

광센서 조광제어시스템의 성능향상을 위한 광센서의 방향성에 관한 실험적 연구

(An experimental study of the optimum location and spatial characteristics of photosensor for the improvement of daylight responsive dimming system performance)

정봉근* · 최안섭**

(*세종대 건축공학과 대학원 석사과정, **세종대 건축공학과 교수)

(Bong-Keun Jung · An-Seop Choi)

Abstract

Daylight responsive dimming system, which is always able to automatically maintain the target illuminance, is a energy strategic system. It is importance note that the photosensor depends how to be precisely indicated workplane illuminance at any location of indoor. Therefore, the purpose of this paper is to find out the optimum location and spatial characteristics of photosensor by considering the correlation for the correct calibration of workplane illuminance and photosensor signal.

1. 서론

최근 자원의 유한성으로 우리나라 뿐만아니라 전세계적으로 에너지 절약이 현대적 이슈로 대두되면서 에너지 절약을 위한 노력이 여러 분야에서 이루어지고 있다. 특히 조명분야에서는 인공조명을 점소등이 아닌 광속을 연속적으로 조절하는 조광제어를 함으로써 많은 에너지 절약을 할 수 있는 주광을 이용한 광센서 조광제어시스템의 개발이 진행되고 있다.

이 시스템의 목적은 인공조명의 에너지 소비를 최소화하면서 실내 작업면 조도가 외부 일조량의 변화에 관계없이 설정값을 유지 할 수 있게 하는 것이다. 이 시스템의 성공여부는 광센서가 실내 어느 위치에서 어떻게 작업면 조도를 정확하게 나타내 주는가에 달려 있는데 현 상황은 계절이나 시간에 따라 변하는 태양의 고도와 천공에 의해 정확히 파악되지 못하고 있는 실정이다[1].

이러한 영향을 최소화하여 역동적인 천공의 상태를 반영할 수 있도록 실험을 통해 작업면 조도와 광센서 시그널의 상관성을 검토하여 광센서의 최적 위치와 방향성을 제시하는 것이 본 논문에 목적이다. 이 연구는 아래와 같은 방법으로 진행되었다.

- 1) 각종 참고문헌과 관련 자료를 정리하여 이론적 고찰을 한다.
- 2) 헬리오돈을 이용하여 입사하는 광속에 대한 광센

서의 반응전압을 각각 다른 수평각과 수직각에서 측정한다.

3) 기록계(데이터로거), 일사센서, 조도센서, 천장에 위치 한 광센서에 의해 작업면 조도와 광센서 시그널의 관계성을 분석한다.

4) 최종적으로 2)와 3)의 실험측정에 대한 결과를 통해 본 연구의 목표인 광센서의 방향성을 제시한다.

2. 본론

2.1 이론적 고찰

광센서 조광제어시스템은 실내 광량을 측정하는 광센서, 시스템의 초기보정과 조광제어를 위한 제어기, 인공조명을 조광하기 위한 조광용안정기로 구성되어진다. 광센서는 빛의 양을 탐지하여 인공조명의 출력 값을 자동적으로 조정할 수 있게 하는 전기적 제어장치로 광센서 조광제어시스템에서 중요한 역할을 한다.

이 광센서 조광제어시스템의 주요한 목적은 실내공간에서 작업면의 적절한 조도를 유지하는 것이기 때문에 광센서 시그널과 작업면 조도사이의 관계를 이해하는 것은 매우 중요하다. 어느 한 공간에서 가구의 배치, 분할, 표면반사, 태양광이 입사하는 방향, 작업면 조명의 사용, 거주자의 위치들이 광센서 시그널과 작업면 조도사이의 관계에 영향을 준다[1].

광센서의 위치에 관한 사항은 미국 CEC(California

Energy Commission)에서 보고된 내용을 보면 창문으로부터 5m이상일 경우에는 주광의 유입이 충분하지 않기 때문에 창문으로부터 약 3m의 위치가 합리적이라고 제안하고 있고 일반적으로 광센서의 위치는 제어되는 공간의 2/3의 위치에 설치된다[2]. 그러나 위 CEC에서 언급된 광센서의 거리는 공간의 여러 변수들에 의해 영향을 받기 때문에 광센서의 거리를 측정공간의 2/3지점 내에서 거리를 두어 광센서의 최적 위치를 결정하기 위해 측정하였다.

2.2 실험개요

다음 표 1은 헬리오돈을 이용한 광센서의 입사광속에 대한 상대적 반응크기를 알아보기 위한 실험의 기본사항들을 나타낸 것이다.

