

자연채광을 고려한 인공조명 제어시스템

자연채광을 적극적으로 이용하는 폐회로 비례제어를 이용한 광센서 조명제어시스템을 소개하고자 한다.

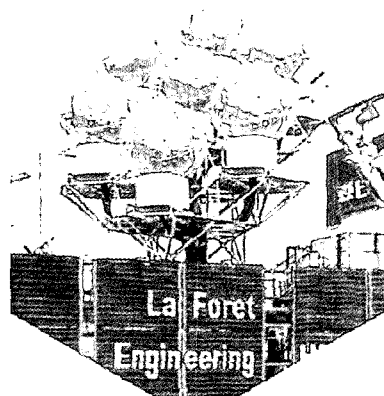
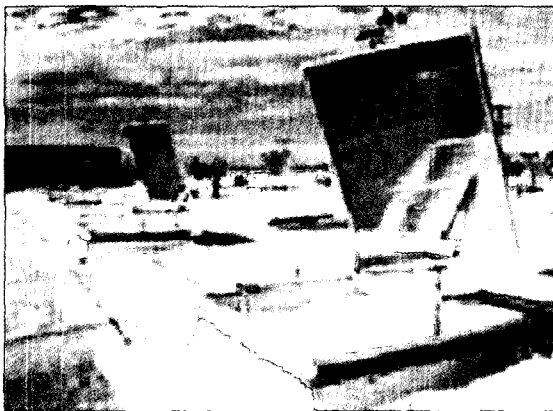
이 호 열

(주)힘센 에스코 부설기술연구소(hylee@himssen.com)

일반 사무실 건물에서 인공조명을 이용하여 작업에 필요한 적정 조도를 확보하기 위한 에너지 소비량은 건물 전체 전기에너지 소비량의 약 30~50% 정도에 달한다. 외부로부터의 자연채광을 적극적으로 이용하여 인공조명에의 의존도를 낮추면 많은 양의 전기에너지를 절약할 수 있을 뿐만 아니라 좀 더 쾌적한 시작업 환경을 창출해낼 수 있다.

자연채광을 고려한 인공조명 제어의 경우, 개회로 제어시스템(open-loop control system), 폐회로 제어시스템(closed-loop control system)으로 크게 나누어진다. 그 중에 조명기구의 시간 경과에 따른 출력광속 저하를 고려할 수 있는 피드백(feedback) 알

고리즘을 적용한 시스템은 폐회로 제어시스템으로 현재까지 폐회로 제어시스템을 적용한 연구가 활발히 진행되어 전기에너지를 약 30~60% 정도의 에너지를 절감할 수 있다는 결과가 나와 있다. 그럼에도 불구하고 현재 국내에서는 형광등의 조광(dimming) 제어시스템을 수입에 의존해야 하는 관계로 초기 투자비의 증가원인이 되며, 자연채광을 고려한 조명제어시스템을 국내에 적용하기 위하여 국내의 환경에 맞는 시스템의 개발이 필요하다. 또한 외국에서의 연구결과를 보면 인공조명의 정확한 제어를 위한 실내 작업면 조도와 광센서 시그널간의 관계 파악 및 제어시스템 각 구성요소의 데이터 부족으로 실생활



[그림 1] 설비형 자연채광 시스템의 예



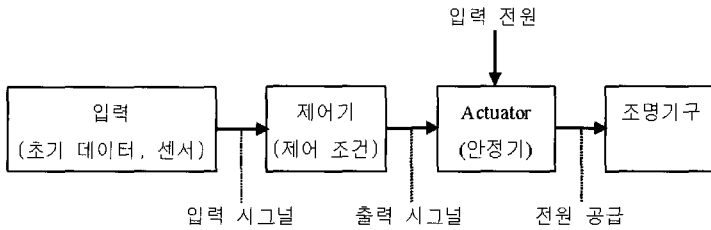
에서 제대로 적용되지 않고 있다.

