

투고용 논문 2009

# 열전대열 적외선 센서를 적용한 인체 감지 거리 확장 모듈 설계

## (Design of A Thermopile Infrared Sensor Module with Extended Human-Body Detection Distance)

### 요 약

일반적인 자동제어 기계 장치 등에 사용되고 있는 적외선 인체 감지 센서 모듈은 초전형 적외선 (pyroelectric infrared) 센서, 증폭기, 그리고 비교기로 구성되어 있으며 인체와 물체의 구분 용도로 사용되고 있다. 특히, 초전형 적외선 센서는 정지된 인체로부터 적외선 감지를 못하고, 가시광선의 흔들림과 굴절된 빛에 오동작 감지 신호가 발생하는 문제가 있다. 최근의 열전대열 적외선 (thermopile infrared) 센서는 실리콘 필터를 통해 6 $\mu\text{m}$ ~13 $\mu\text{m}$  적외선 파장 대역 신호를 감지할 수 있어서 가시광선 영향이 최소화되고, 정지된 인체로부터도 적외선을 감지할 수 있다. 그러나, 열전대열 적외선 센서에서는 초전형 적외선 센서와 비교하여 인체 감지 거리가 상대적으로 짧고, 주변 온도 감지 출력이 적외선 감지 신호에 가중되어 출력되는 문제가 있다. 본 논문은 인체 감지 거리가 확장된 열전대열 적외선 센서 모듈 회로를 제안한다. 제안된 감지 거리 확장 모듈은 고 이득 증폭기와 온도 보상 회로의 2단으로 구성되어 있다. 제안 모듈은 시제품 보드로 제작 및 실험되었고, 최근의 상업용 열전대열 적외선 센서 모듈과 비교해도 감지 거리가 약 3 배 확장되어 3.0m 거리에서도 안정적인 인체 감지 성능을 보였다.

### Abstract

Infrared body detection sensor modules, consisting of pyroelectric infrared sensors, amplifiers, and comparators, have been used to classify the body from objects in automatic machines. Among them, pyroelectric infrared (PIR) sensors has some problems such as difficulty in detecting a standing body and generation of wrong signals from the refracted visible ray. However, the recently introduced thermopile infrared (TIR) sensor, detecting signals of wave-length 6 $\mu\text{m}$ ~13 $\mu\text{m}$  through a silicon filter in it, can be utilized to detect non-moving as well as moving human bodies without generating unwanted infrared signals from the refracted visible ray. But, its detection range is shorter than that of PIR and can be affected by the environmental temperature. This paper proposes a thermopile infrared sensor module with extended human-body detection distance by employing the extended amplifier and the temperature compensated circuit. Also, a prototype board made is tested to verify the extended distance in detecting the human body. Consequently, it is verified that the human-body detection distance can be increased up to 3.0 meters, about 3 times than commercial modules.

**Keywords :** Pyroelectric infrared (PIR), Thermopile infrared (TIR), Analog to digital converter (A/D)

## I. 서 론

인체 감지용 센서 모듈의 응용 범위는 점차 확장되고 있다. 특히 사물과 인체를 구분하여 제어하는 기계 장치에는 반드시 필요한 부품으로 사용되어 왔다<sup>[1]-[4]</sup>. 일반적으로 자동제어 기계 장치 등에 사용되는 모듈은 CPU로 구성된 회로와 초전형 적외선 (pyroelectric infrared) 센서 모듈이 조합된 응용회로로 설계되어 사용되고 있다<sup>[5]-[6]</sup>. 초전형 센서 모듈은 인체에서 발산되는 적외선 파장(9~10  $\mu\text{m}$ )을 감지하는 센서부와 신호를 증폭하는 증폭부 (이득: 4,000~8,000배), 그리고

판정을 위한 비교기 회로로 구성되어 있다<sup>[6]</sup>. 초전형 적외선 센서 모듈은 일반적으로 8~14  $\mu\text{m}$ 의 적외선 파장 대역에서 최대 감지 영역을 갖고, 입사 시와 차광 시의 적외선이 변화할 때 감지 신호가 출력된다<sup>[7]</sup>. 이로 인한 현상으로, 초전형 적외선 인체 감지 모듈은 정지된 인체에서 발산되는 적외선 파장을 감지하지 못하여, 별도로 셔터 동작 같은 움직임 장치를 융합하여 사용한다<sup>[8]</sup>. 인체를 감지하기 위한 적외선 센서는 주변 환경과 밀접한 관계를 가지며 주변의 구조물과 반사체에 의한 빛의 굴절 현상으로 오동작 범위가 확대될 수 있다<sup>[7]</sup>. 이러한 환경 영향에 의한 오동작을 최소화하기

위하여 자동화 기계 장치 등에 적용된 초전형 적외선 센서 모듈은 보조 장치와 융합되어 사용되고 있다<sup>[9]</sup>.