표 1. 헬리오돈 실험 기본사항

Table 1. The outline of heliodon experiment

항목	내용
실험공간	S대학 연구실(Lighting System Lab)
조명기구	PAR 30도 75W램프
실험장비	-수직,수평 조절 가능한 삼각대 -Multimeter계
광센서 방향성	0, 30, 60, 90도

또한, 표 2는 기록계를 이용한 작업면 조도와 광센서 시그널과의 관계를 광센서의 위치와 거리에 따라 실험하기 위한 기본사항들을 나타낸 것이다.

표 2. 기록계 실험 기본사항

Table 2. The outline of datalogger experiment

항목	내용
실험공간	S대학 연구실(Lighting System Lab)
실험기간	200년 8월 16일 ~ 2002년 8월 28일
램프 및 조명기구	F32T12, 파라볼릭
실험장비	-기록계 -일사, 조도센서 -조도계, Multimeter계 -수직, 수평 조절 가능한 삼각대(6개)
광센서 위치	창문으로부터 1.4, 2.4, 3.4, 4.4m

2.3 측정방법

헬리오돈 측정은 입사하는 광속에 대한 광센서의 반응전압을 각각 다른 수평각과 수직각에서 측정하기 위해 다른 빛의 영향 없이 밤에 빛을 차단하고 0, 30, 60, 90의 방향을 가진 4개의 센서를 이용한 수평, 수직각 별로 체크하면서 측정하였다. 수직각은 좌우 90도, 수평각은 0, 15, 30, 45, 60, 90로 나뉘고, 램프와 광센서와의

거리는 0.5, 1, 1.5m로 나뉘었다.

다음 그림 1은 기록계를 이용한 작업면 조도와 광센서 시그널의 상관성을 분석하기 위한 측정공간을 나타낸 그림이다. 북북동 전면은 투명유리로 된 창으로 되어있고, 6개의 조명기구(FL32W-2)는 2×3으로 배치되어 있다. 만약 이 공간에 광센서 조광제어시스템 도입이 이뤄지면 주광의 영향을 많이 받는 창으로부터 2줄까지의 조명기구는 조광이 되도록 할 것이다.

이 측정공간에 작업면 높이의 삼각대 6개, 천장에 각도 0도, 30도, 60를 가진 광센서 2개, 바닥면 일사센서 1개, 작업면 삼각대 위에 놓게 될 조도센서 6개, 측정을 위한 기록계가 배치되었다. 평면에서 볼 때 숫자 1은 일사센서가 위치될 자리로 창문과 접해 있어서 실내로 유입되는 주광의 양을 측정하게 될 것이다. 그리고 나머지 2~7은 작업면 삼각대 위에 조도센서가 위치될 자리이다. 마지막으로 천장에 광센서 두 개는 창문으로부터 1.4m씩 이격된 위치 4곳에 각각 자리를 하여 각 위치마다 이동을 하면서 측정을 하게 된다. 이때 측정 방향은 천장에 설치된 광센서가 0도일 경우는 바로 아래 작업면 조도를 센싱하지만 30도와 60도의 경우 각 두 개의 광센서로 천장 광센서 위치에서 창문을 향한 30, 60도와 실내쪽을 향한 30, 60도로 측정하게 된다.

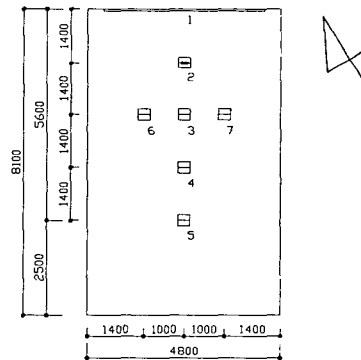


그림 1. 측정공간

Fig 1. The measurement space

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 헬리오돈을 통한 광센서 반응전압

헬리오돈을 통한 실험에서 광센서가 입사하는 광속에 어떤 반응을 보이는지 알 수 있다. 입사하는 광속에 대한 광센서의 반응전압이 각각 다른 수평과 수직각을 통해 헬리오돈으로 측정되었는데, 이 반응전압은 광센서의 입사광속에 대한 상대적 반응크기가 되는 것이다. 이번 연구에서 사용한 광센서의 형태와 각도, 그리고

측정결과로 나타난 광센서의 상대적 반응크기가 그림 2, 3, 4에 나타나 있다.

헬리오돈 측정 결과 광센서의 각도가 0도에서 30, 60, 90도로 진행되어 측정되는 과정에서 그 입사하는 광속에 따른 상대적 반응 크기가 0도에서 측광이 수직각 0도를 사이에 두고 비례적 분포를 보이지만 광센서의 각도가 커지면서 그 만큼 한쪽으로 측광이 기우는 모습을 볼 수 있다. 이것은 광센서의 입사광속에 대한 상대적 반응크기가 광센서의 측정 각도에 따라 측광이 달라진다는 것을 알 수 있다(그림 3).

