

AC 모터 및 CdS 센서를 이용한 태양 추적 장치 제어 방법에 관한 연구

김보현, 김황래*
공주대학교 컴퓨터공학부

Study on Solar Tracker Control Method using AC Motor and CdS Sensor

Bo-Heon Kim, Hwang-Rae Kim*

Division of Computer Engineering, Kongju National University

요약 최근 태양 에너지의 효율을 높이기 위해 사용되는 태양 추적 장치의 태양 추적 방법으로는 센서 방식, 프로그램 방식, 센서와 프로그램을 결합한 프로그램 혼합식으로 나눌 수 있다. 센서 방식 태양 추적 방법에서 AC 모터 및 CdS 센서를 이용한 태양 추적 장치는 저렴한 가격으로 제작이 가능하지만 모터 정지 시 발생하는 관성에 의한 오차 및 태양 빛의 산란에 의한 오차로 인해 위치 정밀도가 낮은 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 태양의 위치를 판단하는 CdS 센서 모듈 설계 방법과 추적 시 발생하는 오차를 미리 측정하여 그 값을 추적 제어 시 이용하는 제어 방법을 통해 위치 정밀도를 높이는 방법에 대해 제안하였다. 또한, 태양 추적 장치의 성능을 평가하기 위해 태양열 온수기를 구현하여 효율 향상 측면과 위치 정밀도 측면에서 실험을 진행하였다. 실험 결과, 위치 정밀도 실험에서는 $\pm 2\text{mm}$ 의 위치 정밀도를 나타내 태양열 온수기의 허용 오차인 $\pm 15\text{mm}$ 를 만족하였으며, 효율 향상 실험에서는 국내 온수기 인증 기준인 KSB8202 대비 32%의 효율 향상을 가져왔다.

Abstract Recently, the solar tracker has been used to improve the efficiency of solar energy. Solar tracking technologies are classified into the sensor-based method, the program-based method, and the hybrid method. Solar trackers using an AC motor and CdS sensor are low in cost, but the precision of the positions is low, owing to the inertia of the motor and the scattering of sunlight. To compensate for the low precision, we implement a CdS sensor module and propose an AC motor control method using error value. To evaluate the performance of the solar tracker, we implemented a solar water heater. From the experimental results, the solar tracker can achieve $\pm 2\text{ mm}$ accuracy for sun, can satisfy $\pm 15\text{ mm}$ as a limited error value, and provides a 32% performance enhancement in KSB8202 criteria.

Keywords : Solar energy, Solar tracker, CdS sensor, AC motor, Solar water heater

1. 서론

최근 지구의 환경문제 및 급격한 유가 상승으로 신재생에너지에 대한 관심이 고조되고 무한한 청정 에너지원으로서 국내외적으로 태양 에너지에 관한 연구 개발이 활발하게 진행되고 있다[1]. 태양 에너지는 환경 친화적

이고 소음이나 대기 오염이 없으며, 화석 연료와는 달리 고갈될 염려가 없는 순수한 자연 에너지원이라 할 수 있다[2, 3]. 태양 에너지의 효율을 높이기 위해서는 태양 에너지를 집광하는 장치가 태양과 법선 방향에 있을 때 가장 효과가 크다.

CdS 센서 및 AC 모터를 이용한 태양 추적 장치는 저

*Corresponding Author : Hwang-Rae Kim(Kongju National Univ.)

Tel: +82-41-521-9227 email: plusone@kongju.ac.kr

Received May 27, 2016

Revised (1st September 26, 2016, 2nd October 6, 2016, 3rd October 12, 2016)

Accepted November 10, 2016

Published November 30, 2016

렵하게 제작 가능하지만, CdS 센서를 이용한 태양 추적 방법은 태양의 위치를 판단하기 위해 별도의 구조물을 세워 태양의 위치에 따라 CdS 센서 모듈의 각 CdS 센서에 빛의 투과량을 다르게 하는 방법으로 위치 정밀도가 결정되기 때문에 정밀도를 높이기 위한 CdS 센서 모듈 설계 기술이 필요하다. 그리고 AC 모터는 I/O 동작만으로 모터를 구동하고 정지하기 때문에 정지 신호를 출력한 후에도 회전 중인 모터가 관성에 의해 바로 정지되지 않는 특성으로 위치 정밀도가 낮은 문제가 있다.

