 비교해 밝아졌다고 판단하였다.
- 피험자들의 인터뷰 결과 피험자들은 블라인드의 각도가 조절될 때 공간의 색 변화와 밝기의 변화를 인지하였다고 얘기하였다.
- 피험자들은 공간의 색과 밝기 변화를 모두 인지하였을 경우 인공조명에 의해 밝기가 변화하였다고 느꼈으며, 급격한 밝기 변화 인식에는 주광에 의해 밝기가 변화하였다고 얘기하였다.

2.2 외부 주광유입의 변화와 LED조명의 조광제어 따른 재실자의 밝기변화 인식에 관한 연구

2.2.1 실험 목적 및 개요

본 연구에서는 블라인드가 설치된 실제 오피스 공간에서 외부 주광유입의 변화에 따라 광센서 조광제어 시스템을 통해 LED조명기구의 조광이 이루어질 때, 재실자들의 밝기 변화 인식과 시각적 만족도 및 이전 환경 대비 밝기 인식대하여 분석을 수행하였으며, 밝기 변화 인식에 영향을 미치는 요소들에 대한 분석을 진행하였다.

담천공의 외부 주광유입 변화가 큰 조건에서 상용 LED조명의 조광제어 시 재실자의 밝기 변화 인식 및 시각적 만족도에 관한 연구를 수행하였다. 실험은 2.1.2의 공간과 동일한 공간에서 진행되었으며, 블라인

드의 각도를 고정시키고 작업면의 조도를 500lx로 설정하여 재실자의 밝기 변화 인식에 관한 연구를 진행하였다. 실험장비 및 개요는 2.1.2의 개요와 동일하며, 작업면 조도는 T-10을 이용하여 5초 간격으로 측정하였다. 블라인드의 각도는 실험이 이루어진 시간의 일영각에 90°를 계산하여 10°로 블라인드의 각도를 설정하여 직사일광을 차단한 환경에서 실험을 진행하였다.

2.2.2 실험 방법

본 연구에서는 실험 2.1.2의 공간과 동일한 실제 오피스 공간을 암막천을 이용하여 둘로 나누고 Room A에서 조명기구를 Off 시켜 주광 유입에 따른 작업면 조도를 측정하였으며, Room B에서는 LED조명의 조광제어 시스템에 따른 재실자의 밝기 변화 인식에 관한 연구를 진행하였다. 실험이 이루어진 오른쪽 공간의 작업면 조도는 일반 오피스 건물의 조도 기준인 500lx를 설정하였으며, a, b 두 조명 기구 사이의 조도 값을 측정하였다. 조명기구가 OFF 된 Room A와 자동으로 조광이 제어되는 Room B 모두 블라인드의 각도를 10°로 하여 실험을 진행하였다.

주관평가는 기억 및 시력장애가 없는 20대 남자 7명, 여자 13명으로 구성되었다. 실험은 외부 주광 유입의 변화가 큰 담천공 조건에서 진행되었으며, 실험이 진행되는 30분 동안 피험자들은 자신이 원하는 업무를 수행하고 밝기 변화가 인식되는 순간마다 설문지를 작성하였다. 실험의 설문 문항은 아래 표 7과 같다. 실험 후에는 공간의 밝기 변화에 미치는 인지 요소에 대한 간단한 인터뷰를 진행하였다.

