

재실감지와 주광이용에 의한 사무소 건물의 에너지절감

최안섭 <삼성 건설기술연구소 선임연구원>

성민기 <삼성 건설기술연구소 주임연구원>

1. 서 론

1970년대 오일쇼크 이후 에너지 가격이 지속적으로 상승하고 있으며, 1990년대에 들어서는 지구 환경 보호 문제가 중요한 이슈로 등장하고 있다. 이러한 요인들로 인해 건물의 에너지 소비량 절감에 대한 관심이 증대되고 있는 가운데, 사무소 건물의 전기에너지 소비량 중 많은 부분을 차지하고 있는 조명용 전기에너지에 대한 절감방법이 지속적으로 연구되어 오고 있다. 조명용 전기에너지는 전체의 약 30~40[%]를 차지하고 있고, 이것은 미국 통계에 의하면 건물의 사용 면적당 약 $\$6.5/m^2/년$ 에 해당한다.

미국에서는 조명용 에너지 절감을 위해 정부, 전력공급회사, 학회 등에서 모두 노력하고 있다. 환경청(Environmental Protection Agency)에서는 "Green Light" 프로그램으로 조명용 전기에너지의 절감을 환경보호운동으로 연결하고 있다. 조명용 에너지가 10[%] 절약될 때 모든 유해가스(CO_2 , SO_2 , NO_x 등)의 방출이 12[%] 감소하고, 특히 CO_2 의 방출량 감소는 약 4천4백만대의 자동차가 도로에서 사라지는 효과와 같다고 한다. 이것은 연 6천6백만 [kwh]의 에너지가 절약되는 것으로 연 16억불의 조명용 전기에너지 절감 효과를 가져온다. 또한 에너지성(Department of Energy)에서는 FEMP(Federal

Energy Management Program)을 통해 2000년까지 미국내 공공건물의 에너지 소비량을 20[%] 감소시킬 계획이다(1985년 대비). 이 프로그램은 파트너쉽 창출, 기술전수, 교육, 원조 등을 통해 조명용뿐만 아니라 냉난방을 포함한 건물의 전체 에너지 소비량을 감소하는 것이다. 전력공급회사에서는 소비자들에게 리베이트, 융자, 에너지 사용/용도 검사(audit), 효율적인 조명이용을 위한 교육 등을 추진하고 있다. 관련 학회에서는 표준과 가이드라인 등의 제안을 통해 건물의 에너지 효율 향상을 이끌고 있다. 이런 노력들의 최종목적은 에너지 절감을 통해 에너지 수요를 최소화하여 많은 공해를 방출하는 화력발전소의 증설을 막아보자는데 있다.

우리나라에서도 지난 1996년부터 녹색에너지가족 운동본부가 에너지관리공단과 공동으로 녹색 조명운동을 전개하고 있다. 1998년 7월까지 10차례의 기업 참여약정을 통해 330개 기업의 1,129개의 사업장에서 재래식 조명을 전자식 안정기, 절전형 32[W] 형광램프, 전구형 형광램프, 고조도 반사갓 등의 에너지절약형 최신기기로 교체하였다. 이를 통해 얻어지는 경제적인 효과는 총 32만[MWh](약 164억원) 상당의 전력을 절감할 수 있으며, CO_2 의 발생량도 약 16만 톤을 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 그리고 한국전력에서도 고효율 기자재에 대한 리베이트 제도를 운

