

광센서 조광제어시스템의 효율적인 광센서 형상에 관한 연구

(A optimization of photosensor shape for daylight responsive dimming systems)

주근탁* · 박병철* · 최안섭**

(*세종대학교 건축공학과 석사과정 · **세종대학교 건축공학과 교수)

(Keun-Tak Joo · An-Seop Choi)

Abstract

The most important role of photosensor is to measure on exact workplan illuminance of room when daylight responsive dimming systems are used. The shape of most optimal photosensor must be able to measure exact luminous flux without changing setting position corresponding to the change of room situations. That is, shape and positioning of optimal photosensor should be corresponded to the optimal luminous flux measurement.

1. 서 론

1.1 연구의 배경

일반적으로 대규모 사무소 건물에서 실내를 조명할 때 30~50% 정도의 에너지를 사용하게 된다. 이것은 점점 사회적, 경제적으로 에너지 절약의 화두가 되고 있으며, 나아가 높은 비율의 조명용 전기에너지 소비로 인한 에너지원의 가격 상승 및 환경보호문제에 까지 영향을 미치고 있다. 이러한 영향 때문에 사무소 건물 내에서는 주광(daylight)을 이용한 실내조명방식을 통해 많은 양의 에너지를 절감하고 있으며, 보다 나은 실내 환경을 조성할 수 있어서 주광을 이용하는 여러 가지 방법들이 진행되고 있다.

그 중에서도 주광을 이용하여 에너지 절감을 극대화 하고 최적의 실내 작업 환경을 제공할 수 있는 광센서 조광제어시스템이 사용되고 있다. 이것은 에너지 효율적인 측면에서 유입되는 주광의 양만큼 인공조명을 줄이는 시스템이다. 즉, 광센서를 이용하여 주광을 적극적으로 활용하고 전기조명의 에너지의 부하를 최소화하면서 전기조명과 주광을 합친 작업면의 조도가 항상 계획된 조도 값을 유지할 수 있도록 하는 시스템이다. 이러한 시스템은 형광램프를 주 광원으로 하며 주광이 들어오는 곳은 어떤 곳에도 적용될 수가 있다. 특히, 많은 형광램프가 사용되며 주광이 잘 들어오는 도심의 고층 사무소 건물에 적용하면 더욱 큰 에너지 절약효과를 기대할 수 있다. 현재까지 이러한 시스템을 적용한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 그 결과 약 30~60% 정도의 에너지를 절감할 수 있다는 결과가 나왔다[1].

그럼에도 불구하고 이 시스템은 실제로 적용이 매우

낮은 수준인데 이것은 시스템을 위한 정확한 데이터가 부족하기 때문이다. 즉, 광센서 조광제어시스템의 성공적인 실행여부는 광센서가 작업면의 조도를 얼마나 정확히 측정하고 그 값을 잘 나타내 주는가에 달려있다.

따라서, 본 연구에서는 선행되었던 광센서의 방향성과 위치가 작업면 조도와 광센서 시그널과의 상관성에 미치는 영향에 대한 연구를 기본으로 이것을 활용한 효율적인 광센서 형상에 대한 기초 자료를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 목적

광센서 조광제어시스템의 정확성에 영향을 미치는 요소는 콘트롤 알고리즘(Algorithm), 적절한 센서의 위치(Location)와 방향성(Spatial distribution), 광센서 보정(Calibration)으로 나누어 볼 수 있다. 최근에는 광센서 보정 및 콘트롤 알고리즘에 관한 연구와 광센서의 위치 및 방향성이 실내 조도분포와 광센서 시그널과의 상관성에 미치는 영향에 관한 연구가 진행되고 있지만, 보다 정확한 실내 작업면 조도를 측정하기 위하여 광센서의 형상에 관한 연구가 병행되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 시스템의 정확성을 위해 중요한 요소인 광센서의 효율적인 형상에 관하여 기존 조광제어시스템에 사용되고 있는 광센서의 사례 및 문제점을 밝히고 그것들의 보완해야 할 점들에 대한 자료를 제시하고자 한다.

2. 광센서의 기본원리

2.1 센서의 정의

센서란 온도, 압력, 소리, 빛 등 여러 종류의 물리량을 검지, 검출하거나 판별, 측정하여 신호로 전달하는 기능을 갖춘 소자(素子), 또는 이러한 소자를 이용한 계측기로 생물학 용어인 감각기(sensorium)와 같은 말이며, 라틴어의 sensus에서 만들어진 공학 용어이다.