표 7. 설문 문항
Table 7. A questionnaire list

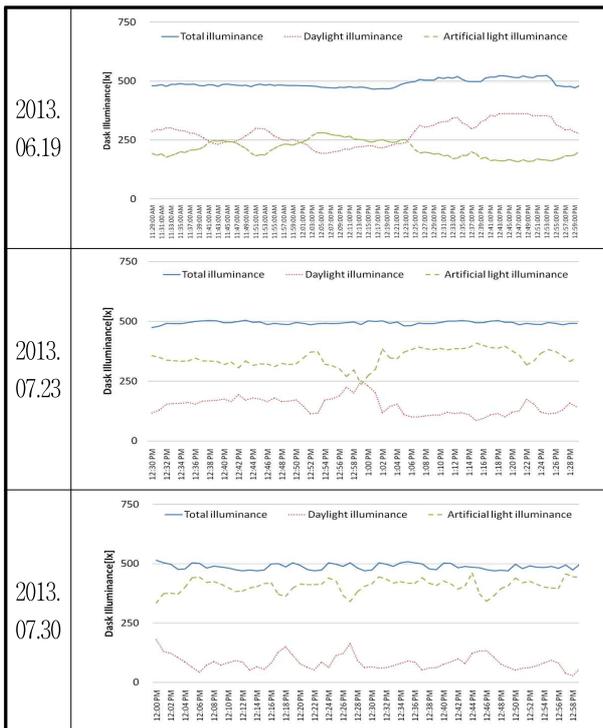
순서	설문 문항
1.	공간의 밝기가 변화하는 것을 인지여부[0, 1, 2] 1-1. 공간의 밝기 변화 느낀 시간[00시 00분] 1-2. 공간의 밝기가 변화 인지에 미치는 요소 (영향이 크다고 판단되는 요소에 큰 값을 선택하여 순위 매김/같은 값을 선택할 수 없음.) 1) 주광량의 변화인지[0, 1, 2] 2) 인공조명의 변화인지[0, 1, 2] 3) 작업면의 밝기 변화인지[0, 1, 2]

순서	설문 문항
2.	작업 수행에 있어 시각적으로 만족스러운가 (시각적으로 만족하였을 경우 + 값을, 만족하지 못하였을 경우 - 의 값을 기재한다.)[-2, -1, 0, 1, 2]
3.	이전 환경 대비 밝기변화 인식(어두운 경우 -의 값을 밝은 경우 +의 값을 기재한다.)[-2, -1, 0, 1, 2]
[-2=매우 그렇지 않음 / -1=그렇지 않음 / 0=보통 / 1=그리함. / 2=매우 그리함]	

2.2.3 실험 결과

실험이 진행된 시간에 1분 간격으로 조도를 측정 한 결과는 아래 표 9와 같으며, 주광유입량의 변화에 따라 LED조명의 조광제어가 일어남을 알 수 있다. 실험이 진행된 날들의 최대, 최소 조도를 나타냈으며, 목표 작업면 조도 500lx 기준으로 최대, 최소 조도의 평균 변화폭을 계산하였다. 기준 조도와와의 변화폭이 5.2% 이내이며, 실험이 진행되는 동안 비교적 일정하게 작업면 조도가 유지되었음을 알 수 있다.

표 9. 작업면 조도
Table 9. Illuminance of the work place



DAY	2013.06.19	2013.07.23	2013.07.30
피험자 수	8명	4명	8명
최대조도 lx	524	524	514
최소조도 lx	482	474	477
500lx 기준 최대조도 변화폭 %	4.8	4.8	2.8
500lx 기준 최소조도 변화폭 %	3.6	5.2	4.6

2.2.4.1 밝기 변화 인식 및 시각적 만족도에 대한 결과

아래 표 10은 실험이 진행된 날의 주광의 증감 여부에 따라 밝기 변화를 느낀 순간을 기준으로 주광과 인공조명에 의한 1분 전 후 작업면 조도의 증감정도와 시각적 만족도 및 이전환경과 비교한 밝기 인식 결과를 나타내었다. 각 실험이 진행된 날을 기준으로 주광의 1분 전후 작업면조도 증감정도를 기준으로 오름차순으로 정리하였다. 예들어 실험이 진행된 2013년 07월 23일 주광 감소하고 인공조명이 증가하는 7의 상황에서 4명 중 3명의 학생이 피험자가 밝기 변화를 인지하였으며, 이때의 주광은 -37.20 감소하고 인공조명은 37.20 증가했다는 것을 의미한다. 이때의 시각적 만족도와 이전환경과 비교한 밝기 인식의 경우 각 피험자마다 다른 값을 나타낸다.