본 논문에서는 CdS 센서 및 AC 모터를 이용한 태양 추적 장치의 위치 정밀도를 높이기 위해 기존에 사용하고 있는 그림자 생성 및 갈때끼 형태의 구조물을 이용한 CdS 센서 모듈의 문제점을 분석하고 위치 정밀도가 높은 CdS 센서 모듈을 구현하였으며, 관성으로 인한 AC 모터 구동 중 발생하는 오차 값을 측정하여 위치 정밀도를 높일 수 있는 AC 모터 제어 방법을 제시하였다.

2. 관련 연구

2.1 태양 추적 장치 활용

태양 에너지의 활용 분야로는 태양광을 전기로 변환하는 소자를 이용해 전기를 발생시켜주는 태양광 발전 시스템[4], 태양열을 이용하여 온수 및 난방 보조 시스템으로 사용되는 태양열 집열 시스템, 건물 내부에 정원을 조성하는 것과 같이 자연 채광이 부족한 곳에 정확하게 많은 양의 태양 빛을 전달하기 위한 채광 시스템으로[5] 나눌 수 있다.

2.2 태양 추적 방법

태양의 위치를 추적하고 제어하는 방법으로는 크게 센서식, 프로그램식, 센서 및 프로그램 혼합식으로 나눌 수 있다[6, 7].

첫째, 프로그램식 추적 방법은 태양의 위치 경로를 가지고 태양의 고도각과 방위각을 계산하여 태양을 추적하는 방식으로 비교적 높은 추적 정확도를 나타낸다. 그러나 태양 추적 장치가 설치되는 장소의 GPS 좌표를 정확하게 입력해야 하므로 별도의 장치가 필요하다. 또한, 복잡한 프로그램 계산으로 연산속도가 빠른 높은 사양의 제어기가 필요하다.

둘째, 센서식 추적 방법은 태양 빛의 양을 감지하는

CdS 센서와 같은 광센서를 이용하여 태양의 위치를 판단하는 방식으로, 읽어드린 CdS 센서값만을 이용하기 때문에 제어기 사양이 단순하여 저렴하게 구현할 수 있다. 그러나 태양 빛의 산란으로 인해 태양의 위치를 정확하게 판단하기 위해 위치 정밀도를 높일 수 있는 CdS 센서 모듈 설계 기술이 필요하다.

셋째, 센서 및 프로그램 혼합식은 두 방식의 장점만을 사용하고 각 방식의 단점을 보완하는 방식으로 더욱 정확한 태양 추적을 해야 하는 시스템에 사용되며, 계산된 태양 위치와 CdS 센서로 부터 읽힌 값을 조합하여 태양을 추적하는 시스템이다.

Table 1은 태양 추적 방식에 따른 특징을 나타낸다.

Table 1. The characteristics of tracking method

Sensor	Program	Sensor&Program
-low price -a cloudy day can't solar tracking -malfunction possibility by reflected light	-low malfunction -Not affected by weather -Direction required installation -Equipment necessary for the compensation	-High price -Application in closeout tracking

2.3 구동 모터 특징

태양 추적 장치를 구동하기 위해 사용되는 모터는 크게 AC 모터, 스텝핑 모터, 서보 모터로 나눌 수 있다[8].

첫째, AC 모터는 I/O 동작으로 모터를 제어하기 때문에 동작 제어가 손쉽고 제어기 회로 구성이 간단하여 가격이 저렴한 장점이 있으나, 위치 정밀도가 낮아 위치 정밀도를 높이기 위한 별도의 제어 알고리즘이 필요하다.

둘째, 스텝핑 모터는 위치 제어가 별도로 장착되어 원하는 위치를 정확하게 제어할 수 있으나, 기구 부하에 의한 탈조로 인해 위치 틀어짐이 발생할 수 있다.

셋째, 서보 모터는 스텝핑 모터와 같이 위치 제어가 별도로 장착되어 원하는 위치를 정확하게 제어할 수 있으나, 목표 위치를 지속해서 찾으려는 특성으로 기계 장치에 맞는 모터의 게인 설정이 필요하고 모터를 제어하기 위한 프로그램이 복잡한 단점이 있다.