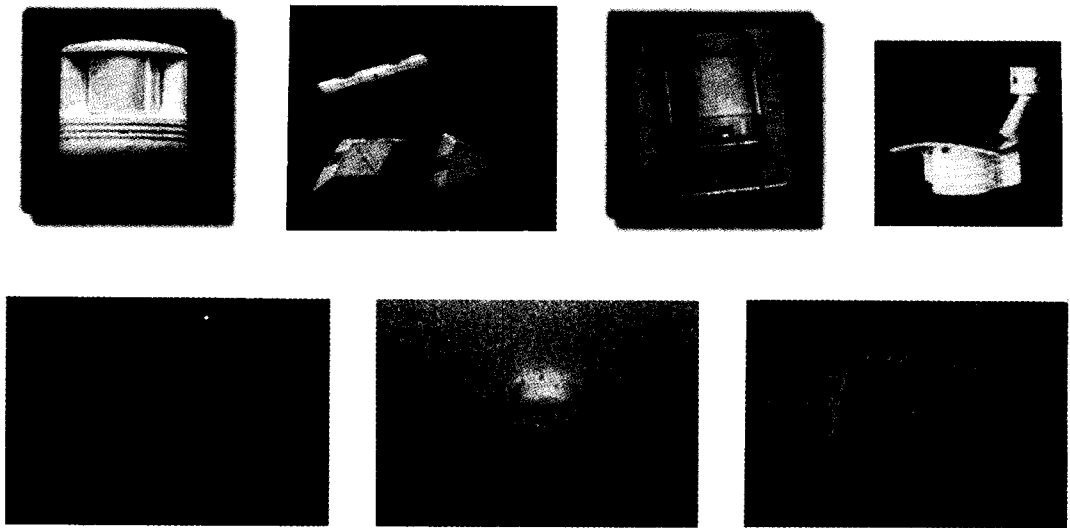


사진 1. 재실감지 센서의 예

영하고 있다.

국가적, 제도적 뒷받침아래 이러한 사업들이 확장되고 있고, 고효율 기자재 생산업체에서는 고효율 제품의 차별성을 부각시키기 위해 새로운 제품개발에 박차를 가하고 있다. 이러한 고효율 하드웨어의 사용은 당연시되고 있으며, 아울러 좀더 적극적인 방법인 조명제어를 통해 에너지를 절감하려는 노력이 증대되고 있다. 현재 국내외적으로 많이 보급되고 있는 재실감지에 의한 제어나, 자연에너지의 이용차원에서 적용이 확대되고 있는 주광이용에 의한 제어를 들 수 있다. 재실감지센서는 일반 공동주택에까지 설치될 정도로 일반화되었으나, 시스템에 대한 이해 부족으로 사용상 불편함이 발견되곤 한다. 주광이용에 대한 개념은 오래전부터 제기되어 왔으나, 아직 해결되

지 못한 문제점들로 인해 실질적인 적용은 확대되지 못하고 있다. 본 고에서는 재실감지에 의한 제어와 주광이용에 의한 제어의 원리와 방법 그리고 일부 제품들에 대한 사양을 소개하고자 한다.

2. 재실감지에 의한 제어

재실자의 움직임은 재실감지센서(사진 1)를 통해 감지하여 전기조명을 점·소등하는 것이다. 이것은 복도, 화장실, 회의실 등 지속적으로 사용되지 않는 공간에서 주로 사용되고 있다. 기존의 조명시스템에도 적용 가능하며, 이를 통해 약 25~50[%]의 에너지를 절감할 수 있다.

감지의 방법은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있는

표 1. 감지방법별 적절한 공간

구 분	적절한 공간	부적절한 공간
적외선 이용	폐쇄된 사무실, 창고, 복도, 도서관 책장사이, 공기의 움직임이 빠른공간	화장실, 작은 움직임만 있는 공간
초음파 이용	Open된 사무실, 회의실, 화장실, 막힌 복도	공기의 움직임이 빠른 공간, 막히지 않은 작은 공간

표 2. 재실감지 센서 제품의 사양

회사	공㎡	간	감지방법/ 부가기능	감지면적 (각도)	설치장소
M사	大 회의실/회의실/사무실		복합(적외선, 초음파)/ 타이머, 광센서	185.9㎡ (360°)	천장중앙
			초음파	185.9㎡ (360°)	천장중앙
	中 강의실/회의실/사무실		복합(적외선, 초음파)/ 타이머, 광센서	92.9㎡ (180°)	천장구석
			복합(적외선, 초음파)/ 타이머, 광센서	46.5㎡ (180°)	천장구석
			초음파/ 타이머	92.9㎡ (180°)	천장구석
	小 회의실/사무실		초음파/ 타이머	46.5㎡ (180°)	천장구석
	복도		초음파/ 타이머	204.5㎡	복도천장
	大 창고/오픈 사무실		적외선/ 타이머, 광센서	139.4㎡ (360°)	천장
	中 창고/오픈 사무실		적외선/ 타이머	148.7㎡ (40°)	벽, 천장
	화장실		초음파/ 타이머	74.3㎡ (180°)	벽 스위치
中 사무실(개인)		초음파/ 타이머	74.3㎡ (180°)	벽 스위치	
큐비클 태스크조명		초음파/ 타이머	1.7㎡	캐비닛 밑	
사무실 창고		적외선/ 타이머	83.6㎡	벽 스위치	
W사	大 회의실		복합(적외선, 초음파)/ 타이머, 광센서	111.5㎡	벽
	복도		초음파/ 타이머	직선 27.4m (360°)	천장
	大/오픈 사무실, 컴퓨터룸		적외선/ 타이머, 광센서	111.5㎡	벽
	오픈 사무실(파티션), 창고, 회의실		적외선/ 타이머	111.5㎡ (360°)	천장
	화장실		초음파/ 타이머	46.5㎡ (360°)	천장
	中/小 사무실(개인)		적외선/ 타이머, 광센서	83.6㎡ (180°)	벽 스위치
			적외선/ 타이머, 광센서	27.9㎡ (180°)	벽 스위치
			적외선/ 타이머, 광센서	16.7㎡ (1000°)	벽 스위치
적외선/ 타이머			27.9㎡	천장 구석	

