특집 : 조명설계의 신기술

인체감지 모듈을 적용한 에너지 절감형 조명기구

이 해 욱<(주)메타텍 대표이사>
송 준 광<산업기술시험원 연구원>
함 중 길<산업기술시험원 연구원>

1. 개 요

인체감지 모듈은 사람의 유, 무를 판정하여 이를 신호의 형태로 기계에 전달하여 기구들의 동작을 제어하는 역할을 수행하는 센서의 일종으로 사업용 장비 및 가정용 자동화 기구와 보안용 기구 등에 사용되어 그것들을 제어하는 Unit으로 산업과 생활의 편리함을 제공하고 있다. 에너지 절감의 필요성이 절실하게 제시됨에 따라 이러한 수년 전부터 인체감지 모듈을 조명기구에 적용하려는 시도가 있으며 일부 제품으로 출시되고 있다.

인체감지 모듈은 인체에서 발생하는 적외선을 감지하여 인체의 유, 무를 판정하여 적외선 감지 센서를 탑재하고 있다. 적외선 센서는 적외선을 검출하여 소정의 전기적 신호를 발생시키는 것으로 광자형과 열형으로 크게 분류된다. 광자형은 적외선 흡수에 따라 온도가 변화할 때 자기 자신의 전기전도도가 변화하는 반도체를 기반으로 하는 센서로서 그 감도가 매우 크지만 고가이다. 이에 반해 열형은 초전형, 열전형 및 저항형으로 나뉘며 그 감도는 광자형에 비해 작으나 제조가 용이하고 가격이 저렴하여 민간·산업용으로 널리 이용되고 있다.

이러한 인체감지 모듈을 적용한 조명기구는 아파트 복도, 공중전화부스용 조명, 화장실, 현관 등에 응용이 가능하며, 기존 조명대비 1/3에서 최고 1/10까지 에너지 절감효과를 가져올 수 있다. 여기서는 인체감지 모듈을 적용 조명기구의 종류와 개발 동향을 소개하고자 한다.

2. 초전형 센서를 이용한 에너지 절감형 조명 기구

이방식은 현재 가장 널리 쓰이는 방식으로 그 작동원리는 초전소자에 적외선이 입사되어 초전소자의 온도가 변화할 때 초전소자의 표면에는 일정한 전하가 발생하게 되는 것을 이용한 것으로 발생된 전하에 의한 전류는 매우 작아 초전소자에 기가옴의 저항을 연결하여 신호를 수십 마이크로 볼트로 상승시킨 후 그림 1과 같이 증폭과 필터링을 통해 신호를 출력하여 사용된다. 초전소자는 응답특성이 우수하여 수십~100[msec] 내에 인체의 움직임에 대하여 응답하지만 순간 온도 변화시 발생된 전하는 주변 전하와 순간적으로 중화되어 버림으로 신호는 사라져 적외선에 계속 감지되어도 온도변화에 대한 신호가 유지되지 못하기 때문에 연속적인 신호를 출력하지 못하여 조명기구가 off되는 단점이 있다. 현재 사용되

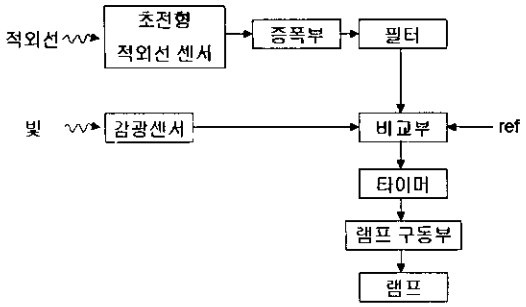

그림 1. 초전형 적외선 센서를 이용한 에너지 절감형 조명기구의 구성

는 초전센서 방식의 조명기구는 이를 극복하기 위하여 타이머를 장착하여 인체감지후 일정시간 켜져 있도록 구성하여 아파트 현관 및 복도에 사용되고 있다. 그림 1에서 감광센서는 조명이 야간에만 작동하도록 하는 역할을 한다.