Table 2는 구동 모터별 특징을 나타내는 것으로 태양 추적 장치가 외부 환경에 설치되는 점을 고려한다면, AC 모터는 위치 정밀도가 낮은 단점을 제외하고 많은 장점이 있다.

Table 2. The characteristics of motor drive

	AC motor	Stepping/Servo
Control	I/O On/off	Using motion controller
position precision	AC/DC < Stepping < Servo	
Price	AC/DC > Stepping > Servo	
Circuit config	AC/DC > Stepping > Servo	
Power	AC/DC > Stepping > Servo	
Characteristic	-small, light -position control algorithms needs	- can be position controlled

2.4 태양 추적 장치 제어 시스템 가격

태양 추적 장치는 태양 에너지를 이용하는 시스템에 따라 제작 사양이 결정되므로, 무조건 좋은 사양을 지향하기보다는 이용하는 시스템 사양에 맞게 가격 측면과 성능 측면을 고려하여 결정되어야 한다. Table 3은 본 논문에서 구현한 태양 추적 장치의 사양을 기준으로 모터별 제어 시스템 가격을 비교하였다.

Table 3. Price comparison of the controller system.

	AC	Stepping	Servo
Master Controller	200\$	300\$	300\$
Motion Controller	-	400\$	400\$
Motion Drive	-	200\$	600\$
I/O Controller	Internal	300\$	300\$
Speed Controller	100\$	-	-
2 Axis Motor	300\$	400\$	500\$
Total	600\$	1,600\$	2,100\$

3. 태양 추적 장치 설계 및 구현

3.1 시스템 구성

본 논문에서 구현한 태양 추적 장치의 구성은 Fig. 1과 같으며, 빛의 양을 감지하고 태양의 위치를 판단하기 위한 CdS 센서 모듈, 모터를 구동하는 구동부, 그와 관련된 기구 및 이를 제어하기 위한 제어기로 구성하였다.

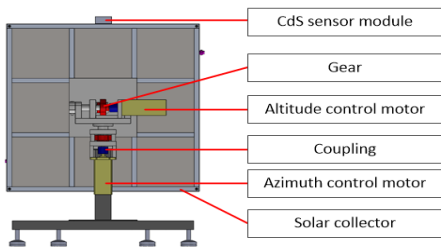


Fig. 1. Solar tracker system diagram

3.2 태양 추적 제어 방법

3.2.1 AC 모터를 이용한 태양 추적 방법

CdS 센서 및 AC 모터를 이용한 태양 추적 방법에서 위치 오차가 발생할 수 있는 요인으로 AC 모터가 구동 중 정지 신호를 출력한 후에도 회전 중인 모터가 관성에 의해 바로 정지되지 않는 특성으로 발생하는 오차와 태양 추적 장치가 태양과 법선 상에 있을 때 각 CdS 센서 간의 오차로 나눌 수 있다.

본 논문에서는 위 두 요인에 의해 태양 추적 시 발생하는 오차 값을 측정하여 그 값을 태양 추적 시 사용하는 Fig. 2의 계산식을 설계하여 위치 정밀도를 높일 수 있는 태양 추적 장치를 구현하였다.

```

tTolerance : Tracking tolerance value
init : Initial calibration value
stop: Calibration value on stop
read : Read value;
Cds sensor list : A : east, B : west, C : south, D : north
Init Value = init(A), init(B), init(C), init(D)
Stop Offset = stop(A), stop(B), stop(C), stop(D)
Read Value = read(A), read(B), read(C), read(D)

Tracking Calibration Vaule :
T(A) = [ init(A) + stop(A) ]
T(B) = [ init(B) + stop(B) ]
T(C) = [ init(C) + stop(C) ]
T(D) = [ init(D) + stop(D) ]
Azimuth Calculation Value : AZV = [ read(A) - T(A) ] - [ read(B) - T(B) ]
Altitude Calculation Value : ALV = [ read(C) - T(C) ] - [ read(D) - T(D) ]

If AZV > tTolerance then Azimuth Axis + Move
If AZV < tTolerance then Azimuth Axis - Move

If ALV > tTolerance then Altitude Axis + Move
If ALV < tTolerance then Altitude Axis - Move
    
```

Fig. 2. Tracking Data calculation formula

Fig. 2를 보면 동, 서, 남, 북 방향에 배치한 CdS 센서를 A, B, C, D로 표기하고, AC 모터 이동 중 발생하는 오차는 stop(), 태양 추적 장치가 법선 상에 있을 때 각 CdS 센서의 오차는 Init()으로 표기하였다. 먼저 stop() 오차와 Init() 오차를 합산한 T() 값을 구한 후, 해당 값을 위치 보정용으로 사용하기 위해 방위각(AZV) 및 고도각(ALV) 제어 시 실제 읽어드린 read() 값과 오차를 합산한 T() 값을 연산하여 추적하는 것을 확인할 수 있다.