자연채광 시스템

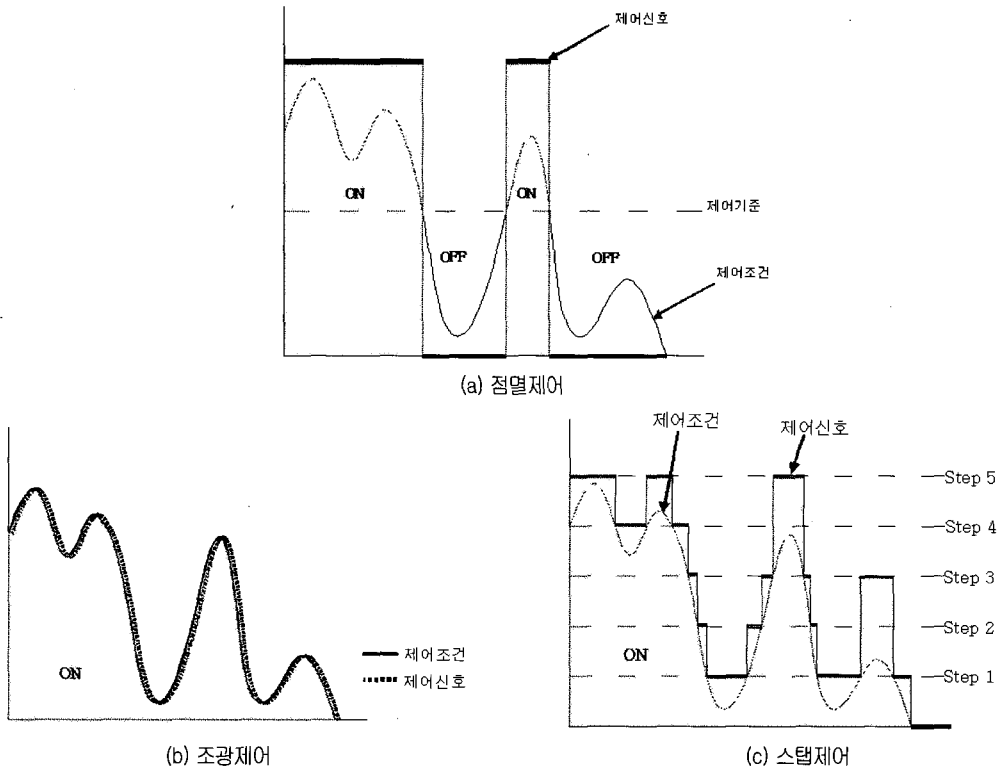
자연광을 실내 조명에 활용하기 위한 방법은 전통적인 채광방법으로서 조망의 기능을 병행하는 일반적인 형태의 창문과 차양에 의해 채광하는 자연형 자연채광 시스템(Passive Daylighting System)과 자

연광을 보다 적극적으로 활용하기 위하여 별도의 장치를 사용하는 설비형 자연채광 시스템(Active Daylighting System)으로 구분된다.

설비형 자연채광 시스템은 보다 효율적인 자연채광을 위하여 별도의 설비시설을 건물에 설치하는 방법이다. 효율적인 자연채광이란 실내로 유입되는 자연광의 집광면적을 증가시키고, 집광된 자연광을 별도의 이송설비를 이용하여 필요한 용도와 위치에 사용



[그림 2] 일반적인 조명제어시스템의 구성



[그림 3] 제어방법에 따른 제어조건과 제어신호의 관계

할 수 있는 적극적인 채광방식이다. 설비형 자연채광 방식은 과학기술의 발달과 에너지 절약의 기대에 부응하여 여러 가지 방식의 제품들이 개발되고 있으나 고가의 설치비용으로 인하여 사용이 제한되고 있다.

조명제어이론

조명제어는 건물에서 불필요한 조명을 차단함으로써 건물의 에너지 사용량을 감소시킬 수 있는 가장 쉬운 방법 중 하나이며, 실내 시환경의 쾌적성 유지와 유지관리의 효율성 제고, 에너지 절약 등이 주목적이다. 조명제어는 제어방법에 따라 점멸제어, 조광제어, 스텝제어로 구분된다(그림 3).

또한, 제어시스템에 따라 재실감지 제어시스템, 스케줄 제어시스템, 개회로 및 폐회로 제어시스템으로 구분할 수 있다.