최근에 GE 사 (Amphenol) 에서 출시된 열전대열 적외선 센서 (thermopile infrared sensor) 은 비 접촉 온도 측정과 적외선 인체 감지용으로 만들어져 최근에 상용화되었다. 특히, 열전대열 적외선 센서는 초전형 적외선 센서에 비하여 가시광선의 반사와 굴절로 인한 적외선 인체 감지 오동작 범위를 줄일 수 있는 장점이 있다<sup>[10]-[11]</sup>. 상업용 모듈로 만들어진 열전대열 적외선 센서 모듈(ZTP-115M)은 증폭기와 서미스터(thermistor) 회로로 구성되어 있다. 특히, 적외선 감지 신호를 증폭하여 아날로그 신호로 (analog signal) 출력하는 특징을 갖고 있어서 응용 회로 구성은 쉽다. 그러나, 초전형 센서 모듈에 비하여 적외선 인체 감지 거리가 짧고, 주변 환경에서 발생하는 온도 변화에 적외선 감지 신호 출력이 변화하는 현상으로 인하여 적외선 인체 감지 판정 시 편차가 크다는 문제가 있다.

본 논문은 기존의 열전대열 적외선 센서 모듈의 단점을 개선하기 위해 주변 온도 변화 영향에 따른 출력 변화를 줄인 온도 보상 회로와 2단 증폭회로를 새로이 설계한 인체 감지 거리 확장 모듈을 제안한다. 제시된 열전대열 적외선 센서 기반 인체 감지 확장 모듈 회로는 시제품 보드(prototype board)로 제작되어 실험되었고, 적외선 인체 감지 거리가 상업용 모듈에 비교하여 약 3 배 확장되어, 3m 거리에서 안정된 적외선 인체 감지 성능을 보였다.

본 서론에 이어서, II 장에서는 상업용 열전대열 적외선 센서 모듈의 회로 구성과 문제점을 세부적으로 설명하고, III 장에서는 문제점이 개선된 열전대열 적외선 인체 감지 거리 확장 모듈 회로 설계 방안을 제시한다. 그리고 IV 장에서는 감지 거리 확장 회로 파라미터 설정 및 제작된 시제품을 실험하고 인체 감지 거리가 확장된 결과를 보인다.

## II. 상업용 열전대열 적외선 센서 감지 모듈

### 1. 상업용 열전대열 적외선 센서 감지 모듈 구조

열전대열 적외선 센서는 캔(can)에 부착된 실리콘 필터 특성으로 6~13  $\mu\text{m}$  적외선 파장 대역을 감지할 수 있고, 주변 온도와 인체에서 발산되는 적외선 파장을 (9~10  $\mu\text{m}$ ) 동시에 감지하여 아날로그 신호로 출력한다. 이러한 특성으로 인하여, 인체로부터 감지된 적외선 출

력은 주변 온도에 비례한 출력 전압과 합쳐져서 출력된다<sup>[10]-[11]</sup>.

그림 1은 열전대열 적외선 센서(ZTP-115)의 내부 구조 구성도이고, 한 개의 금속 캔(can) 몸체에 적외선 센서와 서미스터를 함께 실장한 구조를 나타낸다. 열전대열 적외선 센서 내에 실장된 서미스터는, 주변 온도 변화를 감지하여 적외선 센서의 주변 온도 변화에 따른 편차를 최소화하는 회로에 응용되도록 설계되었다.

그림 2는 열전대열 적외선 센서의 성능과 응용 범위를 확대하기 위하여 GE 사에서 설계하여 만들어진 상업용 열전대열 적외선 센서 모듈(ZTP-115M)의 구성도이다<sup>[11]</sup>. 상업용 모듈은 열전대열 적외선 센서, 증폭기, 그리고 서미스터 회로로 구성되어 있다. 열전대열 적외선 센서에서 감지된 주변 온도와 적외선 신호는 증폭기에서 약 700~800배 (gain = 57db) 증폭되어 아날로그 전압 형태로 TP1 단자를 통하여 출력된다.

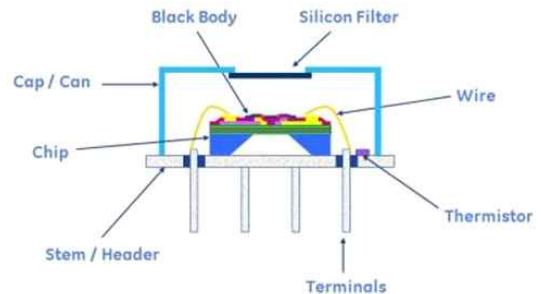


그림 1. 열전대열 적외선 센서 내부 구조  
Fig. 1. Construction of thermopile Infrared sensor.

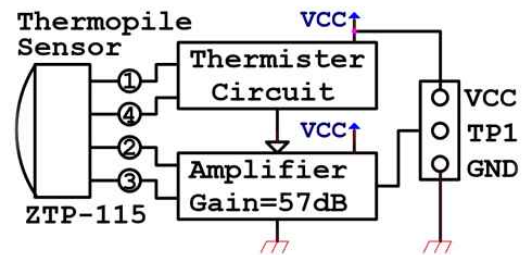


그림 2. 상업용 열전대열 적외선 센서 모듈 구조  
Fig. 2. Construction of commercial module (ZTP-115M).