3. 보완형 초전센서를 이용한 조명기구

앞의 초전형 센서를 적용한 조명기구는 전등 제어 장치에는 물체에서 방사되는 적외선을 인가 받아 그 열에 의해 표면 전하를 발생시키는 초전 효과를 나타내는 강유전체를 사용하기 때문에 50[cm/sec]~200[cm/sec]의 속력으로 이동중인 물체를 감지하는데 용이하나 특히 정지된 물체를 감지하지는 못하게 된다. 즉, 적외선을 지속적으로 받는 경우 강유전체는 더 이상 전하를 발생시키지 못하므로 정지 상태의 피감지물은 감지하지 못하고 움직임이 있는 피감지물만을 감지하는 단점이 있다. 그러므로, 종래의 전등 제어 장치가 장착된 전등 밑에 사람이 근접했을 때 일단 램프는 온도나 움직이지 않고 있는 경우 타이머설정 시간이 지난 후 램프가 오프되어 버린다. 이러한 초전형 적외선 센서의 단점을 보완하기 위하여 입력되는 적외선을 단속하기 위한 쵸퍼 시스템이나 광 셔터 등이 채용되었다.

일반적으로 적외선을 단속하기 위하여 슬릿으로 구성된 회전판과 이를 구동시키는 모터로 구성된 단속 장치가 이용되어왔다. 그러나, 이러한 모터 구동 방식의 적외선 단속 장치는 구동 모터 자체와 회전판의 결합으로 크기 자체가 최소화 될 수 없다. 또한, 이렇게 구성된 회전 방식의 단속 장치는 부피가 크고 내구성이 떨어지며, 소비전력이 큰 단점과 단속 주파수를 10[Hz] 이하로 낮추기가 어려워 센서의 출력 전압을 최대로 할 수 있는 1~5[Hz]의 단속 주파수를 발생시킬 수 없는 단점을 가지고 있다.

모터 방식의 적외선 단속 장치의 단점을 보완하고자 광 셔터 방식이 있으며, 광 셔터 방식의 적외선 단속 장치는 적외선 센서 전방부에 접하여 있기 때문에 그 부피가 매우 작고 전기적으로 작동 주파수를 임의로 조절할 수 있는 장점이 있으나 그 제조

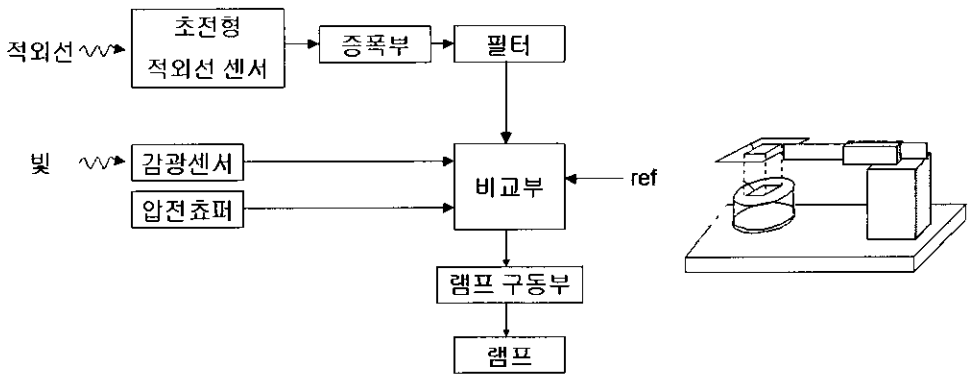

그림 2. 쵸퍼를 이용한 이용한 에너지 절감형 조명기구의 구성

방법이 매우 까다로우며 적외선의 파장에 따라 그 단속 정도가 달라 완전하게 적외선을 차단할 수 없게 되는 단점이 있다.