데, 초음파(ultrasonic)를 이용하는 방법과 적외선(infrared)을 이용하는 방법이 있다. 초음파의 이용은 사물의 움직임으로 인해 생기는 간섭이 높은 주파수의 소리 파장에 변화를 주어서 움직임을 감지하는 것이다. 주파수는 주로 25,000~40,000 [Hz]의 범위를 갖는다. 이 탐지 방법은 파티션, 큐비클에 의한 장애물이 있는 공간에서도 비교적 효과가 있다. 그러나 인체가 장기간 걸쳐 초음파에 노출되었을때 인체의 유해성에 관한 염려가 제기되기도 한다. 적외선의 이용은 사람의 움직임 등에 의한 공간의 적외선 변화를 감지하는 것이다. 이 방법은 비용면에서 경제적이고, 디자인도 간단하다. 이런 두 종류의 센서는 각 공간의 특성에 맞는 빔(beam) 퍼짐 각도, 방법 등에 따라 여러 종류를 가지며 벽 또는 천장에 설치된다. 최근에는 두 가지의 감지 방법을 하나의 감지기에 복합시킨 제품도 제작되고 있다. 각 감지 방법이 적절히 사용될 수 있도록 감지방법별 적정공간을 정리

해 보면 다음의 표 1과 같다.

또한, 센서는 세 가지의 조절 장치, 즉 시간 지연(delay)장치, 센서의 민감정도 조절장치, 주변조도에 의한 조절장치(ambient light adjustment)를 포함하기도 한다. 시간 지연장치는 마지막 센서의 감지와 조명이 꺼지는 사이의 간격을 의미하며, 거주자의 급속한 출입과 거주자 이외의 다른 열적 근원 등에 따른 조명시스템의 잦은 점·소등을 예방하므로 시각적인 혼란과 시스템의 고장을 방지해 준다. 대부분의 경우 약 5~15분의 시간지연을 사용하고 있다. 센서의 민감정도 조절장치는 센서의 민감도를 조절하여 원하는 움직임의 정도를 감지하고 원하는 공간의 크기를 제어할 수 있도록 하는 것이다. 예를 들면, 냉난방시스템으로부터의 공기유동, 창문을 통한 바람, 실내의 일사, 소음 등의 원하지 않는 움직임을 탐지 못하도록 센서의 민감정도를 조절하는 것이다. 그러나 센서의 민감정도를 너무 낮추면 거주자가 제어공간에 있

는데도 불구하고 전기조명이 소등되는 경우가 발생하기도 하므로, 민감정도의 조절은 제어공간의 특성이 고려되어야 할 것이다. 탐지되는 공간의 크기는 각 센서의 사양(specification)에 나타나 있으나, 실제 탐지되는 공간의 크기는 센서의 위치, 높이, 방향, 공간의 모양, 가구의 레이아웃(layout), 움직임의 종류 등에 영향을 받는다. 주변조도에 의한 조절 장치는 주광에 의한 주변의 조도가 어느 기준을 초과할 때 사람 움직임의 탐지와 관계없이 계속 전기조명을 소등하도록 한다. 다음의 표 2는 국내외에서 사용되고 있는 2개사 제품 사양의 예를 보여주고 있다.

3. 주광이용에 의한 제어

주광이용은 기존에 설치된 전기조명을 상당히 줄여 줄 수 있는 가능성을 갖고 있다. 이용 가능한 주광량은 여러 가지 요인에 의해 결정되는데 창문의 종류, 크기, 투과율, 건물의 디자인, 건물의 방향, 실내의 디자인, 가구, 차광기구 등에 영향을 받는다. 그러나, 주광만으로는 항상 계획조도를 유지할 수 없기

때문에 전기조명이 반드시 필요하며, 전기조명의 절감을 위해서는 전기조명과 통합(integration)이 필요하다.