### 2. 실제적 사용 환경에서 측정된 상업용 열전대열 적외선 센서 모듈의 인체 감지 거리 성능

일반적으로 적외선 감지 모듈에서의 적외선 인체 감지

는 CPU로 구성된 판별 회로와 적외선 인체 감지 모듈 출력 회로를 융합하여 이루어진다. 구체적으로, 상업용 열전대열 적외선 감지 모듈의 TP1에서 출력된 아날로그 전압은 판정기에 입력되고 마련된 기준 값(예: 30 mV)으로 설정되어 실험되었다. 특히, 판정을 위한 기준 값은 주변 온도 변화에 따른 출력 전압 변화의 편차, CPU의 A/D 분해 능력, 판정기의 소프트웨어 구성 방법과 성능, 주변 환경 변화에 따른 측정 편차 등을 고려하여 판정기의 소프트웨어 구성 시 설정된 값이다. 본 논문에서 사용된 판정기는 일반적으로 사용되는 저렴한 “Atmega128A” 회로로 구성하였다<sup>[12]</sup>.

표 1은 상업용 열전대열 적외선 센서 모듈의 실제적 인체 감지 거리 특성을 분석하기 위하여 실제 측정된, 인체 감지 거리 대비 TP1 출력 전압 변화에 대한 도표이다. 특히, 측정은 섭씨 19도~20도 공장 실내 환경에서 모듈을 75cm 높이에 위치시키고, 모듈의 정면 방향에서 신장 170 cm 인체를 이동하면서 이루어졌다. 인체 감지가 없는 상태에서의 TP1 측정값은 1.50 Volts 이며, 인체 이동 거리에 따른 감지 출력 전압 변화를 그래프로 나타낸 도표는 그림 3과 같다.

표 1. 인체 감지 거리 (meter) 대 출력 전압 (Volt)  
Table 1. Distance vs TP1 output for body detection.

D	무 감지	0.5 M	1.0 M	1.5 M	2.0 M	2.5 M	3.0 M	3.5 M
Volt	1.50	1.54	1.535	1.53	1.53	1.53	1.53	1.525
ΔV	0.0	0.04	0.035	0.03	0.03	0.03	0.03	0.025

실제 측정된 그림 3은 그래프 상에서 인체 감지 거리를 분석할 때, 인체 감지 거리 0.5~1 m (Zone 1) 거리의 출력 값은 안정된 감지 출력 전압으로 판정될 수 있으나, 감지 거리 1.0~1.5 m (Zone 2)에서는 측정 편차가 기준 값에 미달하는 경우가 종종 발생되어 감지 판정에 불충분한 값이었고, 1.5 m 이상 (Zone 3)에서는 감지된 출력이 기준 값 이하 밖으로 변화하여 인체 감지 적외선 신호로 판정하기 어려운 측정 결과 값을 나타내었다. 또한 3 m 이상 (Zone 4)에서는 측정할 때마다 측정값이 변하여 감지된 적외선 신호로 적용하기에는 불가능한 수준에 있었다. 이러한 결과 값으로 판정할 때, 상업용 열전대열 적외선 감지 모듈(ZTP-115M)의 적외선 인체 감지 거리는 1.0 m 이내로 설명될 수 있고, 인체 감지 신호를 이용해 제어 장치에 적용하기에는 인체 감지 거리가 충분하지 못하여 적외선 인체 감지 거리 확장이 요구된다.

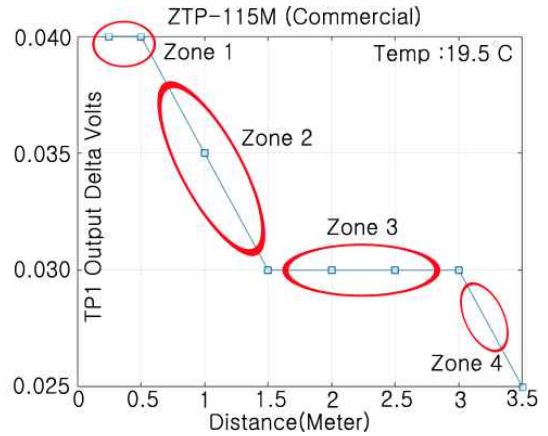


그림 3. 상업용 열전대열 적외선 감지 모듈의 감지 거리 변화에 따른 TP1 출력 전압 (Volt)  
Fig. 3. Test result for detection distance vs output voltage on TP1 of commercial module.