2.2 광센서의 작동원리와 목적

광센서는 발광부에서 발사된 변조광이 검출물체가 검출영역에 들어감에 따라 수광소자에서 입사광의 양이 증가(또는 감소)하게 되고, 이 증가(또는 감소)한 입사광의 정류신호 레벨이 동작레벨에 도달하면 그에 맞는 출력을 내어 결과를 보여주는 원리이다. 작동상 광센서는 투과형, 확산 반사형, 회귀 반사형으로 구분되는데 조광제어시스템에서는 작동원리상 확산 반사형 광센서를 사용한다. 그림 1은 확산 반사형 광센서의 작동원리에 관하여 도식화 한 것이다[2].

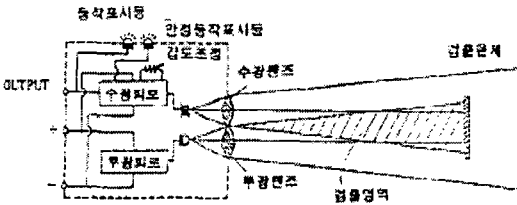


그림 1. 확산 반사형 광센서
Fig. 1. Reflected diffusion of photosensor

광센서는 빛의 양을 탐지하는 것을 기초로 한 인공조명의 출력 값을 자동적으로 조정할 수 있는 전기적 제어장치이다. 조명 제어 장치는 조명을 조광하거나 스위치의 점소등에 의해 거주자들이 자신들의 조명환경을 제어할 수 있도록 한 시스템이다. 조명 스위치, manual 조광기, 창문 블라인드 같은 몇몇 제어 장치는 거주자에 의해 바로 제어 될 수 있는 반면에 거주 감지 센서, timer 그리고 광센서는 거주자의 행동에 의해 디자인 되어진다.

광센서는 거주자의 제어를 수반하거나 대신하는 자동적 제어의 한 형태이다. 광센서를 이용한 제어 장치의 설치에 대한 주요한 이유는 최대 출력이 필요하지 않았을 때 인공조명을 조광하거나 스위치의 소등에 의해 에

너지를 보존하는 목적에 있다. 즉, 자동적인 제어의 이점은 사람의 간섭 없이 에너지 절감이 가능하다는 것이다. 이것은 조광용 안정기와 결합을 했을 경우에 광센서는 주광이 실내로 들어오는 양을 기초로 조명을 자동적으로 조광하게 된다.

2.3 광센서가 갖추어야 할 요건

광센서는 빛에 반응하여 입사 복사에너지를 전류로 바꾸는 실리콘 칩인 포토셀과 이와 관련된 회로, 케이스로 구성되어 있다. 여기서, 포토셀은 광을 탐지하는 기능을 하며 측정된 빛의 양으로 인해 인공조명의 출력을 자동적으로 조절할 수 있도록 하는 광센서 조광제어 시스템에서 가장 중요한 부분이다. 포토셀은 인간의 눈보다 전자기장 스펙트럼의 UV(자외선)와 IR(적외선)의 범위를 벗어난 영역에서 민감하게 반응하기 때문에 인간의 눈의 대략적인 반응을 포토셀의 스펙트럼 반응으로 만들기 위해서 일반적으로 컬러 컬렉션 필터(Color correction filter)를 포함하고 있다[3]. 일반적으로 광센서가 갖추어야 할 요건은 다음과 같다.

- 우수한 감도(sensitivity)
- 선택도(selectivity)
- 안정도(stability)
- 복귀도(reversibility)

그리고 광센서를 설치하는데 있어서 주의할 사항은 그림 2에서 보듯이 인공 조명시스템을 사용하는 공간에서 광센서에 의해 주광이 측정될 때 인공 광원을 가로질러 측정되지 않도록 해야 하며, 센서의 방향성이 인공조명을 향하게 하지 않도록 주의해야 한다. 그러므로 광센서를 설치하는 위치는 조명기구의 옆 또는 조명기구들 사이나 조명기구와 같은 높이의 천장에 광센서를 설치하며 또한 조명기구의 배광곡선을 침범하지 않아야 한다. 그림 2는 광센서를 설치시 참고사항에 대한 주의사항을 도식화 한 것이다[4].