표 10. 실험 분석 결과
Table 10. Results of analysis on the perception

주광	DAY	주광의 증감 여부에 따른 밝기변화 인지 명수 (인지인원/참여인원)	주광에 의한 1분 전후 작업면 조도 변화정도 lx/Min	인공조명에 의한 1분 전후 작업면 조도 변화정도 lx/Min	시각적 만족도	이전 환경 대비 밝기인식
감소 / 인공조명 증가	2013-06-19	(2/8)	-14.00	3.69	2	0
			-14.00	3.69	1	-1
		(2/8)	-10.45	9.86	1	-2
			-10.45	9.86	2	0
		(1/8)	-8.34	4.82	1	1
		(1/8)	-8.19	7.52	1	-1
		(1/8)	-7.94	9.10	1	-1
(1/8)	-4.81	2.16	2	-1		

	2013-07-23	(3/4)	-37.20	37.20	-1	-1
			-37.20	37.20	-1	-1
			-37.20	37.20	-2	-2
		(1/4)	-19.25	16.33	1	1
		(1/4)	-18.03	12.84	1	1
		(1/4)	-17.98	16.18	1	1
	2013-07-30	(2/8)	-18.90	18.04	0	-2
			-18.90	18.04	1	0
		(2/8)	-18.16	19.69	1	-1
			-18.16	19.69	1	1
		(2/8)	-13.87	22.95	-1	-1
			-13.87	22.95	-1	-2
		(1/8)	-12.82	7.64	1	-1
		(2/8)	-10.01	5.58	0	-1
			-10.01	5.58	0	-1
		(1/8)	-8.21	14.66	0	-1
		(1/8)	-5.28	8.80	2	1
		평균 값		-15.41	14.63	-0.58
주광 증가 / 인공 조명 감소	2013-06-19	(1/8)	5.14	-3.99	0	2
		(1/8)	16.09	-12.22	1	1
	2013-07-23	(1/4)	8.33	-11.03	1	1
		(1/4)	17.99	-19.49	2	2
	2013-07-30	(1/4)	19.30	-17.30	2	2
		(2/8)	9.33	4.05	1	2
	9.33		4.05	2	-1	
	(1/8)	22.67	-18.93	1	1	
		24.62	-15.21	1	2	
	평균 값		14.76	-10.01	1.33	0.78

주광에 유입 정도에 따라 목표 작업면 조도를 맞추기 위해 인공조명의 조광이 제어되는 환경에서 피험자들의 밝기 변화 인식과 시각적 만족도 및 이전 환경과 비교한 밝기 인식에 대하여 분석한 결과를 아래와 같이 정리하였다.

- 실험에 참가한 20명의 피험자들은 주광과 인공조명이 수시로 변화하는 환경에서 주광이 감소하고 인공조명이 증가할 때, 총 18번의 밝기 변화를 인지하였으며, 1명이의 피험자가 실험이 진행되는

동안 2번 이상의 변화를 인지하는 경우를 포함하여 총 26번 밝기변화를 인지하였다.

- 실험에 참가한 20명의 피험자들은 주광과 인공조명이 수시로 변화하는 환경에서 주광이 증가하고 인공조명이 감소할 때, 총 8번의 밝기 변화를 인지하였으며, 1명이의 피험자가 실험이 진행되는 동안 2번 이상의 변화를 인지하는 경우를 포함하여 총 9번 밝기변화를 인지하였다.
- 피험자들은 평균적으로 주광이 15.41lx/min 감소하고 인공조명이 14.63lx/min 증가할 때, 밝기변화를 인지하였다.
- 피험자들은 평균적으로 주광이 14.76lx/min 증가하고 인공조명이 10.01lx/min 감소할 때, 밝기 변화를 인지하였다.
- 주광이 감소하고 인공조명이 증가하는 환경에서 이전 환경과 비교하여 더 어두워 졌다고 판단하였으며, 주광이 증가하고 인공조명이 감소하는 환경에서 이전 환경과 비교하여 더 밝아졌다고 판단하였다.
- 주광과 인공조명에 의해 밝기변화를 인식할 때, 시각적 만족도의 경우 모두 양(+의) 값을 가져 시각적으로 만족하는 것을 알 수 있다.