### III. 적외선 인체 감지 거리 확장 모듈 회로 구성

#### 1. 개요

최근에 GE사에서 출시된 열전대열 적외선 센서 모듈은 실제 환경에서 적외선 인체 감지 거리 측정 결과, 인체 감지 거리가 1.0 m 이내에 있어 응용 범위가 제한된다. 인체 감지 거리의 확장은 응용 범위의 확대를 의미하며, 적외선 감지 신호의 증폭 이득을 증가시켜 적외선 감지 거리 확장을 할 수 있다. 그러나 열전대열 적외선 모듈이 갖고 있는 주변 온도 감지 특성으로 인하여, 증폭 이득이 증가할 때 증폭기의 출력이 주변 온도의 특정 부분에서 포화(saturation)되는 문제가 발생되어 주변 온도의 변화에 따른 포화 현상이 없도록 온도 보상 회로가 병합되어 설계되어야 한다.

#### 2. 열전대열 적외선 인체 감지 거리 확장 회로 구성

열전대열 적외선 센서를 이용한 감지 거리 확장 회로를 제시하기 위하여 두 가지 설계 방향이 제시 된다. 첫째는 감지 거리 확장 대비 증폭 이득의 범위 설정이고, 둘째는 증폭 이득 증가로 인하여 발생된 온도 변화에 따른 출력 전압의 포화(saturation) 현상이 발생되지 않도록 회로를 구성하는 것이다.

GE사의 열전대열 센서 모듈 규격상의 그래프를 참조하여 볼 때<sup>[11]</sup>, 상업용 적외선 감지 모듈의 온도 변화 대비 출력 전압 특성, 온도가 고온으로 이동될수록

출력 전압이 전원 전압에 근접한 포화점에 이르게 된다. 인체 감지 거리 확장을 위하여 마련된 증폭 이득의 증가는 감지 거리의 확장 결과로 이어질 수 있으나, 증가된 증폭 배율만큼 주변 온도에 따른 감지 출력 전압이 포화점으로 이동되어 일반적인 생활 실내 온도에서도 (10도~35도) 증폭기의 감지 출력 전압이 포화되는 현상이 발생된다. 제시된 온도 보상 회로는 이러한 포화 현상이 인체 감지 거리 확장 실험 환경에서 최소화 되도록 설계되었다.

그림 4는 열전대열 적외선 센서 모듈의 인체 감지 거리를 확장하기 위하여 적외선 감지 모듈의 증폭 이득을 700~800 배에서 약 4,000 배로 증가시킨 구성도이다. 회로에 적용된 증폭기는 “Low offset” 특성을 갖는 TI 사 제품 “Opa 2187”이 사용되었다<sup>[13]</sup>. 특히, “Compensation For Temperature” 블록은 두 번째 증폭기(2nd amplifier)의 출력 전압이 TP1에서 출력된 온도 변화에 따른 출력 전압 영향에서도 포화되지 않도록 마련된 온도 보상 회로이다. TP1의 출력 전압은 GE사에서 제시한 주변 온도 변화 대비 출력 동작 곡선 상에서 동작되며, 적외선 인체 감지 신호 전압이 가중되어 출력된다.

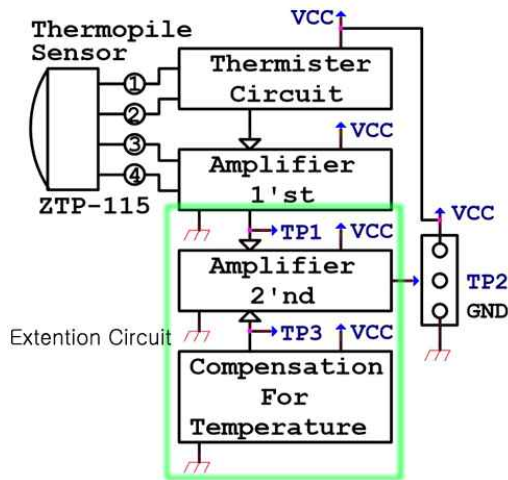


그림 4. 인체 감지 거리 확장 시제품 모듈 구성도  
Fig. 4. Block diagram of prototype board for distance extension on body detection.

#### IV. 감지 거리 확장 회로 설계와 시제품 감지 거리 측정 실험 결과

적외선 인체 감지 거리는 주변 환경과 측정 조건에 따라서 측정 결과의 편차가 나타난다. 본 논문은 측정 조건

변화로 발생하는 측정 편차를 최소화하기 위하여, 인체 감지 판정을 위하여 만들어진 실험용 보드 상에 실험용으로 제작된 시제품 보드 (prototype board) 와 상업용 열전대열 적외선 센서 모듈 (ZTP-115M) 을 함께 위치시키고 측정하였다. 본 논문의 감지 거리 실험은 실내 온도가 섭씨 19도~20도인 공장 건물의 실내에서 직선 방향으로 이루어졌고, 주변 온도 변화에 따른 열전대열 센서 모듈의 출력 전압 변화 실험은 온도 조절이 가능한 소형 챔버 (chamber) 내에서 측정되었다. 온도 변화에 따른 시제품 보드의 출력 값들은 챔버 (chamber) 내에 함께 넣어진 온도계 값이 목표 값에 도달한 것을 확인하고 추가적으로 1시간 경과 후에 측정되었다.