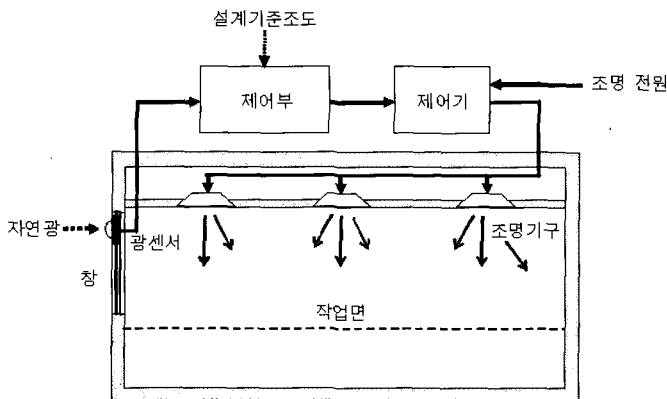
재실감지 제어시스템은 적외선센서나 초음파센서 등에 의해 재실자의 유무를 검출 자동적으로 조명의 점멸을 시행하는 방법을 말한다. 잦은 점멸은 작업의 쾌적도를 저해할 수 있기 때문에 근래에는 재실센서가 부착된 조명기구가 주거건물의 현관이나 사무실 건물의 화장실 같은 공용부분의 제어와 융합실, 회의실 등 사용이 비정기적인 실의 제어에 주로 사용한다.

스케줄 제어시스템은 시각에 따라서 조명기구를 점등하는 조광제어이다. 업무를 시작하기 전후, 점심시간 등 건물의 사용률에 따라 조명기구가 요구되

는 레벨 및 역할 등에 대하여 자동적으로 점멸 또는 조광을 하는 방법이다. 제어패턴이 많은 경우나 제어대상구역이 세분화된 경우는 조명을 위한 전용의 제어장치를 사용하는 경우가 많으며 옥외 조명도 타임 스케줄에 따라 제어가 되는 곳이 많다.

개회로 제어시스템은 외부로부터 광센서로 유입되는 자연광의 레벨만을 감지하여 인공조명기구의 출력을 제어하는 방법으로 자연광을 이용하는 대표적인 제어이다. 이 방식은 광센서를 외부 자연광의 확보량을 가장 잘 감지할 수 있는 위치에 설치하고 센서의 시야를 좁게 하여 창문으로부터의 자연광만을 감지하도록 하고 인공조명으로부터의 빛은 감지하지 않도록 한다. 개회로 제어시스템은 제어 알고리즘이 단순하다는 장점을 갖고 있지만 조명기구의 사용시간 경과에 따른 출력광속의 저하를 고려하지 못하는 단점을 가지고 있다(그림 4).

폐회로 제어시스템은 작업면으로 유입된 자연광과 인공광이 작업면으로부터 천장을 향해 반사되는 빛의 레벨을 광센서로 감지하여 인공조명기구의 출력광속을 제어하는 방법으로 개회로 제어시스템과 함께 자연광을 이용하는 대표적인 제어이다. 인공조명기구로부터 나온 빛을 감지하고 그 정도에 따라서 다시 인공조명기구의 출력광속을 제어하기 때문에 폐회로 제어시스템이라 부른다. 이 방식에서 광센서의 위치는 자연광에 의해 조명이 가능한 영역에서 창문으로부터의 깊이의 2/3지점 천장에 하향으로 설치한다. 광센서의 시야는 넓은 지역을 바



[그림 4] 개회로 제어시스템



라 볼 수 있게 하지만 창문으로부터의 자연광은 직접 보지 않도록 하고 작업면의 반사광을 측정하도록 해야 한다(그림 5).

광센서

일반적으로 광센서(Photosensor)란 빛을 검출하여 전기신호로 변환하는 센서로 빛이 물질에 작용하였을 때 전기적 성질이 변화하는 광전 현상에 의해 빛을 감지한다. 특히 NLP(PIP(National Lighting Product Information Program)에서는 광센서 내부의 포토셀(Photocell)을 입사하는 복사에너지를 전류의 형태로 바꾸는 빛에 반응하는 실리콘 칩이라고 정의 내리고 있으며, 광센서는 이 포토셀과, 전류를 조광용 전자식 안정기(또는 다른 제어장치)에 적합한 제어 신호로 변환시키는 회로의 완전한 장치로서 정의 내리고 있다. 대부분의 광센서는 포토셀이 인간의 눈이 반응하는 것과 유사한 스펙트럼 반응을 얻게 하기 위해서 필터를 사용한다. 광전 현상에 따라 광센서를 분류하면 광도전형, 광기전력형, 광전자형, 자외선 센서, 복합형으로 분류할 수 있다.

조광용 전자식 안정기

형광등과 같은 방전램프는 기체방전의 발광을 이용한 것으로 특성상 별도의 점등회로인 안정기가 필요하다. 다음은 안정기의 주요 기능이다.