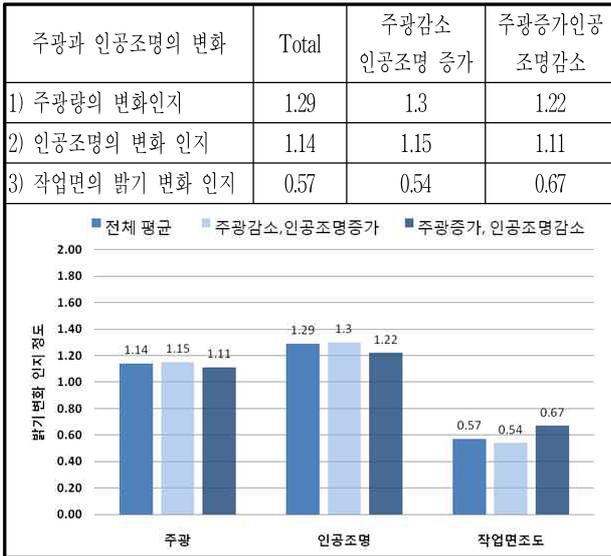
2.2.4.2 밝기변화 인식 영향을 미치는 요소에 대한 결과

위의 표 11은 공간의 밝기 변화 인지에 영향을 미치는 요소들에 대하여 나타낸 것으로 위의 값이 2에 가까울수록 공간의 밝기 변화에 많은 영향을 미친다는 것을 의미한다. 밝기 변화 인식에 영향을 미치는 요소들에 대한 결과를 아래와 같이 정리하였다.

- 주광이 감소하고 인공조명이 증가하는 환경과 주광이 증가하고 인공조명이 감소하는 환경 모두 인공조명, 주광, 작업면 조도 순으로 밝기 변화 인식에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.
- 피험자들의 인터뷰 결과 피험자들은 LED조명의 밝기가 제어될 때, 공간의 색 변화와 밝기의 변화를 인지하였다고 얘기하였다.
- 피험자들은 공간의 색과 밝기 변화를 모두 인지하였을 경우 인공조명에 의해 밝기가 변화하였다고

느꼈으며, 급격한 밝기 변화 인식에는 주광에 의해 밝기가 변화하였다고 얘기하였다.

표 11. 밝기 변화 인지에 영향을 미치는 요소
Table 11. Results on the factors which have an effect on the perception of brightness change



3. 결 론

본 연구에서는 베네시안 블라인드가 설치된 실제 오피스 공간에서 LED조명의 조광제어에 따른 재실자들의 밝기변화 인식과 시각적 만족도 및 이전환경과 비교한 밝기 인식에 대해 분석하였으며, 밝기 변화 인식에 영향을 미치는 요소에 대해 파악하였다. 연구의 결과는 다음과 같다.

- 피험자들은 주광이 증가하고 인공조명이 감소하는 환경 보다 주광이 감소하고 인공조명이 증가하는 환경에서 더 많은 밝기변화를 인식하였다.
- 재실자들은 주광이 증가하고 인공조명이 감소하는 환경에서 밝기 변화를 인지한 경우 이전 환경과 비교하여 더 밝아졌다고 느꼈으며, 시각적으로 만족하는 것을 알 수 있었다.
- 재실자들은 주광이 감소하고 인공조명이 증가하는 환경에서 이전 환경과 비교하여 더 어두워졌다고 느꼈고 시각적으로는 불편함을 느끼지 않았다.

- 그러나 블라인드의 각도조절에 따라 주광과 인공조명이 급격히 변화할 때, 재실자들은 밝기변화를 인지함과 동시에 시각적 불편함을 느꼈다.