전기조명과 통합방법은 전기조명의 점·소등(on/off)제어와 연동제어(dimming)로 나누어 볼 수 있다. 점·소등제어는 실내공간에 계획조도 이상의 주광이 유입될 때 전기조명을 소등하는 것인데, 조명기구의 램프중 한 두개만을 먼저 소등하고 그 다음 단계로 전부를 소등하거나(스텝제어), 또는 조명기구의 모든 램프를 한번에 점·소등할 수 있다. 연동제어는 주광과 연동제어된 전기조명의 합 조도가 실내의 주광량 변화와 관계없이 항상 계획조도에 유지될 수 있도록 하는 것이다. 유리창의 면적과 투과율, 공간의 방위 등에 따라 조명용 전기에너지가 약 30~60[%] 까지 절감될 수 있다. 연동제어를 위해서는 조명제어기(lighting controller), 광센서(photosensor)(사진 2), 전자연동안정기 등이 필요하다.

실내공간의 측광에 의한 전기조명의 제어방법은 다음과 같은 순서로 이루어진다.

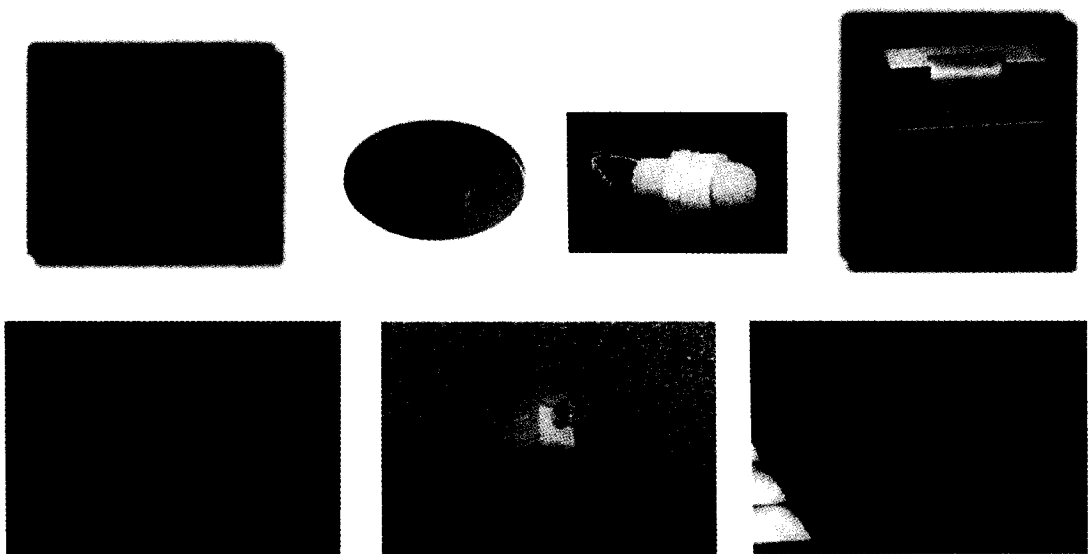


사진 2. 주광센서의 예

표 3. 실내공간의 측광에 의한 전기조명의 회사별 제어방법

회사	제어방법	제어기(controller) 특징	광센서 특징
D1사	on/off	<ul style="list-style-type: none"> ○○ type -120초 delay time -local override 허용 	<ul style="list-style-type: none"> ○○ type -range: 20~2,000lux -설치장소: 외부 주차장, 경관 ○○ type -range: 250~8,000lux -설치장소: 상업싸인, 아트리움 ○○ type -range: 1000~25,000lux -설치장소: 쇼핑센터 skylight
L사	dimming	<ul style="list-style-type: none"> ○○ type - 재실감지, 타이머, 벽스위치와 연결하는 종합 제어기 	<ul style="list-style-type: none"> ○○ type -설치장소: 천장 -15 또는 24VDC 필요
W사	dimming on/off	<ul style="list-style-type: none"> ○○ type -on/off -3~300초 delay time -range: 100~10,000lux ○○ type -dimming -range: 100~1,500lux -rate of change: 10~60초 ○○ type -dimming -range: 100~1,500lux 	<ul style="list-style-type: none"> ○○ type -광센서와 제어기의 일체형 -설치장소: 천장
M사	on/off (2 step)	<ul style="list-style-type: none"> ○○ type -0~999초 delay time -1센서에 의한 2단계 출력 	<ul style="list-style-type: none"> ○○ type -range: 0~99,999lux -설치장소: 천장
D2사	on/off	<ul style="list-style-type: none"> ○○ type -dead bend setting: 2~30% -구름 필터: 0~5분 -조도레벨 종류: 1~8 	<ul style="list-style-type: none"> ○○ type -range: 10~1,000lux -설치장소: 지붕, 외벽 ○○ type -range: 10~1,000lux -설치장소: 천장 ○○ type -range: 10~1,000lux -설치장소: skylight
S사	dimming	<ul style="list-style-type: none"> ○○ type -s/w에 의한 자유로운 조도조절 -하나의 s/w에 의한 다지점 동시제어 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ○○ type -range: 0~10,000lux -설치장소: 천장