이런 단점들을 해결하고자 임의의 적외선 단속 주파수를 발생시킬 수 있는 압전 쵸퍼를 사용하여 물체가 정지하거나 이동 중일 때에도 감지되는 적외선을 지속적으로 단락시켜 줌으로서 계속 감지할 수 있도록 하여 전등을 적절히 구동할 수 있도록 하는 전등 제어 장치 제안되었다. 압전 쵸퍼를 이용한 실시간 전등 제어 장치는 그림 2에 도시한 바와 같이, 물체로부터 방사된 적외선을 인가 받아 물체의 이동을 감지하는 초전형 적외선 센서, 초전형 적외선 센서로부터 감지된 신호를 소정 레벨 이상으로 증폭하는 증폭부, 증폭된 신호의 노이즈를 감소시키는 필터, 낮과 밤을 구별하여 램프의 오동작을 방지하는 감광 센서, 초전형 적외선 센서에 입사되는 적외선을 일정한 주기로 단속하는 압전 쵸퍼, 감광 센서의 빛 감지 유무에 따라 인에이블되면서 상기 필터를 통과한 신호가 인체로부터 방사된 적외선 신호인지 판단하고 압전 쵸퍼의 작동을 제어하는 비교부, 비교부의 출력 결과에 의해 인에이블되어 실시간으로 램프를 구동하는 램프 구동부로 구성된다.

압전 쵸퍼 방식의 에너지 절감형 조명기구는 앞의 초전센서의 한계, 즉 연속적인 감지를 가능하게 하지만, 부가적인 기계장치 사용으로 센서모듈의 부피 증가, 부가적인 비용상승 및 에너지 소비등의 단점이 있으며, 특히 쵸퍼의 장착에 따른 노이즈 발생으로 인한 오동작의 위험이 있다.

4. 써모파일 센서를 이용한 조명기구

써모파일 센서는 열전쌍(Thermocouple) 즉, 제벡 효과를 이용한 센서이다. Work Function이 다른 두 금속을 접하시켜 접합점(hot junction)에 적외선이 입사되면 온도가 상승하게 되고 결국 접합점과 양 금속 끝단의 온도차에 의해 두 지점간의 전압이 생성되게 되며, 이를 감지신호로 적외선을 감지하는 센서이다. 써모파일 센서는 수신되는 적외선에 대해 연속적, 정량적 전압신호를 발생시키므로 인체를 실시간으로 감지해 조명장치를 연속적-실시간으로 제어할 수 있다. 실제로 사용되는 써모파일은 1[mm²] 내에 수십~수백개의 써모커플을 직렬로 반도체 칩위에 직접시킨 형태이다[그림 3].

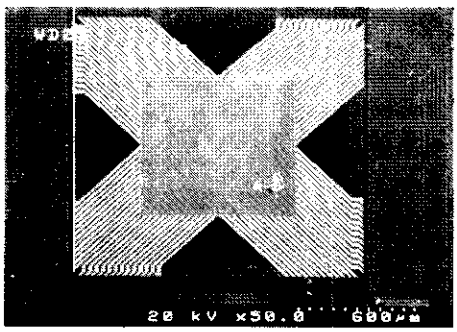

그림 3. 써모파일

써모파일을 사용한 전등 제어 장치는 그림 4와 같이 물체로부터 방사된 적외선을 인가 받아 물체의 온도에 비례하는 전압을 출력하는 서모 파일, 감지된 신호를 소 정 레벨이상으로 증폭하는 증폭부, 전등 내부의 온도를 감지하여 그에 비례하는 전압을 발생하는 내부 서미스터, 전등 외부의 외기 온도를 감지하여 그에 비례하는 전압을 발생하는 외부 서미스터, 내부 서미스터의 출력 전압과 외부 서미스터의 출력 전압 값을 인가 받아 그의 차이값을 계산하여 출력하는 보상값 계산부, 상기 보상값 출력부의 출력을 인가 받아 증폭부의 출력 전압값을 보상하는 온도보상부, 상기 온도 보상부의 출력에 포함된 잡음 성분을 제거하는 필터, 필터의 출력을 기준값(ref)과 비교하여 그 비교결과를 출력하는 비교부, 비교부의 출력 결과에 의해 램프를 구동하는 램프 구동부로 구성된다.

