

# 에너지 절약형 자동조명 장치 개발



## Development of Automatic Illumination Controller for Energy Saving

최명호\*, 강형곤\*, 김민기\*, 한병성\*

(Myeong-Ho Choi, Hyung-Kon Kang, Min-Ki Kim, Byung-Sung Han)

### Abstract

The auto-illumination controller for office, residence, and so on was studied.

The system consists of parts of a power supply, a signal oscillator, a lamp controller and two kinds of sensor. The lamp controller has two thyristors triggered by the IR sensor(SCR1) and CdS sensor(SCR2) respectively. When the illuminance around this system is higher than operating value of its sensor, lamp is turned off automatically. Otherwise, the light of lamp gets dim by CdS sensor. In case IR sensor senses the body heat of people around itself, the illuminance of the lamp gets maximum. The illuminance of the lamp can be changed dimmly by control of the variable resistor (RV) connected with SCR2 in series. The turning - on time of the lamp can be also controlled using a variable resistor(Rt) connected with a signal oscillator in parallel. Changing resistance Rt changes the time constant( $\tau$ ), which triggers the gate of SCR2. Though people left the surrounding of lamp, the lamp keeps light for a while.

**Key Words(중요용어)** : Auto-illumination controller(자동조명기), Operating value of sensor(센서동작점), Dim light(조광), Turning-on time(점등유지시간)

### 1. 서 론

최근 전세계적인 관심사는 환경 보존, 새로운 에너지원의 창출 및 한정된 에너지원의 보다 효율적인 이용이다. 이에 따라 에너지 절약은 가정용 전기기구나 컴퓨터에서부터 산업용 전력기기, 공장, 빌딩 등의 전력절감에 이르기까지 여러분야에서 주요한 관심사로 떠올랐으며 에너지의 이용 효율이 품질의 척도로서까지 인식되는 것이 보편화되었다.

근래에 이르러 인텔리전트 빌딩이나 공장자동화의 구현은 생산성의 향상과 에너지 절약, 나아가서 사용자의 편의를 동시에 만족시키려는데 그 목표를 두고 있으며 이는 진보된 각종 계측제어기술의 소산이다. 특히 조명제어는 생산성, 에너지절약 및 편의성이라는 관점에서 간과할 수 없는 중요한 분야이다.<sup>1)</sup>

이의 일환으로서 자동점멸 조명장치는 매우 보편적이고도 주요한 기술이 되었으며 주로 개체관

리가 어려운 가로등, 고속도로 조명 등을 비롯, 편의성을 높이기 위한 사무실이나 주택의 조명제어에 이르기 까지 폭넓게 사용되고 있으며, 이중 광전식 자동점멸 조명장치가 그 주를 이루고 있다.

광전식 자동조명장치는 용도에 따라 여러가지가 사용되고 있으며 설치형태에 따라 분리방식과 일체방식, 그리고 동작방식에 따라 지동식과 속동식으로 구분된다.<sup>2,3)</sup> 본 논문에서는 일체방식과 속동식을 채택하여 장치의 소형화 및 빠른 응답성으로 사용자의 편의를 향상시키고자 하였으며 무대조명에 주로 사용되던 조광(dimming)기술<sup>4)</sup>을 도입하여 편의성은 물론 조명의 품질을 높여 기존의 자동조명장치와 차별되는 새로운 조명 제어 시스템을 고안하였다.

특히 동작조도와 인체감지에 의하여 램프를 단순하게 점멸시키는 기존의 자동조명장치를 본 연구에서는 사용자의 편의를 극대화하고 에너지의 손실을 최소화하기 위하여 빠른 램프의 점멸 동작을 비롯 조광상태(dimming state)시 점등유지시간 및 조광조도조절의 기능을 첨부하였다.