또한 광센서 거리에 의한 측정에서 1m보다 가까운 0.5m의 거리에서 측정한 결과 입사광속의 크기가 측정 기구의 범위를 넘어가는 결과값들이 나오는 상황이 발생하여 어느 최대값 이상이면 항상 그 최대값이 나오게 되었다. 그래서 비례적 관계의 그래프가 나오긴 하지만 거리가 1m일 경우와는 다른 그림이 나오게 되고 거리가 1.5m일 경우에는 입사광속의 크기값만 다르지 거의 비슷한 비례관계의 그림이 나타났(그림 4).

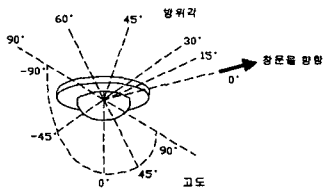
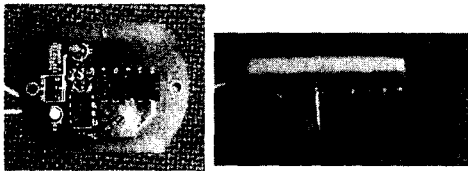


그림 2. 광센서의 형태와 수평, 수직각
Fig 2. Shape, azimuth and altitude angle of photosensor

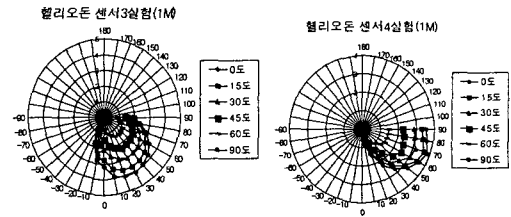
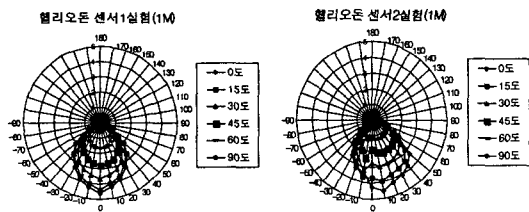


그림 3. 거리 1m일 때 광센서의 상대적 반응크기
Fig 3. Relative voltage of photosensor-Distance:1m
(센서1: 0도, 센서2: 30도, 센서3: 60도, 센서4: 90도)

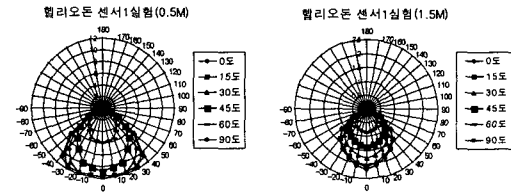


그림 4. 거리차이에 따른 광센서의 상대적 반응크기
Fig 4. Relative voltage of photosensor according to the different distances (0.5m, 1.5m)

3.2 기록계를 통한 광센서 위치와 방향성

본 실험 결과는 실내 인공조명을 소등한 상태로 오전 7시부터 오후 7시까지 총 12시간을 기록계를 통해 5초 간격으로 측정하여 5분 동안의 평균값을 저장한 것이다. 천장에 설치한 광센서의 창문에서부터 거리는 직선으로 각각 1.4m씩 떨어진 4곳을 실험했다. 각 거리별로 5개의 그래프가 결과로 나타나는데 5개로 나뉘어서 나타난 이유는 광센서의 방향성인 0도, 30도, 60도를 광센서의 천장위치에서 측광방향을 실내내부로 향하게 하는 쪽과 창문 근처의 바닥으로 향하게 하는 쪽으로 나뉘 0도는 값이 동일하므로 5개의 그래프가 결과로 나타났기 때문이다.

다음 아래의 그림 5는 실험결과 광센서의 4곳 위치 중 가장 유리하다고 판단되는 3.4m의 결과를 나타낸 것이다. 5개의 그래프를 보면 작업면 조도대 광센서 시그널의 비율이 각 작업면 조도에 따라 변화를 보여주었고 그 변화의 폭은 실내내부로 향하게 하는 쪽으로 측광을 한 광센서가 창문 근처의 바닥으로 향하게 하여 측광한 광센서보다 적게 나타났다. 또한 광센서의 방향성을 작업면 조도대 광센서 시그널의 비율과 결정계수(R^2)로 비교해 볼 때 30도와 60도로 실내내부를 측광하는 것이 유리한 것으로 나타났다. 결론적으로 창문으로부터 실내로 3.4m떨어진 천장에 광센서가 위치하여 30

도나 60도로 실내내부를 측광하는 것이 가장 최적 위치와 방향성이라는 잠정적 결론이 나왔다.