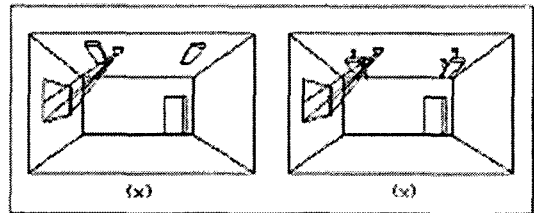


그림 2. 광센서 설치시 참고사항
Fig. 2. Reference of setting a photosensor

3. 효율적인 광센서 형상

3.1 광센서 형상과 방향성

조광제어시스템에서 광센서의 역할인 작업면의 조도 측정시 오차범위를 줄이기 위해서는 포토셀의 신호후에서의 조사 방향성과 그것을 적절히 유지시켜 주는 광센서의 형상에 대한 연구가 병행되어야 한다. 광센서와 방향성의 관계에서는 광센서의 방향성이 넓게 분포되어 있는 광센서보다 비교적 좁고 협소한 방향성을 가진 광센서가 조광제어시스템에 적합한 것으로 나타났다. 이는 광센서가 정확한 데이터를 측정하기 위해서 협소한 방향성을 갖은 포토셀을 사용함에 따라 넓은 방향성을 갖은 광센서보다 재실의 환경변화에 민감하도록 대응하여 작업면 조사의 조절이 용이해야 한다는 것이다.

3.2 광센서 형상과 위치

방향성과 아울러 부착위치에 있어서도 광센서의 형상에 대한 연구가 병행되어야 한다. 이는 재실환경의 변화에 다채롭게 대응하기 위해 광센서의 조사범위가 광각적으로 연동이 가능해야한다. 또한 광센서 조광제어시스템을 이용할 때 CEC(California Energy Commission)에서는 창문으로부터 5m이상의 거리에서는 주광의 양이 충분하지 않기 때문에 5m이상의 거리에 광센서를 설치하지 않는 것이 합리적이라고 하였다. 그러므로 광센서에 의해 제어되는 면적은 창문으로부터 대략 2/3지점의 깊이에 떨어져 위치되는 것이 바람직 하며, 창문으로부터 대략 3m의 거리에 광센서가 설치되는 것이 합리적이라고 제안하였다[3]. 기존 연구에 의한 광센서 위치에 대한 결론은 다음과 같다[4].

1) 건물의 방위각이 남향이고 센서의 위치가 창문에서 3.4m의 위치에 있을 때 작업면 조도와 센서 시그널의 상관성을 나타내는 결정계수가 높은 것으로 나타났다. 그 이유는 남향일 때 직사일광이 실내에 직접적인 영향을 주기 때문에, 이러한 직사일광의 영향을 배제할 수 있는 위치에서 상관성이 좋은 것이다.

2) 센서의 위치가 창문에 근접해 있을 때(1.4m)의 경우는 직사일광 때문에 작업면 조도와 센서 시그널의 상관성을 나타내는 결정계수가 낮게 나타났다. 그러므로 센서의 위치가 창에서 가까이 위치해 있다는 것은 시스템의 실행에 적합하지 않은 것이다.