#### 1. 시제품 보드 감지 거리 확장 회로 설계

##### 가. 증폭기 설계 (Amplifier Circuit Design)

열전대열 적외선 센서(ZTP-115)에서 검출된 적외선 신호는 THP-1 단자를 통하여 출력되고, THP-1의 출력 신호는 감지된 6~13  $\mu\text{m}$  적외선 신호와 주변 온도에 대한 출력 전압을 내포하고 있다. THP-1의 출력 신호는 첫 번째 증폭기(IC1-1)와 거리 확장용 증폭기인 두 번째 증폭기(IC1-2)를 통하여 증폭되고 TP2로 출력된다. 그림 5는 증폭기 구조를 세부적으로 나타낸 회로도이다.

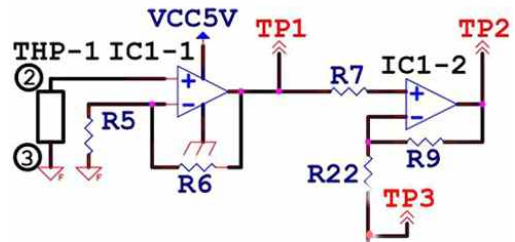


그림 5. 시제품 보드의 증폭기 회로

Fig. 5. Amplifier circuit for prototype board.

열전대열 적외선 센서(ZTP-115)에서 출력된 감지 신호는 IC1-1 회로에서 약 800배 증폭되고 (gain =  $R6 / R5$ ), IC1-2 회로에서 약 5배 증폭되어 (gain =  $R9 / R22$ ) 총 이득이 약 4000배 수준에 이른다. 증폭기를 구성하는 회로 부품들은 “IC1-1 & IC1-2 : Opa2187, R5 : 780 ohm, R6 : 620 kohm, R7 : 10 kohm, R22 : 22 kohm, R9 : 100 kohm”으로 구성되었다. 증폭용으로 사용된 “Opa2187”은 “Low offset” 특성을 갖는 operation amplifier이다.



그림 6은 주변 온도 변화에 따른 TP1 출력 전압을 비례적 변화 특성으로 동작시키기 위한 서미스터 보상 회로를 세부적으로 나타낸 회로이다. 서미스터 THR-1은 열전대열 적외선 센서(ZTP-115)의 서미스터 단자로 온도 변화에 저항 값이 변화하는 특성을 갖고, THP-1과 함께 캔(can)에 실장되어 있다. 주변 온도 대비 출력 전압 TP1의 변화 기울기는 회로를 구성하는 부품의 파라미터 값에 따라 변화한다. 기본적인 서미스터 회로 구성은 상업용 열전대열 적외선 센서 모듈(ZTP-115M)과 유사하게 구성되었으나 구성된 회로의 파라미터는 서미스터 특성과 용도에 맞추어 변경된다. 제시된 시제품 보드의 부품 파라미터들은 “THR-1 서미스터 (10 kohm), R1: 750 ohm, R2: 750 ohm, R3: 490 ohm, R4: 1.8 kohm, R0: open, C13, C14: 0.01uF, C15: 10uF”으로 설정되었다.

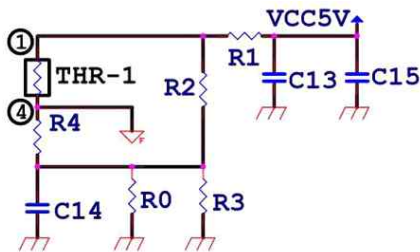


그림 6. 시제품 보드의 서미스터 회로  
Fig. 6. Thermistor circuit on Prototype Board.

나. TP2 출력 안정화를 위한 온도 보상 회로 설계

주변 온도 변화에 대한 TP2 출력 전압 변화 최소화를 위한 온도 보상 회로(compensation for temperature)는 온도 센서(THR-10K)와 Operation Amplifier(IC2)로 구성되며, 주변 온도 변화에 따른 출력 전압 TP3 특성이, TP1의 출력 전압 특성과 유사한 기울기를 갖도록 설정되어, TP2 출력 전압이 주변 온도 변화에 대응하여 포화되지 않게 설계되었다.

온도 보상 회로 IC2로부터 출력된 온도 감지 출력 전압 TP3은 IC1-2 증폭기의 부 입력 단자(negative input)에 입력되고, TP1의 온도 감지 출력과 적외선 감지 신호는 IC1-2 증폭기의 정 입력 단자(positive input)에 입력된다. 정 단자에 입력된 TP1 출력과 부 단자에 입력된 TP3의 온도 감지 출력 전압은 서로 차감되고, 차감되고 남은 온도 감지 출력과 적외선 감지 신호만

IC1-2 증폭기에서 증폭되어 TP2로 출력된다.