써모파일은 물체로부터 방사된 적외선 양을 수광하면 그 온도에 비례한 전압을 출력하게 된다. 상기 써모파일에서 출력이 발생하면 증폭부는 이를 신호처리에 적당한 크기의 전압레벨로 충분히 증폭시킨 다음, 그 증폭된 신호를 온도 보상부로 제공하게 된다. 이때, 내부 서미스터는 써모파일이 위치한 주변의 온도를 감지하게 되고, 외부 서미스터는 전등 외부 즉, 외기의 온도를 감지하게 된다. 써모파일이 인체를 감지하여 램프가 켜지게 되면 램프 자체발열에 의해 조명기구 내부의 온도가 상승하게되고 이 때문에 램프 내/외부의 온도변화를 감지하여 써모파일의 신호를 보정해 줌 램프의 오동작을 방지해 주는 역할을 하게 된다.

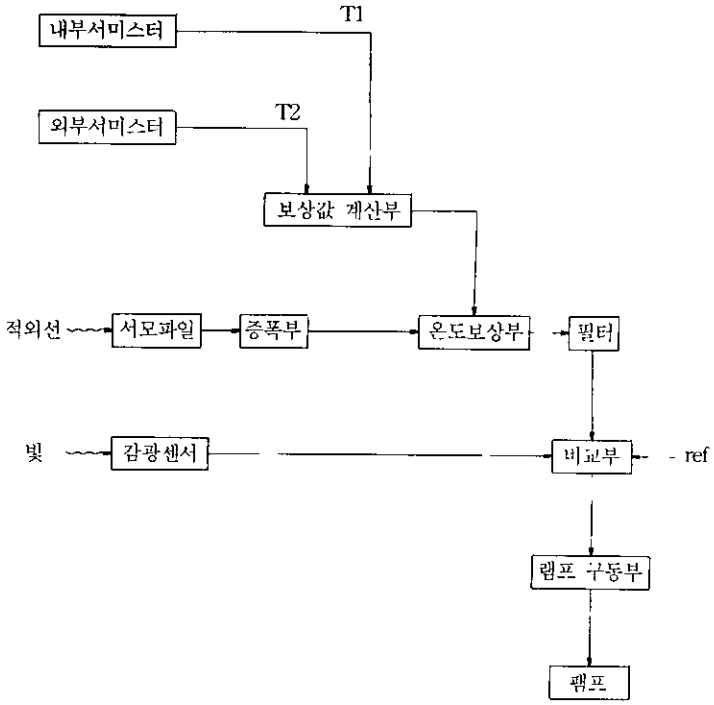

그림 4. 써모파일을 이용한 실시간 인체감지 센서모듈 및 조명기구

써모파일 센서를 이용한 전등제어 장치는 앞의 초전센서와 달리 연속감지가 가능하고 진동이나 바람에 대한 오동작이 없는 장점이 있지만, 주변온도에 따라 입사되는 적외선에 대한 출력이 감소하므로 주변 온도를 보상해주어야 한다는 단점이 있다. 즉, 주변온도가 인체 표면의 온도인 35[℃] 부근인 경우 인체에서 발생하는 적외선이 주변온도 때문에 상쇄 되어 센서가 인체를 감지 못하는 경우가 발생할 수 있어 그 사용이 제한되고 있다.

5. 복합형 센서를 이용한 조명기구

이것은 앞에서 설명한 두가지 센서의 장점만을 선택해 조합한 형태이다. 즉 인체의 움직은 응답속도가 빠른 초전 센서가 담당하고 그 존재는 써모파일이 각각 담당하여 실시간으로 인체를 감지할 수 있어 조명이 꼭 필요한 경우에만 점등할 수 있는 방식이다.