3.3 광센서 형상의 고려사항

위에서 언급하였듯이 조광제어시스템에서 실내에 유입되는 주광의 조도를 측정하는 것이 이 시스템의 정확한 데이터 처리 부분에 중요한 관건이다. 보통 광센서는 천장에 설치되나, 작업면에서의 조도변화가 광센서의 설치 및 위치선정에 영향을 미치고 있다. 일반적으로, 광센서 제조업자들은 광센서의 위치 및 조사에 대한 사양을 제공한다. 이는 주광을 받는 작업면 위에 광센서를 조사하기도 하며, 직접광 센싱 또는 작업면 반사 변화의 영향을 피하기 위하여 내부벽으로 향하여 광센서를 조사하기도 한다. 또한, 주광의 직접 노출로부터 광센서를 보호하는 동안 창문 근처 바닥에 광센서를 조사하기도 한다. 이와 같이 작업면 조도를 측정시 여러 가지 주변 요소가 측정의 오류 요인으로 작용할 수 있는 것이다. 또한 대규모 사무소 빌딩들은 작업면의 유동성을 고려한 오피스 랜드스케이핑 방법을 통하여 재실의 파티션을 나누어 사용하고 있다. 이는 조광제어시스템의 유지관리에 있어서 광센서가 유동적인 작업면에 대하여 초기 설치시 고정된 부착위치에 한하여 여러 조사면을 측정할 수 있도록 그 움직임 역시 유동적으로 반응해야 한다는 것이다. 즉, 초기 기준면이 되는 작업면이 시간이 경과함에 따라 재실의 여건상 가구의 배치 변경, 공간 분할, 표면 반사, 태양광이 입사하는 방향, 작업면의 조명사용, 거주자의 위치 변화등의 요인으로 변경된 작업면을 조사해야 할 필요성이 있기 때문이다. 하지만 기존의 조광제어시스템에 사용되는 광센서들은 조사방향이 고정되어 있거나 부착면을 기준으로 수직적 움직임만을 할 수 있는 형상들이 대부분이어서 향후 광센서의 조도 측정시 변동적인 작업면을 조사하기에 여러 가지 문제점을 안고 있다. 이는 유지관리상 변동사항에 따른 부착위치변경 및 재설치 등의 불가피한 작업을 초래할 수 있다. 그림 3과 4는 기존에 이와 같은 조광제어시스템에 사용되고 있는 광센서의 형상으로 조사 방향에 대해 유동적이지 못한 예시를 들고 있다. 이 광센서들은 설치 후 재실의 가변적인 변화에 대응하기 힘든 형상들이다.

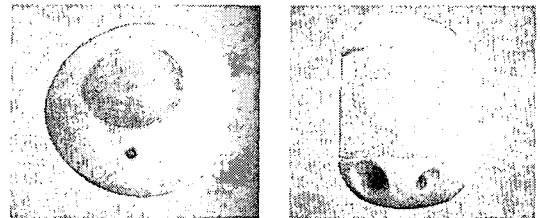


그림 3. 고정방향 조사가능한 광센서형상
Fig. 3. Shape of photosensor to measure fixed sight

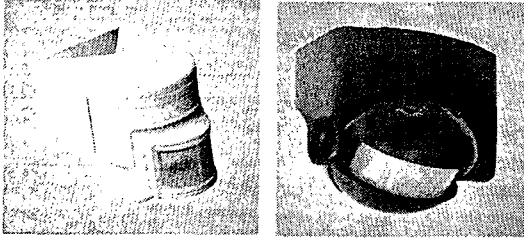


그림 4. 수직방향만 조사가능한 광센서 형상
Fig. 4. Shape of photosensor to measure vertical sight

3.4 효율적인 광센서 형상 제시

광센서를 이용한 조광제어시스템은 에너지의 절약 및 합리적인 사용의 요구에 맞추어 사무소 건물에서 최대한 에너지를 절약하고 최적의 작업환경을 제공 할 수 있는 인공지능 시스템이다. 하지만 이를 위해서는 시스템의 정확성이 가장 우선시 되어야 하는데, 이것은 데이터의 입력부인 광센서의 역할이 중요하다. 이를 위해서는 광센서가 재실 작업면의 조도를 정확하게 측정해야 하는데, 이때 광센서의 방향성과 위치등의 변수에 적절히 대응하는 것이 가장 중요하고 아울러 이러한 변수들에 대응하기 위해서는 광센서의 효율적인 형상에 대한 연구가 함께 이루어져야 한다. 효율적인 광센서의 형상은 위에서 언급하였듯이, 건물의 시간적 변화에 대응하여 기존의 재실 작업면 조사의 유동적 성질을 가져야 한다는 것이다. 이를 위해서 기존의 조사각도에 대한 고정식 또는 단방향의 움직임만을 가지고 있는 광센서들은 초기 설치 후 재실의 변화에도 불구하고 부착위치를 바꾸지 않기 위하여 천장을 기준으로 수평적 360°, 수직적 90°의 조사각도의 폭을 가져야 한다. 그림 5는 이러한 요구에 적절히 대응한 광센서의 형상을 나타내었다.