그림 7은 이러한 문제를 보완하기 위하여 설계된 온도 보상 회로를 세부적으로 나타낸다. 온도 변화에 따른 TP3의 출력 특성은 IC1-2 증폭 이득에 따라 TP2의 출력 전압이 포화되지 않게 설계되었다. 온도 변화에 따른 TP2 출력 전압 변화가 직선적 특성을 갖고 기울기가 최소화될수록 판정기의 기준 값을 더 작게 할 수 있으나, 본 실험에서는 감지 거리 확장이 확인될 수 있는 범위에서 저비용 회로를 구성하여 실험하였다. 온도 보상 회로는 “THR-10K: 10 kohm/3976, R19: 6.8 kohm, R8: 500 kohm, R21: 10 kohm”으로 설정되었다.

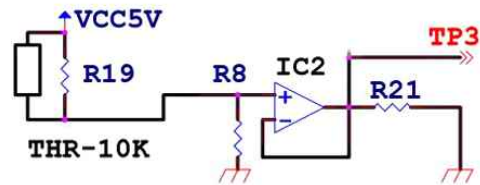


그림 7. 인체 감지 거리 확장용 온도 보상 회로  
Fig. 7. Temperature compensation circuit for distance extension on body detection.

그림 8은 시제품 보드의 온도 변화에 따른 TP1, TP3 출력과, 그리고 TP1의 출력을 증폭한 TP2 출력 전압이 온도에 따라 변화하는 값을 나타낸 그래프이다.

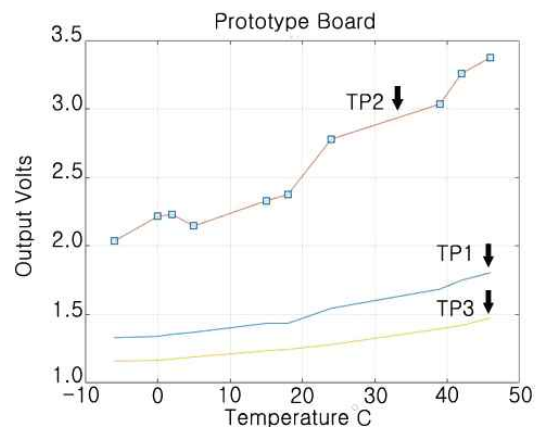


그림 8. 온도 변화 대비 시제품 출력 전압 변화  
Fig. 8. Temperature vs. output on prototype.

온도가 1도 변화할 때 TP2의 출력 전압은 측정 온도 구간에 따라 최소 20 mV에서 최대 35 mV 변화로 측정되

있고, -6도~46도 범위에서 온도 대비 출력 전압의 변화 값이 대체로 직선적 변화를 나타내어, 감지 거리 확장 실험을 실제 환경에서 진행하는데 무리 없이 일정한 편차 값으로 측정될 수 있었다. 세부적 측정 결과 값은 표 2에 표기되었다.

표 2. 온도 변화 대비 TP1, TP2, TP3 출력 전압 (volt)  
Table 2. Temperature vs. TP1, TP2, & TP3 output.

	-6도	0도	2도	5도	15도	18도	24도	39도	42도	46도
TP1	1.33	1.34	1.355	1.37	1.435	1.435	1.545	1.685	1.750	1.805
TP2	2.035	2.215	2.230	2.145	2.330	2.375	2.780	3.035	3.260	3.375
TP3	1.17	1.165	1.175	1.190	1.235	1.245	1.280	1.395	1.420	1.475

## 2. 시제품 보드 제작과 인체 감지 거리 측정 결과

본 논문에서 제안된 인체 감지 거리 확장 모듈 회로는 시제품 보드(prototype board)로 제작되었고, 감지 거리 판정을 위하여 만들어진 판정기에 연결되어 측정되었다.

그림 9는 적외선 인체 감지 거리를 측정하기 위하여 만들어진 실험용 보드로, Atmega128A CPU로 구성된 판정기, 상업용 적외선 감지 모듈 (ZTP-115M), 그리고 시제품 보드(prototype board of size L31 x W23 mm)로 구성되었다. 적외선 인체 감지 신호 크기와 판정은, 실험이 이루어질 때의 환경 조건에 따라 측정 편차가 발생되므로, 이러한 측정 결과 값의 편차를 최소화하기 위하여 실험용 보드 위에 측정 대상물들을 모두 함께 구성하여 동시에 측정하였다.

판정기는 A/D 단자로 입력되는 TP1 또는 TP2 출력 값을 읽어서, 적외선 검출 출력을 변화 전압으로 ( $\Delta V$ ) 변환하고 적외선 인체 감지 상태를 판정한다. 시제품 보드의 적외선 인체 감지 거리 측정은 아파트형 공장 내의 온도 19 ~ 20 도에서 신장 170 Cm 남성을 기준으로 실험되었다. 적외선 감지 유무의 결과는 판정기에 입력된 TP1 과 TP2의 출력 전압 변화와 판정기 내에 임의 설정된 기준 값을 비교하여 판정기가 결정하였다.