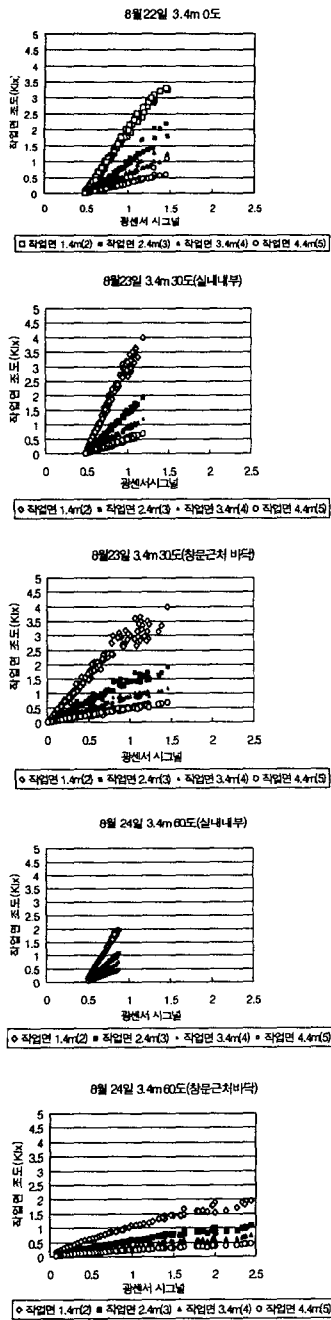


그림 5. 광센서 3.4M의 위치
Fig 5. The location of photosensor (3.4m)

4. 결론 및 향후 연구

본 연구는 광센서 조광제어시스템의 향상을 위해 광센서를 천장에 위치별, 방향별 설치를 하면서 작업면

조도와 광센서 시그널의 상관성을 분석하여 최적인 광센서의 위치와 방향성을 찾는 것이다. 다음은 실험에 이용된 특정공간에서 기록계를 통해 얻어낸 결과를 분석한 것이다.

- 1) 전체적으로 광센서 위치는 여러 측정 위치 중 3.4m가 가장 유리하다.
- 2) 광센서의 측광 2개 방향 중에 측광방향을 실내 내부로 향하게 하는 쪽이 유리하다.
- 3) 광센서의 거리구분 없이 광센서 포토셀의 방향은 30도와 60도가 유리하다.
- 4) 날씨에 대한 사항은 측정기간이 짧은 문제가 있지만 담천공이 대체로 유리하다.

이상의 연구결과는 계속된 실험으로 자료의 향상을 추구하여 광센서 조광제어시스템의 가장 큰 문제점 중의 하나인 광센서의 실내 공간에서의 최적 위치와 방향성을 도출해 낼 것이다. 이 실험에 있어서 향후 추가적 연구 사항은 광센서의 포토셀 방향을 기존 0, 30, 60도 보다 좀더 세분해서 측정하는 것이 필요하고 또한 지금 측정에 포함되어 있지만 일사센서로 주광의 유입에 따른 작업면 조도와 광센서 시그널의 관계도 동시에 파악하는 것이 도움이 될 것이다.

감사의 글

이 논문은 2001년도 에너지 관리공단 학술진흥사업 연구비 지원에 의해 연구되었음(과제번호:2001-E-EL03-P-03).

참고문헌

- (1) 최안섭, 자연채광을 위한 인공조명의 제어방법, 세종대학교
- (2) Specifier Report: Photosensors, March 1998, NLPP(National Lighting Product Information Program)
- (3) 최안섭, 광센서 조광제어시스템에 대한 2001년도 에너지 관리공단 학술진흥사업 중간 보고서, 세종대학교
- (4) 최안섭, 성민기, 광센서를 이용한 인공조명 자동제어 시스템의 개발 및 성능평가 연구, 대한건축학회논문집, 1999년 10월
- (5) 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소, 조명시스템의 자동화를 위한 주광센서 연동제어시스템의 개발 연구, 1998.12
- (6) 최안섭, 시뮬레이션과 현장측정을 통한 조광센서 연동제어 시스템의 실행분석 연구, 대한건축학회논문집, 1997년10월
- (7) 최안섭, 조광센서 연동제어시스템의 분석을 위한 컴퓨터 수치 모델의 개발 및 검증, 대한건축학회논문집, 1997년 9월
- (8) A.S. Choi, R. G. Mistrick, Analysis of daylight responsive dimming system performance, Building and Environment 34(1999)231-243