### 2. 회로의 설계

자동조명장치를 제작하기 위해 기능별로 회로를

\* : 전북대학교 전기공학과

접수일자 : 1996년 8월 5일

심사완료 : 1996년 11월 19일

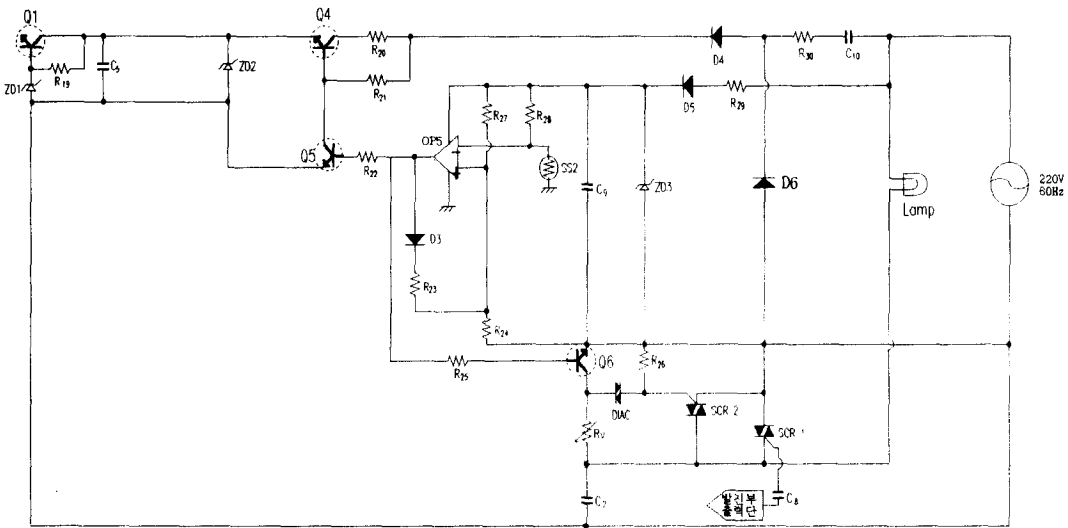


그림 1. 회로동작용 전원공급부, 광도전센서 증폭부 및 조광부

Fig. 1. Current of powersupply, amp. for CdS sensor signal and dimmer.

크게 4부분으로 나누어 설계하였다. 그림 1은 자동조명장치의 전원공급부와 조광(dimming)시 조도의 조절 및 광도전 센서로부터 감지된 신호의 증폭탄을 포함하고 있다. 교류입력단에 다이오드 D<sub>4</sub>, D<sub>5</sub>, D<sub>6</sub>, 전력용 콘덴서 C<sub>10</sub>, 그리고 R<sub>30</sub>을 통하여 입력된 교류전원을 직류로 변환하여 제어부 전원공급용으로 사용하였다. 정류된 입력전원은 트랜지스터 Q<sub>4</sub>의 정격을 고려한 고정저항 R<sub>20</sub>를 통하여 트랜지스터 Q<sub>4</sub>에 유입된다. 한편 고정저항 R<sub>21</sub>를 통하여 트랜지스터 Q<sub>4</sub>에 공급되는 베이스전압은 Q<sub>4</sub>를 도통시키고 Q<sub>5</sub>의 콜렉터에 접속되도록 하였다.

도통된 전압은 다시 트랜지스터 Q<sub>1</sub>의 콜렉터에 접속되며, 고정저항 R<sub>19</sub> 및 정전압 다이오드 ZD<sub>1</sub>에 의하여 결정된 도통전압은 트랜지스터 Q<sub>1</sub>을 도통시킨다.

이때 R<sub>19</sub>, C<sub>5</sub>, ZD<sub>1</sub>은 Q<sub>1</sub>의 베이스에 과전압의 인가를 방지하도록 설계하였다.

따라서 전원 ON시 센서회로단(그림 2)에는 독립적으로 항상 센서 동작용 대기전압(stand-by voltage)이 걸려 있게 된다. 주위가 동작조도 이하로 어두워질 때 광도전센서가 도통되어 신호가 발생, OP가 동작하게되고 출력된 신호는 Q<sub>6</sub>와 SCR2를 도통시킨다. 이에따라 전원공급부와 Lamp, SCR2 그리고 DIAC을 포함하는 루프가 형성되고 램프는 점등된다.

인체 동작등으로 인한 온도변화가 적외선 센서(그림 2)에 감지되면 전압이 발생, 센서 내부에 직

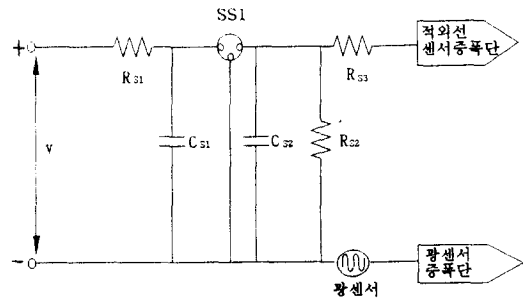


그림 2. 센서단 회로

Fig. 2. Circuit of sensor part.