TP1에 대한 시제품 보드의 기준 값은 측정할 때 자연스럽게 변할 수 있는 온도 변화 +/- 1도에 대한 출력 전압 변화와 A/D 해상도에 따른 오차 등을 감안하여 30 mV로 설정되었고, 감지 거리 확장 전의 TP1 출력은 상업용 보드와 같은 증폭 이득을 갖고 있으므로 동일한 기준 범위를 설정하였다 (상업용 모듈 기준 값

= 30 mV). 다만 시제품 보드는 상업용 모듈에 적용된 동일 규격의 창을 (window) 찾을 수 없어 미 부착 상태로 인체 감지 거리가 측정되었다.

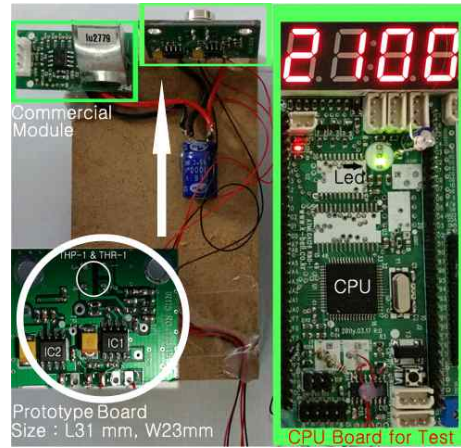


그림 9. 인체 감지 거리 판정을 위한 실험용 보드  
Fig. 9. Test board for measuring body detection.

그림 10은 TP1 출력 단에서 측정된 인체 감지 거리 대비 출력 전압 변화를 나타낸 그래프이다.

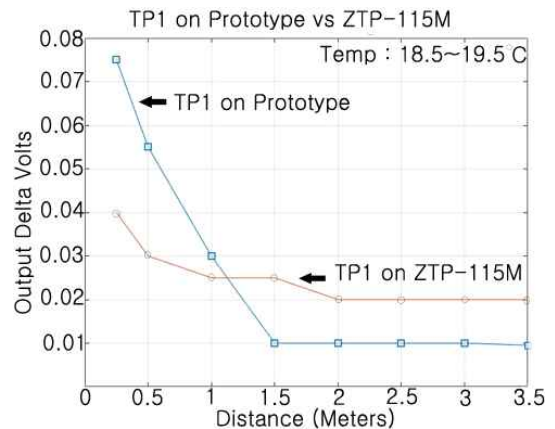


그림 10. TP1 감지 거리 대비 출력 전압 변화  
Fig. 10. Distance vs delta volts on TP1.

시제품 보드의 TP1 출력 단에서 측정된 인체 감지 거리 대비 출력 전압 특성은 상업용 모듈의 출력 특성에 비하여 가파른 기울기 특성으로 측정되었으나, 안정적으로 판정할 수 있는 인체 감지 거리는 비슷한 결과를 나타내어 0.9~1.0 m 수준에 이른다.

감지 거리 확장 모듈 회로의 출력인 TP2의 기준 값

은 증폭율의 증가와 온도 보상 회로의 기울기 특성을 고려하여 좀 더 판정의 기준 값이 높여진 40 mV 로 설정되었다. 판정기는 임의 설정 기준 값 40 mV와 A/D 단자로 입력된 TP2 출력 값을 비교하여 인체 감지 유무의 판정 결과를 나타낸다. 이것은 판정기의 하드웨어와 소프트웨어 성능이 좀 더 향상되면 기준 값을 40 mV 로부터 더 낮출 수고, 낮추어진 만큼 인체 감지 거리가 확장될 수 있음을 의미한다.

그림 11은 시제품 보드의 적외선 감지 거리 변화에 따른 TP1 과 TP2의 출력 전압 변화를 측정하여 결과 값을 그래프로 나타낸 것이다. TP1과 TP2의 세부적인 측정 결과 값은 표 3과 같다. 실험용 보드에 사용된 판정기는 TP1과 TP2에서 측정된 결과 값을 지속적으로 모니터링 하여 변화된 전압( $\Delta V$ )이 설정된 기준 값 이상이면 적외선 인체 감지가 된 것으로 판정하여 LED를 ON 하여 나타낸다. 시제품의 TP1 출력 결과는 인체 감지 거리가 0.9~1.0 m 수준에 있었고, 시제품의 감지거리 확장 출력인 TP2의 결과는 2.8~2.9 m 까지 안정적으로 적외선 인체 감지가 이루어졌다. 결과로 볼 때, 인체 감지 거리가 확장된 TP2 출력의 인체 감지 범위는 상업용 보드에 비하여 약 3배 확장된 2.9~3.0 m 까지 인체 감지 거리로 판정할 수 있다.