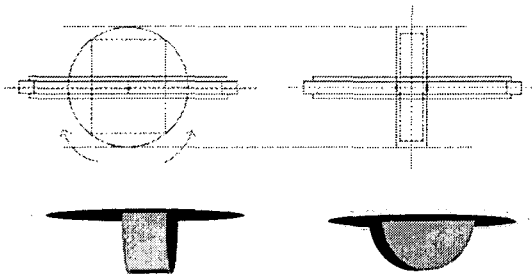


그림 5. 효율적인 광센서 형상 1
Fig. 5. Type 1 of optimal photosensor

또한 선행 연구들에 의해 도출되었던 결론들을 근거로 하여 조광제어시스템이 설치될 재실의 향과 면적, 그리고 개구부(창)의 면적에 따라 광센서의 적정 부착 위치가 결정 되어야 한다. 아울러 적정 위치가 결정되어 지고 나면 작업면에 대한 정확한 조사각을 맞추기 위하여 회전부위들에 대한 각도의 표시 및 일정한 각도에 따른 구동이 이루어져야 한다. 그림 6, 7은 효율적인 광센서의 다른 대안이다.

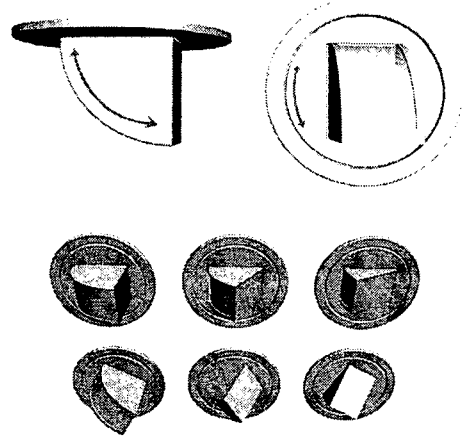


그림 6. 효율적인 광센서 형상 2
Fig. 6. Type 2 of optimal photosensor

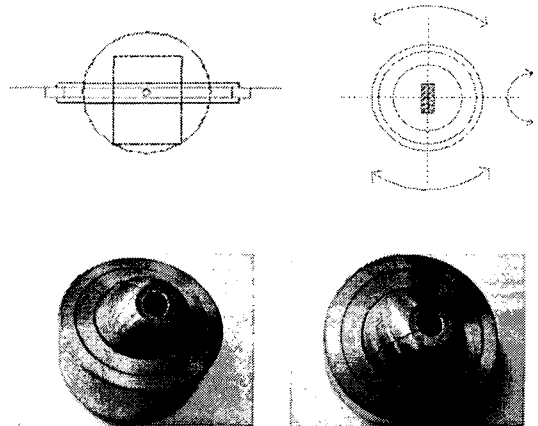


그림 7. 효율적인 광센서 형상 3
Fig. 7. Type 3 of optimal photosensor

광센서는 재실의 천장에 부착되는 것이므로 재실자의 시야에 방해가 되는 것을 피해야한다. 이는 기존 건물에 통용되는 천장 부착물인 연기 감지거나 재실 감지기 와 병행하여 크기 및 색깔이 디자인 되어야 한다. 또한 유지관리 시에 교체가 용이하여야 한다.

4. 결 론

본 연구에서는 조광제어시스템에서 사용되는 광센서의 효율적인 형상에 관하여 위치와 방향성의 연구와 병행하여 기본적인 기초 자료를 제시하였다. 이는 광센서가 갖는 유동적인 기능에 대한 필요성을 언급한 것으로 어떠한 재질의 변화에도 초기 센서부착 위치에 변화없이 작업면의 조도를 측정해야 한다는 것이다. 향후에는 광센서 형상에 관한 실험모형(mock-up) 및 샘플링(sampling)을 통하여 보다 정확한 재질 작업면 조도측정의 방안에 대한 연구가 진행되어야 하며 기존 작업면에 대한 조사각의 구동시 좀더 세분화하여 조사할 수 있도록 연구해야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 에너지 관리공단 2003년 에너지 자원기술개발 사업 연구비에 의하여 연구되었음(과제번호 2003-E-EL01-P-04).

참 고 문 헌

- [1] 최안섭 외, 조명시스템의 자동화를 위한 주광센서 연동 제어시스템의 개발연구,삼성물산(주) 기술연구소,1998.2.
- [2] <http://www.hlauto.co.kr/products>
- [3] Specifier Report:Photosensor, NLP(P(National Lighting Product Information Program), 1998.12.
- [4] 정근영, 광센서 조광제어시스템의 광센서 방향성과 위치에 관한 시뮬레이션 연구, pp.97, 2002.12.