렬로 연결된 트랜지스터를 동작, 대기전압이 도통된다.

도통된 전압은 OP Amp 1(그림 3)의 +입력단에 접속되며 입력단에는 고정저항 R<sub>1</sub> 및 콘덴서 C<sub>1</sub>을 통과하는 전압이 접속된다. OP Amp 1의 출력단 신호는 고정저항 R<sub>2</sub>, 콘덴서 C<sub>2</sub>를 거쳐 OP Amp 2의 -입력단에 피드백된다. 이와같이 부궤환에 의하여 증폭된 신호는 R<sub>3</sub>, C<sub>3</sub>를 거쳐 OP Amp 2의 -입력단에 접속되며 +단에는 R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub>, R<sub>7</sub>, R<sub>8</sub>를 통과하는 전압이 접속된다.

그림 3의 OP Amp. 단에서 부궤환회로는 위상보정 기능을 수행하여 안정된 신호를 출력, 오동작을 감소시켜 준다. OP Amp 2의 출력신호는 OP Amp 3, 4의 -입력단에 위상전환을 위하여 피드백된다. OP Amp 3, 4의 동일전압, 반대위상의 출력신호는 D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>를 통하여 D.C화 되고 그림 4의 트

랜지스터 Q<sub>2</sub>와 Q<sub>3</sub>를 통하여 증폭된다.

Q<sub>3</sub>의 스위칭 작용에 따라 전원전압(약 8V)은 SCR1을 동작시키기 위한 trigger pulse의 발진을 위하여 그림 4의 발진부로 공급되게 된다.

발진부의 출력신호는 SCR1과 SCR2(그림 1)의 게이트에 접속되며, 센서단에서 감지되는 신호가 있을때 증폭단과 발진부를 통하여 SCR 1을 트리거 시킨다. 한편 센서에 감지신호가 유입되지 않으면 그림 4의 적외선센서는 단락되고 SCR1을 트리거 시키기 위한 발진부신호가 공급되지 않으므로 램프는 오프된다. 그러나 센서로부터의 신호가 단속되어도 C<sub>t</sub>(그림 4)가 방전되기 시작하여 임의의 시간동안 SCR1을 트리거상태로 유지시킬 수 있도록 설계하였다. 이때 가변저항 R<sub>t</sub>의 저항값을 조정, 시정수( $\tau$ )를 조절하여 SCR1의 턴 오프 시간을 결정할 수 있다.

그러므로 센서 off 상태에서 SCR1은 즉시 스위치 off가 되지않고 임의의 시간( $\tau$ )동안 게이트 발진부신호가 발생하여 SCR1을 동작시킴으로 램프는 곧바로 소등되지 않고 임의의 시간동안 점등 상태로 유지할 수 있고, 유지시간도 조절할 수 있게되어 사용자의 편의를 도모하였다. 캐패시터 C<sub>t</sub>는 주변 온도의 영향을 최소화시켜 기기의 신뢰성을 향상시키고자 탄탈륨 콘덴서(온도계수 10% 이내, 전해질 콘덴서 : 20 ~ 30%)를 사용하였다.

주변조도가 동작조도 이하가 되면 광센서가 신호를 출력하여 OP 5(그림 1)를 동작시키고 OP 5

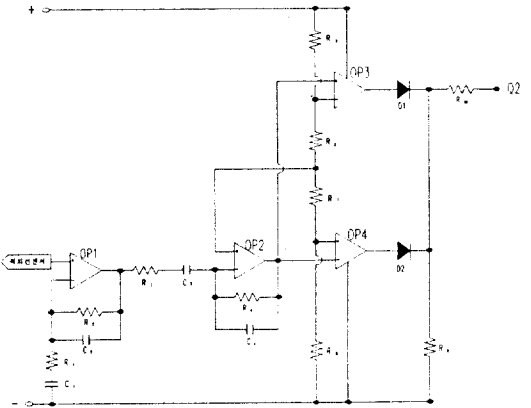


그림 3. 적외선 센서 신호 증폭단  
Fig. 3. Circuit of amplifier for IR sensor signal.