### V. 결론

본 연구에서는 적외선 인체 감지 거리가 확장된 열전대열 적외선 센서(thermopile infrared sensor) 모듈 회로를 제시한다. 제시된 열전대열 적외선 인체 감지 거리 확장 센서 모듈 회로는 인체 감지 거리를 확장한 증폭 회로와 주변 온도 변화에 따른 센서의 출력 변화 영향을 줄인 온도 보상 회로로 구성되었고, 시제품 보드로(prototype board) 제작되어 실험되었다. 저 비용 회로로 제작된 시제품 보드는 GE 사의 상업용 모듈(ZTP-115M)과 함께 실험되었고, 증폭 이득이 확장된 증폭 회로의 성능 향상으로 상업용 모듈에 비하여 인체 감지 거리가 약 3배 확장된 결과를 보였다. 본 논문을 통하여 입증된 열전대열 적외선 감지 거리 확장 모듈 회로는 성능 대비 저 비용으로 설계가 가능하여 자동화 기계 장치의 제어 용도로 적용 확대가 가능하다.

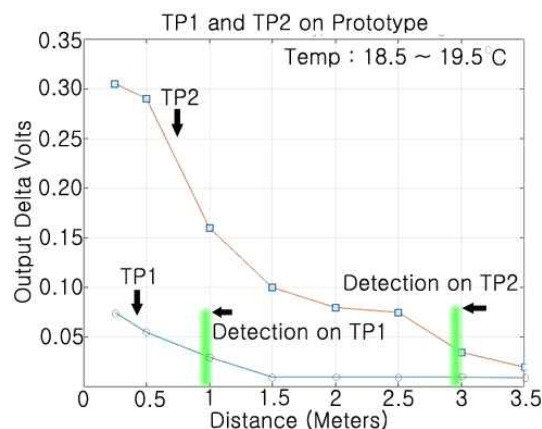


그림 11. 시제품 보드의 감지 거리 대비 출력 전압 변화 (녹색선 : 최대 감지 거리)

Fig. 11. Distance vs output delta volts on prototype board (green mark : maximum distance).

표 3. 감지 거리 대비 TP1 & TP2 출력 전압

Table 3. Output volts vs distance on TP1 & TP2.

M	115M TP1 Volts	115M TP1 $\Delta V$	시제품 TP1 Volts	시제품 TP1 $\Delta V$	시제품 TP2 Volts	시제품 TP2 $\Delta V$
0.25	1.545	0.040	1.530	0.075	2.650	0.305
0.50	1.535	0.030	1.510	0.055	2.585	0.290
1.00	1.530	0.025	1.475	0.030	2.455	0.160
1.50	1.530	0.025	1.455	0.010	2.395	0.100
2.00	1.525	0.020	1.455	0.010	2.375	0.080
2.50	1.525	0.020	1.455	0.010	2.370	0.075
3.00	1.525	0.020	1.455	0.010	2.330	0.035
3.50	1.525	0.020	1.455	0.010	2.315	0.020
No Det	1.505	0.000	1.445	0.000	2.295	0.000

### REFERENCES

- [1] T-W. Ahn, "Improvement Method for human body sensing module and managing system," *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 51, no. 10, Oct. 2014.
- [2] <http://www.murata.com/en-global/products/sensor>
- [3] M-C. Dijkstra and T-S. Lammerink "Thermal flow-sensor drift reduction by thermopile voltage cancellation via power feedback control," *Journal of Microelectromechanical Systems*, vol. 23, no. 4, Aug. 2014.
- [4] G-P. Szakmany and A-O. Orlov, "Polarization-dependent response of single and bi-metal antenna-coupled thermopiles for infrared

detection," *IEEE Trans. Terahertz Science and Tech.*, vol. 6, Nov. 2015.

- [5] J.-Y. Kim, S.-S. Ahn, and J.-H. Kang, "Development of location/safety tracking system for construction site workers by using MEMS sensor," *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 49, IE - no. 1, Mar. 2012.
- [6] H.-W. Cha and M.-Y. Cho, "A design of standing human body sensing system using roation of PIR sensor," *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 53, no. 1, Jan. 2016.
- [7] S.-G. Hong, H.-S. Jeong, K. Kim, and J. Ryeom, "Development of multi-sensor module to detect the human body for outdoor led lighting features," *Journal of Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, vol. 30, no 10, Oct. 2016, <http://dx.doi.org>
- [8] Ro-Serfa Juan, J.-S. Kim, Y.-H. Sa, H.-S. Kim, and H.-W. Cha, "Development of a sensing module for standing and moving human body using a shutter and PIR sensor," *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, vol. 11, no. 7, Nov. 2016.
- [9] G.-D. Kim, S.-Y. Won, and H.-S. Kim, "An object Recognition performance improvement of automatic door using ultrasonic sensor," *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 54, no. 3, Mar. 2017.
- [10] Amphenol Advanced Sensors, "Infrared Thermopile Sensors Non-contact Temperature Measurement," 2015, [www.ge-mcs.com](http://www.ge-mcs.com)
- [11] Amphenol Advanced Sensors, "Thermopile IR Sensor Application," 2015, [www.ge-mcs.com](http://www.ge-mcs.com)
- [12] Data sheet of Atmega\_128A, [www.atmel.com](http://www.atmel.com)
- [13] Texas Instruments "OPA2187," SBOS807A - Dec. 2016 - revised," Jul. 2017 ([www.ti.com](http://www.ti.com)).