복합 센서를 이용한 기기 제어 장치는 그림 5와 같이 물체로부터 방사된 적외선을 인가 받아 물체의 온도에 비례하는 전압을 출력하는 온도 감지부, 물체로부터 방사된 적외선을 인가 받아 물체의 이동을 감지하는 움직임 감지부, 움직임 감지부의 출력을 전압에 의해 제어신호를 발생한 다음 온도 감지부의 출력 전압이 있는 동안 그 제어신호를 유지하여 제어 대상물을 제어하는 제어부, 제어신호 발생이 종료되면 인에이블되어 제어 대상물의 구동을 소정시간 동안 유지시키는 타이머, 빛의 유무에 따라 제어부의 구동을 결정하는 감광 센서로 구성된다.

먼저, 점등 또는 소등하는 것으로 일예를 들어 설명하면, 물체로부터 방사된 적외선은 각 물체마다 고유한 파장을 가지고 있으므로, 이 적외선 파장을 이용하여 물체의 온도 및 온도의 변화를 정량적으로 감지하기 위하여 써모파일을 사용한다.

따라서, 온도 감지부의 써모파일은 물체로부터 방

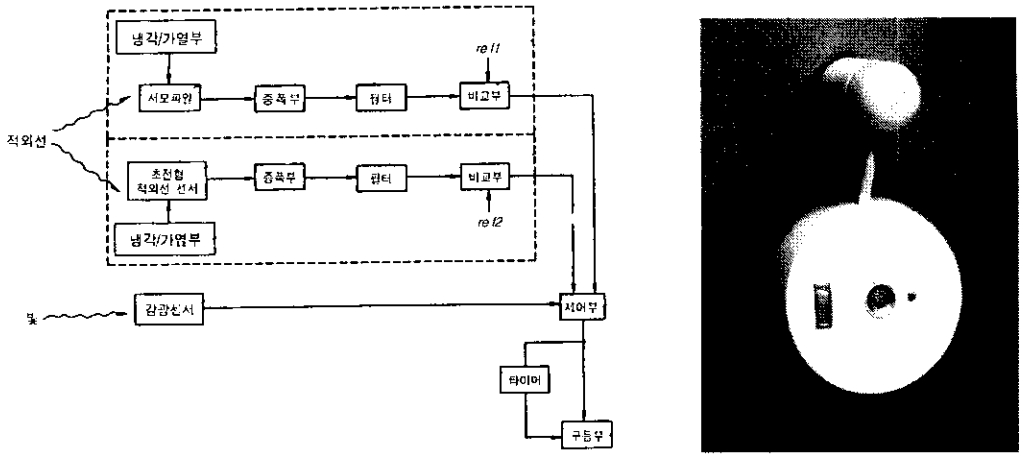

그림 5. 복합형 센서를 이용한 실시간 인체감지 조명기구

사된 적외선 파장을 수광하면 그 온도에 비례한 전압을 출력하게 된다. 써모파일에서 출력이 발생하면 증폭부는 이를 신호처리에 적당한 크기의 전압레벨로 충분히 증폭시킨 다음, 그 증폭된 신호를 필터에 제공하게 된다. 필터는 증폭부에 의해 증폭된 신호에 포함된 잡음(noise) 성분을 제거하여 안정된 전압형태의 신호를 비교부에 제공하는 것이다. 비교부는 필터의 출력 및 기준값(ref1)을 서로 비교하여 필터의 출력이 기준값(ref1)보다 큰 경우에만 출력을 발생하게 되는데, 상기 기준값(ref1)은 감지하고자 하는 물체의 최저 온도값이 될 수 있으며, 이는 실험적으로 설정할 수 있다. 한편, 움직임 감지부의 초전형 적외선 센서는 물체로부터 방사된 적외선을 인가받아 물체의 움직임을 감지한다. 초전형 적외선 센서에서 출력이 발생하면, 그 출력은 증폭부와 필터를 통해 증폭된 다음 잡음이 제거된다. 상기 증폭부 및 필터를 통한 신호는 비교부에 제공되어 기준값(ref2)과 서로 비교되어 필터의 출력이 기준값(ref2)보다 큰 경우에만 출력을 발생하게 되는데, 상기 기준값(ref2)은 물체로부터 방사된 적외선의 파장값에대한 전압값이 될 수 있다. 제어부는 우선적으로 상기 움직임 감지부로부터 출력이 발생하게 되면 제어신호를 구동부로 출력하게 된다. 따라서, 구동부는 센서등을 점등시키게 된다. 이후 제어부는 온도 감지부의 출력을 인가받게 되는데, 만일 움직임 감지부 및 온도 감지부의 출력이 없다면 물체가 움직임 감지부의 감지범위를 벗어난 경우에 해당되므로 제어신호를 발생하지 않게 된다. 