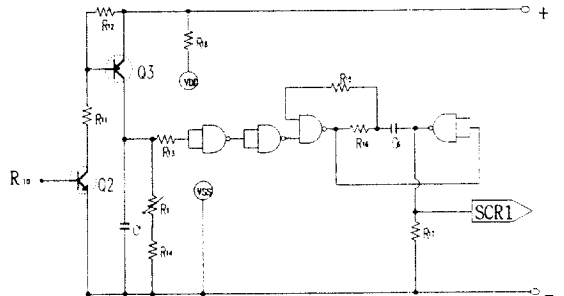


그림 4. 적외선 센서 신호 발진부  
Fig. 4. IR sensor signal oscillator for triggering SCR1.

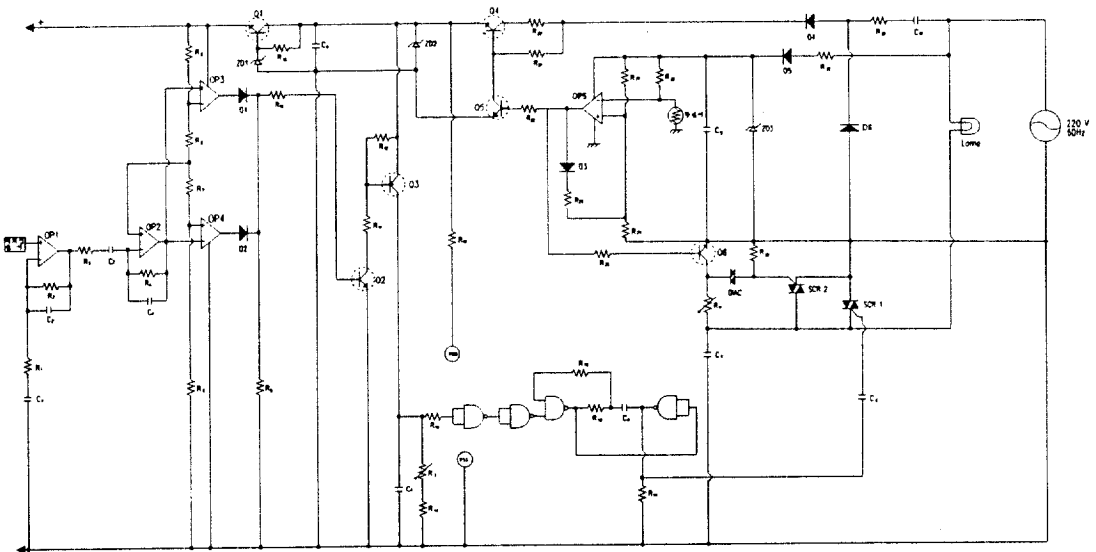


그림 5. 자동조명장치의 전체회로도  
Fig. 5. Whole circuit of auto-illumination controller.

에서 출력된 펄스는 Q<sub>6</sub>를 도통시켜 SCR2를 트리거 시킨다. SCR2가 트리거되면 R<sub>v</sub>와 램프를 포함하는 루프를 형성하게 되어 램프는 미등상태가 된다. 이때에도 R<sub>v</sub>을 가변함으로써 조도조절이 가능하다.

야간이나 어두운 장소에서는 적외선 센서 신호 감지에 의한 SCR1과 광센서에 의한 SCR2의 트리거가 연속적으로 수행되도록 설계하였다.

### 3. 제작 및 특성조사

회로설계후 동작특성 실험을 위하여 기판에 회로를 구성하였다. 수회에 걸친 보정을 거쳐 회로의 정상적인 동작을 확인한후 CAD를 이용, layout을 한 후 최종적으로 PCB 기판에 회로를 구성하여 부분별 또는 전체회로의 특성실험을 행하였다.

그림 6은 적외선 센서신호 증폭단(그림 3 참조)의 출력전압 파형이다. 동체의 움직임으로 인하여 적외선센서가 동체의 열을 감지하였을때 OP 1(그림 2)의 출력단에는 트랜지스터 Q2와 Q3를 트리거시키기 위한 출력신호(그림 6)가 발생된다. 센서가 열을 감지하지 못한 경우, 적외선 센서신호 증폭부 출력단에는 신호가 출력되지 않아 트랜지스터 Q2, Q3는 동작되지 않으나 캐패시터 Ct의 방전으로 일정시간 동안 램프는 점등상태를 유지한다.