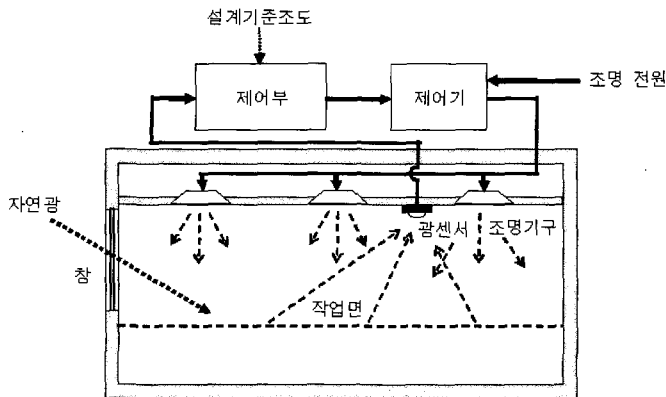
- 회로손실의 절감과 램프 발광효율의 향상에 의한 절전화
- 소형 경량화
- 램프 시동시간의 단축
- 전원전압, 주위온도 등 환경 변화에 대한 적응성 개선
- 조광 및 자동점멸제어
- 안전성 및 고신뢰성
- 전자과 잡음 억제 및 저소음
- 초기 비용의 절감

한국산업규격(KS C8102, KS C8100)에 따르면 자기식 안정기는 변압기, 초크코일, 캐패시터 등의 전부 또는 일부로 구성되어, 램프를 적정하게 동작시키는데 사용하는 것으로 명시되어 있으며, 전자식 안정기는 반도체 소자와 변압기, 초크코일, 캐패시터 등에 의해 시동 및 점등회로를 가진다. 모든 안정기는 크게 회로 방식과 사용램프에 따라 구별된다(그림 6).

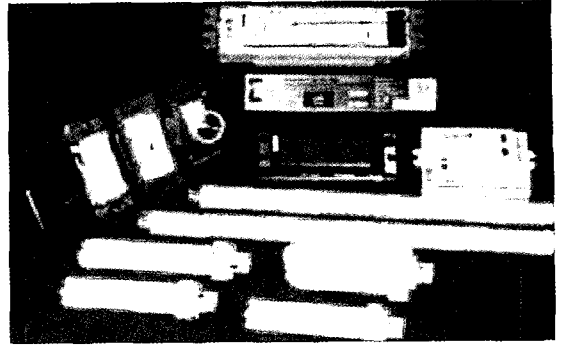
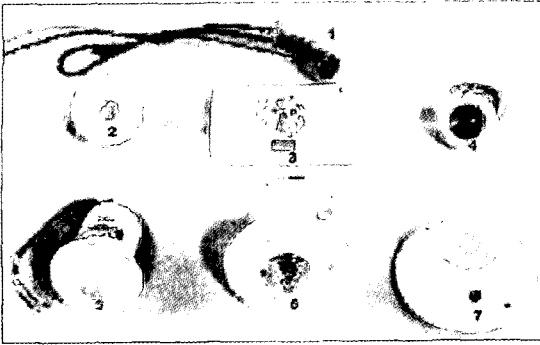
제어기(알고리즘)

일반적인 제어방식으로는 여러 종류가 있지만 현재에는 몇 가지 방법을 조합하는 제어를 많이 사용한다. 조명제어시스템의 경우에는 다음 3개의 기본적인 제어 알고리즘을 사용한다.

- 적분제어(Integral control)



[그림 5] 폐회로 제어시스템



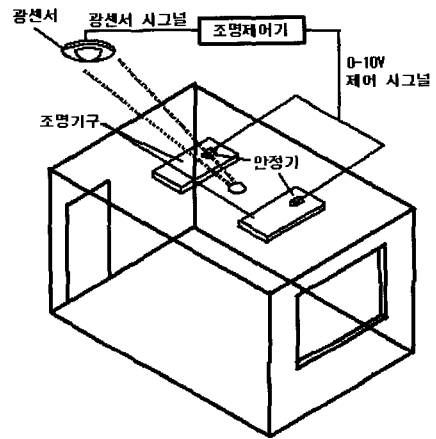
[그림 6] 광센서, 조광용 전자식 안정기의 예

- 개회로 비례제어 (Open-loop proportional control)
- 폐회로 비례제어 (Closed-loop proportional control)

적분제어는 가장 간단한 제어 알고리즘이다. 미리 설정해 놓은 레벨에 따라 광센서에서 출력되는 시그널이 일정하게 유지하기 위해서 제어전압을 계속적으로 증가하거나 감소시킨다. 만약 일정한 광센서 시그널을 유지하기 위하여 인공조명의 출력광속이 충분히 증가되지 않으면 제어전압은 최대값을 유지하고 광센서 시그널은 설정점(set point) 아래로 떨어진다.