타이머는 제어부로부터 제어신호의 발생이 종료되면 소정시간동안 구동부로 하여금 센서 등을 계속 점등시키도록 한 후 소등시키게 된다. 반면에 상기 온도 감지부의 출력만이 있을 경우 물체가 정지하여 있는 경우이므로 제어부는 제어신호를 계속발생하여 구동부로 하여금 센서등을 계속 점등하도록 한다. 물론, 상기 온도 감지부의 출력이 없으면 상기 제어부로부터 제어신호의 발생이 종료되므로 타이머는 소정시간동안 구동부로 하여금 센서등을 계속 점등시키도록 한 후 소등시키게 된다.

한편, 온도 감지부 및 움직임 감지부의 출력이 종료되면 제어부의 출력 또한 종료되므로 타이머가 동작하여 센서등의 점등을 소정시간 지속시킨 다음 소등하도록 구동부를 제어한다. 상기 제어부는 궁극적으로 논리합의 논리를 수행하게 되는 것이다.

6. 인체감지 모듈을 적용한 조명기구의 전망

인체감지 모듈을 적용한 조명기구는 에너지 절감에 대한 인식이 고조되는 분위기와 함께 불필요한

전등으로 인한 전력 낭비를 줄일 수 있는 방법으로 제시되고 있다. 특히 근래에 들어 실시간으로 인체의 유/무 및 움직을 동시에 감지할 수 있는 모듈의 등장으로 그 전망을 매우 밝다. 그 모듈을 공중전화부스에 설치할 경우 10[h/day]의 점등시간을 실제사용시간 1[h/day] 정도로 낮춰 90[%]의 에너지 절감효과를 가져올 수 있으며, 대기전력을 줄일 수 있는 많은 분야의 적용에 적합하며, 특히 조명시스템분야의 적용으로 에너지 절감효과를 극대화가 가능하게 된다..

앞으로 인체감지 모듈의 개발은 현재의 모듈이 가지고 있는 단점 즉, 써모파일의 단점을 극복할 수 있는 방향으로 센서의 대체, 오동작 신호 처리기술 개발, 모듈의 간소화 등으로 진행되고 있다. 특히 인체감지 모듈은 전등 뿐만아니라 가정용 냉난방기류, 보안용 시스템, 승강기 등에 그 응용범위가 매우 넓어 이에 대한 연구 및 개발이 활발히 진행될 것으로 생각된다.

◇ 著 者 紹 介 ◇

이 해 욱(李海旭)

1958년 6월 5일생. 1982년 고려대학교 금속공학과 졸업. 1984년 고려대학교 대학원 금속공학과 졸업(석사). 현재 (주)메타텍 대표이사.

송 준 광(宋浚光)

1969년 9월 19일생. 1993년 연세대학교 세라믹공학과 졸업, 1995년 연세대학교대학원세라믹공학과졸업(석사), 1997년 연세대학교 대학원 세라믹공학과(박사수료) 현재 산업기술시험원 연구원.

함 중 걸(咸仲杰)

1956년 2월 19일생. 1981년 한양대학교 전기공학과 졸업, 1987년 한양대학교대학원전기공학과졸업(석사), 1997년 동국대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사), 현재 산업기술시험원 신뢰성평가팀장 수석연구원.