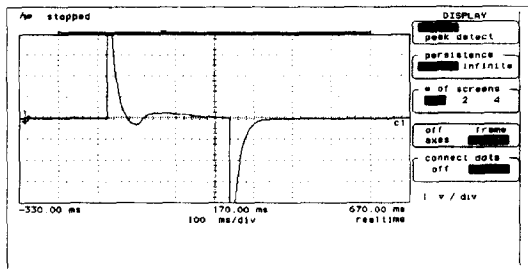


그림 6. 적외선 센서신호 증폭부의 출력파형  
Fig. 6. Output signal of amplifier for IR sensor signal.

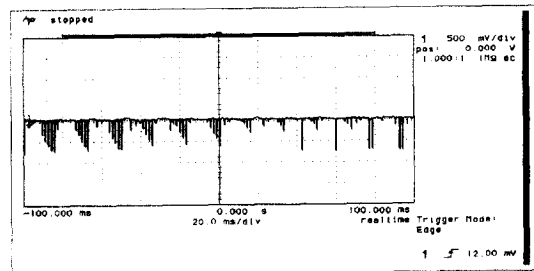
그림 7은 적외선센서신호 발진부(그림 4)의 시간에 따른 출력파형이다. 적외선 센서 동작시 센서신호를 공급받아 발진부의 출력단에서 출력되는 변형된 구형파가 SCR1을 도통시켜 램프를 점등시킨다. 한편, 적외선센서로부터 동작신호가 검출되지 않으면 파형의 크기는 그림 a) b) c) d)의 순서로 감쇠된다. 그림 a)는 적외선센서가 동체에 의한 열의 변화를 감지하였을 때 SCR1을 트리거시키기 위한 발진부 출력파형이다. 적외선센서가 열의 변

화를 감지하지 못하면 트랜지스터 Q3(그림 4)가 스위치 오프되어 타이밍 커패시터 Ct가 방전하기 시작한다. 임의의 시간( $\tau$ )이 경과된 후, SCR1(그림 4)은 자연전류(natural commutation)가 되어 램프는 소등된다. 그림 7의 b) c) d)는 적외선 센서의 열변화 감지가 중단된 후 시간경과에 따른 센서 발진부(그림 4)의 출력파형의 크기감쇠를 보여주고 있다. 그러나 파형의 감쇠속도는 R<sub>t</sub>에 따라 표 1과 같이 상이하며 이는 시정수의 변화에 기인한다. 표 1은 적외선 센서단에서 신호가 차단된후 저항값 변화에 따른 점등유지시간의 변화를 나타내었으며 신뢰성 향상을 위하여 3회 반복측정후 평균치를 산출하였다. 이는 사용자가 약 18초내에서 임의대로 점등을 유지시킬 수 있음을 의미한다.

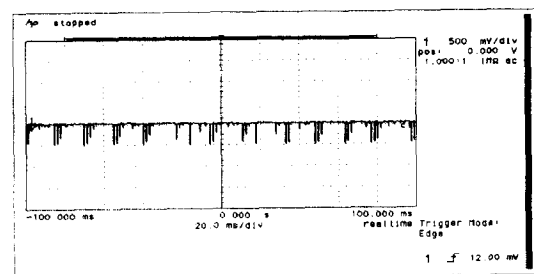
표 1. R<sub>t</sub>변화에 따른 점등유지시간

Table 1. Lamp on Time depending on variation of resistance R<sub>t</sub>

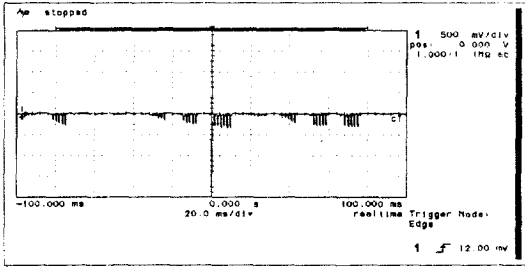
R <sub>t</sub> (K $\Omega$ ) \ 횟수	1회 [sec]	2회 [sec]	3회 [sec]	평균 [sec]
0	18.1	18.0	18.0	18.033
40	13.2	13.1	13.2	13.167
70	8.3	8.2	8.0	8.167
97	5.2	5.3	5.1	5.200