○ 시스템 설치시 보정(calibration)

(실내공간으로 유입되는 주광량과 광센서의 측광량의 관계설정을 통해 제어되는 광센서의 시그널을 지정하는 작업)

○ 광 센서의 측광

(실내공간의 주광량 또는 주광과 전기조명의 합 광속량을 측정해서 시그널을 조명제어기로 보냄)

○ 조명제어기에서의 제어값 결정

(광센서로부터의 시그널을 기준으로 전기조명을 점·소등하거나, 연동제어의 비율을 결정하여 시그널을 안정기로 보냄)

○ 안정기에서의 실행

(조명제어기로부터의 시그널에 따라 램프의 광속량을 조절함)

그러나, 이러한 조명제어는 실행상의 여러 문제점들로 인해 널리 사용되지 못하고 있다. 점·소등제어는 실내공간의 조도레벨에 급격한 변화를 초래하여 재실자의 불만이 발생하고, 잦은 점·소등에 의한 램프의 수명단축 등의 부작용이 발생할 가능성이 있다. 연동제어는 여러면에서 점·소등제어보다 더 효율적이고 인간 친화적이지만, 조명제어기, 광센서, 연동제어용 안정기 등의 요소기술적인 문제점들과 직사일광의 차광에 의한 효율저하 문제로 인해 효과적으로 사용되지 못하고 있는 실정이다. 좀더 구체적인 문제점들을 나열하면 다음과 같다.

○ 정확한 광센서의 위치 및 방향설정의 어려움

○ 한 개의 광센서에 의해 제어된 조명기구의 개수 설정의 어려움

○ 시스템 하드웨어의 유연성 부족으로 인한 초기 투자비의 상승

○ 설치자 및 시설관리자의 이해 부족으로 인한 시스템 보정시 오류 발생의 가능성

○ 블라인드, 커튼 등의 차광기구의 개폐에 따른 제어의 혼란 및 효율저하

○ 실제의 에너지 절감량에 대한 데이터 부족

참고적으로, 국내외에서 판매되고 있는 주광이용

조명제어제품 특성의 예를 표 3에 나타내었다.

4. 맺음말

이상에서 재실감지에 의한 제어와 주광이용에 의한 제어들에 대해 살펴보았다. 재실감지 센서에 의한 제어는 일반화되어 많은 건물들에 적용되고 있고, 센서의 최적화를 위한 연구들이 진행되고 있다. 반면, 주광이용에 의한 제어는 지금까지 기술적 데이터에 의한 시스템 적용보다는 가시적인 효과를 추구하는 적용에 치우쳐 있었다. 그래서, 실제 시스템 적용에 의한 데이터의 축적은 거의 없었고, 설치된 시스템이 사용하지 않은 경우도 많았다. 각 시스템 요소별 기술축적이 계속 진행되어야 하며, 앞서 언급한 문제점들이 해결되어갈 때 이 시스템은 널리 적용되어 갈 것이며, 건물의 조명용 전기에너지의 절감은 확대되어 나갈 것이다.

참고 문헌

- (1) J. Berman and R. Neubauer, The intelligent sourcebook, The Fairmount Press, 1988.
- (2) EPA, Green lights: An enlightened approach to energy efficiency and pollution prevention, July 1993.
- (3) 월간전기, 1998년 8월호.
- (4) 최안섭 외, 조명시스템의 자동화를 위한 주광센서 연동 제어시스템의 개발 연구, 삼성 건설기술연구소, 1998.
- (5) URL: <http://light-link.com>

◇ 著 者 紹 介 ◇



최 안 섭(崔安燮)

1967년 10월 4일생. 1991년 한양대 건축공학과 졸(학사). 1993년 미국 펜실베이니아주립대 건축공학과 대학원 졸(석사). 1997년 미국 펜실베이니아주립대 건축공학과 대학원졸(박사). 현재 삼성 건설기술연구소 선임연구원. 당학회 평의원, 편수위원.



성 민 기(成旻起)

1973년 9월 1일생. 1996년 서울대 건축학과 졸(학사). 1998년 서울대 건축학과 대학원졸(석사). 현재 삼성 건설기술연구소 주임연구원.