개회로 비례제어는 피드백(feedback) 알고리즘을 포함하지 않는다. 만일 광센서 시그널이 없다면 인공조명의 출력광속은 100%를 하고 광센서 시그널이 자연광에 반응하는 정도에 따라 비례식에 의해 인공조명이 조광된다. 이러한 비례식은 보정(Calibration)을 통하여 공간의 특성이나 자연광의 상태에 따라 적절히 조정하게 된다. 특히 외부 천공상태에 따라 상이한 결과를 초래할 수 있기 때문에 적절한 보정이 필요하다.

폐회로 비례제어는 개회로 비례제어와는 달리 광센서가 자연광과 인공조명에 의한 광량을 동시에 감지한다. 적분제어와는 달리 광센서 시그널이 항상 일정하지 않으며 일반적으로 야간에 보정을 실시한다. 작업면 조도와 광센서에 의해 감지되는 조도의 합이 미리 설정한 조도값과 같아질 때까지 기율기에 의해 조절된다. 여기서 미리 설정해 놓는 조도는 야간에 인공조명의 100% 출력에 의한 조도값으로 설정한다.



[그림 7] 광센서 조명제어시스템의 개념도

광센서 조명제어시스템

앞서 거론된 광센서와 조광용 전자식 안정기, 제어기가 광센서 조명제어시스템의 기본적인 구성요소가 된다(그림 7). 광센서 조명제어시스템은 실내로 유입되는 자연광을 이용하여 실내 공간의 인공조명을 줄여줌으로써 에너지 소비를 최소화하여 에너지 절감을 이룰 수 있도록 하는 시스템으로 주광의 양을 광센서로 감지하여 자동으로 인공조명의 밝기를 조절함으로써 실내조도를 미리 설정해 둔 조도값으로 항상 일정하게 유지시켜 준다.

광센서 조명제어시스템의 제어 과정은 다음과 같다.

- 1) 광센서는 제어되는 공간의 광량을 감지한다.



- 2) 감지한 광량을 전기적 신호(전류)로 변환하여 제어기로 보낸다.
- 3) 제어기는 선택된 알고리즘에 의하여 설정된 조도값을 유지하기 위해 필요한 조광값을 연산한다.
- 4) 연산한 값을 전압(0~10 V)으로 변환하여 조광용 전자식 안정기로 보낸다.
- 5) 조광용 전자식 안정기는 제어기로부터 받은 전압에 따라 인공조명의 광속량을 조절한다.

위의 제어과정과 같이 자연광과 인공조명을 병행하여 실내공간을 미리 설정된 일정한 조도로 유지시킴으로써 쾌적한 시환경 및 에너지 절약효과를 얻을 수 있다. 또한, 재실자로 하여금 외부환경을 직접적으로 접촉하는 개방감을 느끼게 하여 작업능률 및 생산성 향상에도 영향을 미치게 된다.

향후 연구방향

사무실 건물의 에너지 절약과 쾌적한 시환경 창출

을 통한 생산성 향상을 위한 조명제어시스템에는 몇 가지 종류가 있다. 그 중에 피드백 알고리즘을 적용하여 시간경과에 따른 조명기구의 출력광속 저하를 고려할 수 있는 광센서 조명제어시스템은 가장 진보적인 시스템이라고 할 수 있다. 하지만 실의 형태 및 크기, 창의 형태 및 크기 등의 차이로 인하여 일률적인 시스템 적용이 어렵다. 또한 제어하려는 실내의 조도기준은 작업면인 반면, 광센서는 일반적으로 실내 천장에 설치되기 때문에 이에 따른 상관관계 파악이 시스템 성공 여부의 변수가 된다. 이 외에 조광용 전자식 안정기나 제어기에 대한 연구도 진행되고 있지만 통합적인 시스템 구축을 하기에는 많은 어려움이 따른다.

향후에는 실의 형태 및 크기, 창의 형태 및 크기 별로 좀 더 많은 변수를 적용한 실험 및 연구가 실시되고, 일반적으로 사무실에 적용되는 차양장치 및 실내 구성요소들을 여러 경우의 변수로 가정한 데이터들을 확보함으로써 통합된 조명제어시스템에 대한 평가를 통하여 좀 더 정확한 실험모델이 개발되어야 할 것이다. ㉔