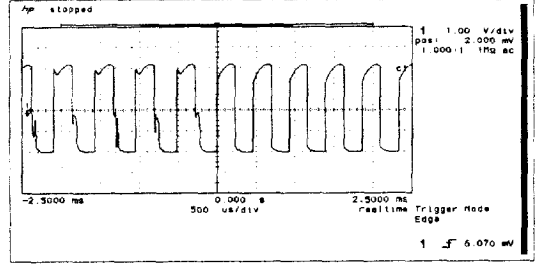
(a) t = 0 [sec]



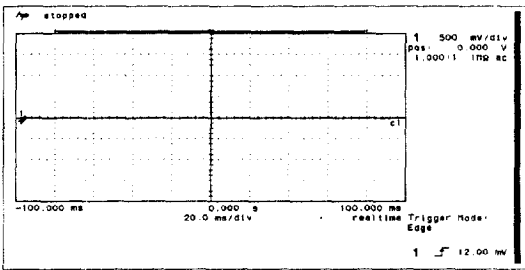
(b) t = 6 [sec]



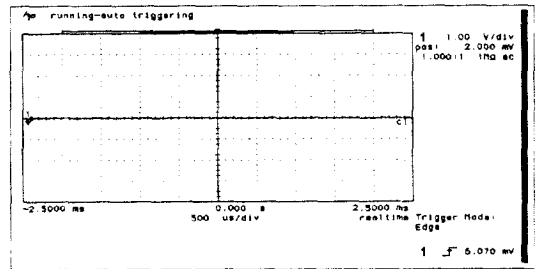
(c) t = 12 [sec]



(a) 광원의 조사가 없을때



(d) t = 18 [sec]



(b) 광원이 조사될때

그림 7. 시간(t)에 따른 발진부 출력파형의 변화 (단,  $R_L = 0 \Omega$ )

Fig. 7. Output signal variation of oscillator depending on time(t) at  $R_L = 0 \Omega$

그림 8. 광원 조사에 따른 광센서신호 증폭단의 출력파형

Fig. 8. Output signal of CdS sensor signal amplifier depending on light to CdS sensor.

센서 주변의 조도에 따른 광센서신호 증폭단(그림 1)의 출력파형을 그림 8에 나타내었다. 그림 8의 a)는 야간이나 악천후등과 같이 외부로부터 광원의 조사가 없어 조도가 매우 낮을 때 광센서 증폭단의 출력파형이다. 이러한 경우 광센서 내부의 포토레지스터는 저항없이 감소되어 센서양단의 전압을 도통시키고 도통된 대기전압은 광센서 증폭단 OP5(그림 1)에 유입되어 증폭된다. 광센서 증폭단에서 증폭된 신호(그림 8 a)는 광센서 출력 증폭단 회로(그림 1)의 Q6를 도통시키고 도통된 전압은 SCR 2를 트리거시킨다. SCR 2가 트리거됨에 따라 전원과 램프, 그리고  $R_v$ 을 포함하는 페루프가 형성되어 램프는 미등상태(dimming)로 동작한다. 이때  $R_v$ 를 가변함으로써 임의대로 조도를 조절할 수 있다. 그림 b)는 주간과 같이 광센서 주위의 조도가 클 경우 광센서 증폭단 출력신호로서 센서 내부의 저항값이 상승되어 광센서 출력 증폭단 회로(그림 1)의 OP5 출력단에는 Q6의 트리거 전압 이하의 매우 낮은 전압파형(2mV)이 출력된다. 따라서 Q6는 스위치 오프상태가 계속되어 SCR2의 게이트에도 트리거신호가 공급되지 않게 되므로 램프는 점등되지 않는다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 주택, 화장실, 공중전화박스 등에 적용하여 여러가지 편의성과 에너지 절약에 크게 이바지할 수 있고, 인텔리전트 빌딩의 조명설비로서 필수적인 자동조명제어장치를 제시하였다. 제시된 자동조명장치의 특징은 다음과 같다.