본 연구의 결과를 통해 주광이 감소하고 인공조명이 증가하는 경우가 주광이 증가하고 인공조명이 감소하는 경우보다 더 많은 밝기 변화를 인지하며, 블라인드의 각도 변화와 외부 주광유입의 변화에 따른 주광과 인공조명의 급격한 변화는 재실자들은 밝기변화를 인지함과 동시에 시각적으로 불편함을 느낀다는 것을 알 수 있다. 따라서 보다 쾌적한 조명환경을 구현하기 위해서는 블라인드의 각도를 변화시킬 경우 0°-90°로 급격하게 각도를 변화시키기보다 0°-40°-90° 각도 설정과 0°-25°-40°-60°-90°와 같이 단계별 각도 설정이 이루어져야한다. 또한 급격한 주광의 감소와 인공조명의 증가가 이루어지는 환경에서 LED조명의 조광제어 속도를 빠르게 하고 목표조도를 높게 설정함으로써, 재실자에게 밝기 변화 인지를 최소화하고 시각적 불편함을 느끼지 않는 시스템을 구현해야 할 것이다. 추후 연구에서는 본 연구에서 이루어진 결과를 토대로 조광제어 속도와 목표조도 설정에 대한 정량적 지표를 제시할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No. 20130130)이며, 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 "IT융합 스마트조명 고급인력양성사업"의 지원을 받음. (NIPA-2013-H0401-13-1002).

References

- [1] M.G. Hwang, A.S. Choi, A Study on the Improvement of performance and Accuracy for the Daylight Responsive Dimming Systems According to the Sky Conditions, JOURNAL of Architectural Institute of Korea, P697-698 2004.
- [2] M.B. Rosenzweig, H. Fraser, J. Falk, S.P. Voll, Market power and demand responsiveness: letting customers protect themselves. Journal of The Electricity, 16(4): 11-23, 2003.
- [3] S.K. Hong, Development and Algorithm of Integration Control Software of Daylight Responsive Dimming Systems and Automated Roller Shading Systems,

JOURNAL of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineering, p20~28, 2008.

- [4] K.Y. Jeong, M.G. Hwang, Y.S. Kim, AS Choi, A Study on the Calibration Method and the Polling Period for Daylight Responsive Dimming Systems in Sky Conditions, JOURNAL of Architectural Institute of Korea, 23-1, p255~262, 2007.
- [5] Danny H.W. Li, Lighting and energy performance for an office using high frequency dimming controls, Energy Conversion and Management, 47 2006 (1133-1145).
- [6] Jung, Hoe-Young, Control Strategy of a Venetian Blind for the Visual Improvement of Workplane, JOURNAL of Architectural Institute of Korea, p279~286, 2010.12.
- [7] Molly E. McGuire, A system for optimizing interior daylight distribution using reflective venetian blinds with independent blind angle control, Master of MIT, 2005.06.
- [8] S. Yannick, D. Dominique, F. Marc, The use of shading systems in VDU task offices: A pilot study, the JOURNAL of energy and builidhg, pp 780-789, 2006.
- [9] G.R. Newsham, S. Mancini and R.G. Marchand, Detection and Acceptance of Demand-Responsive Lighting in Offices with and without Daylight, JOURNAL of Leukos, pp.139~156, 2008.
- [10] Y. Akashi and P.R. Boyce, A Field Study of Illuminance Reduction, Energy and Buildings pp.588~599, 2006.
- [11] Y. Akash and J. Neches, Detectability and Accept aility of Illuminance Reduction for Load Shedding, JOURNAL of Illuminating Engineering Society, pp.3~13, 200.

◇ 저자소개 ◇



염현주 (廉玄珠)

1989년 12월 18일생. 2012년 세종대 건축공학과 졸업. 현재 세종대 건축공학과 석사과정.



김인태 (金仁泰)

1985년 7월 27일생. 2010년 세종대 건축공학과 졸업. 2012년 세종대 건축공학과 건축환경설비전공 졸업(석사). 현재 세종대 건축공학과 박사과정.



최안섭 (崔安燮)

1967년 10월 4일생. 1991년 한양대 건축공학과 졸업. 1993년 The Pennsylvania State University 건축공학 건축조명시스템 전공 졸업(석사). 1997년 The Pennsylvania State University 건축공학 건축조명시스템 전공 졸업(박사). 현재 세종대 건축학과 교수. 본 학회 이사.