1. 기존의 자동조명장치에서 센서 주변의 조도에 따라 램프의 on-off가 자동수행되는 기본적인 동작은 물론 광센서의 동작조도 이하에서는 램프를 미등상태로 유지시키는 조광기능을 추가하였다. 이에 따라 사용자의 편의를 극대화함은 물론 화재등과 같은 긴급상황에서 피난처의 식별을 수월케하는등 소방안전시설로서의 기능도 수행할 수 있다.
2. 미등상태에서 광센서의 동작에 의하여 적외선 센서단에 열신호가 감지되면 램프는 즉시 점등되고 열신호가 차단되면 점등유지시간이 경과된 후 램프가 소등됨과 동시에 다시 광센서부와 증폭단이 동작하여 램프는 미등상태로 변환된다. 특히 넓은 공간에서 사용자가 나갈 때 센

서감지구역을 벗어나더라도 사용자의 조정에 따라 일정시간동안 램프 on상태가 유지되므로 고정된 점등시간의 동작을 보이는 기존의 자동조명장치에 비하여 사용자의 편의가 더욱 고려되었다. 결과적으로 점등시간동안 사용자의 동작거리가 국부적으로 제한된 기존의 자동조명장치와 비교하여 본 논문에서 제시한 자동조명장치는 보다 넓은 영역을 분담할 수 있으므로 설비의 경제성에 있어서도 한층 유리하다.

- 제시된 자동조명장치는 기존의 장치를 개선하여 설치된 장소의 면적이나 주간의 조도에 따라 점등유지시간은 물론 조광시에도 램프의 조도를 임의대로 조정할 수 있도록 하였다.

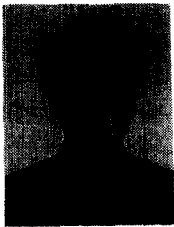
자동조명장치는 일차적으로 센서에 의존하여 동작을 결정하게 되므로 센서의 성능은 자동조명장치의 성능과 직결된다. 적외선센서의 경우 감지가능거리(sensing distant), 각도(sensing angle) 그리고 미세한 동작에도 예민하게 반응할 수 있도록 감도(sensitivity)를 보다 향상시킨다면 특별한 경우를 제외하고 스위치조작의 필요성은 거의 사라질 것이다. 이를 위하여 센서에 멀티프레넬렌즈 등의 집광렌즈를 부착하여 사용하면 감지거리, 감지

각도 및 감도를 향상시킬 수 있으며 적외선센서에서 인체열의 감지 이외의 영향(태양광 등)을 감소시키기 위하여 6  $\mu\text{m}$  이하의 파장을 차단하는 나중막 간섭필터를 사용하면 오동작율을 감소시킬 수 있다.<sup>5)</sup>

### 참 고 문 헌

- 시철은, 김창섭, 변영호, “에너지節約 電氣設備 技術 IV (照明設備)”, 照明·電氣設備 學會誌, Vol. 6, No. 6, pp.10-22, 1992.
- “광전식 자동점멸기”, 電氣技術, No. 9, pp.20-37, 1991.
- “자동조명 스위치”, 電氣技術, No. 10, pp.100-107, 1989.
- 송기석, “조광기(DIMMER)의 고찰”, 照明·電氣設備學會誌, Vol. 4, No. 1, pp.5-8, 1992.
- 倉橋明, 操谷之, “센서의 응용 사례집”, 월간 자동화기술, 12월호, pp.51-59, 1994.
- “센서활용의 실제”, 電氣技術, No. 12, pp.64-71, 1986.

### 저자소개



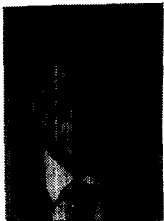
**최명호**

1965년 6월 8일생. 1992년 2월 전북대학교 공대 전기공학과 졸업. 1995년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 전북대학교 대학원 박사과정.



**김민기**

1966년 12월 5일생. 1992년 2월 전북대학교 전기공학과 졸업. 1994년 2월 동 대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 7월 현재 동 대학교 대학원 전기공학과 박사과정.



**강형곤**

1967년 11월 20일생. 1993년 전북대학교 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 석사 졸업. 1996년-현재 동 대학원 박사과정 재학.



**한병성**

1951년 12월 22일생. 1975년 전북대학교 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 프랑스 루이파스퇴르 대학(공박). 1988년 프랑스 CNRS(프랑스 국립과학연구소) 연구원. 1996년 현재 전북대학교 전기전자 제어 공학부 교수.