3.2.2 태양 추적 알고리즘

본 논문에서는 CdS 센서를 4개를 동, 서, 남, 북 방향으로 배치하여 동서 방향은 방위각을 제어하는 용도로

사용하고 남북 방향은 고도각을 제어하는 용도로 사용하였다. Fig. 3은 태양 추적 알고리즘에 대한 기본 순서도를 나타낸다.

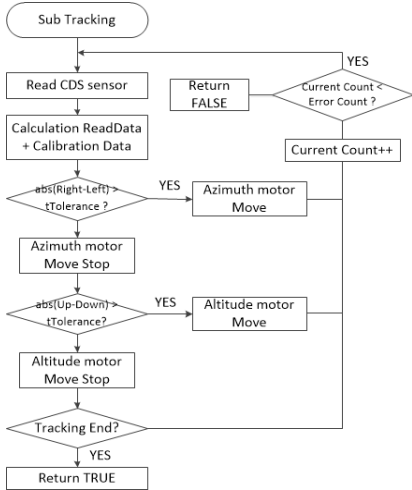


Fig. 3. Solar tracking algorithm

3.3 시스템 구현

3.3.1 태양 추적 장치

본 논문에서 구현한 태양 추적 장치의 사양으로 AC 모터의 부하는 90W, 속도는 1,500rpm으로 선정하였다. 태양 추적 장치는 외부에 설치되므로 바람 등의 영향에 의해 방위각 제어 모터의 흔들림이 발생할 수 있고, 고도각 제어 모터는 태양 추적 장치를 이용하는 시스템을 들어 올리는 구조로 모터의 부하량이 증가하게 된다. 이를 해결하기 위해 Brake 타입의 AC 모터를 선정하여 방위각 및 고도각 제어 모터가 받는 부하량을 감소시키고, 3,600:1의 감속기를 선정하여 AC 모터의 부하량을 높였다. 또한, 태양 추적 장치의 속도를 제어하기 위해 Inverter를 사용하였다. 모터의 추적 범위는 태양 추적 가능 위치를 고려하여 방위각은 0~200도, 고도각은 0~100도의 영역을 움직일 수 있도록 설계하였으며, 빛의 양을 감지하는 CdS 센서는 동신 전자의 CdS-14 모델로 최대 1,000 lux의 제품을 사용하였다. 제어기 사양은 PIC18F8722 I/P CPU를 사용하여, Analog 입력 및 디지털 입출력 각 8점과 AC 모터 구동용으로 2점의 Relay 출력 단자로 제작하였으며, 태양 추적 장치의 데이터 분석 및 측정 오차 설정을 위해 Serial 통신 포트 1개를 추가로 구성하였다. Fig. 4는 구현된 태양 추적 장치 및 제어기를 나타낸다.

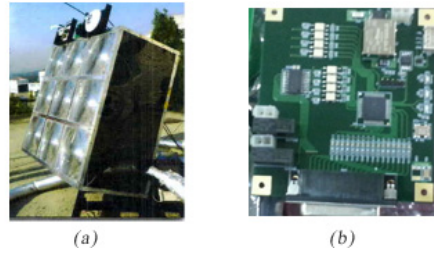


Fig. 4. Solar tracker and controller
(a) Solar Tracker (b) Controller

3.3.2 CdS 센서 모듈 구현

센서를 이용하는 태양 추적 장치에서 태양의 위치를 정확하게 추적하기 위해서는 태양의 위치에 따라 CdS 센서 모듈의 각 CdS 센서에 빛의 투과량을 다르게 하여 태양이 어느 위치에 있는지를 판단할 수 있다. 빛의 투과량을 다르게 하는 방법에는 그림자를 생성하는 방법과 구조물을 이용하는 방법으로 나눌 수 있다[9].

첫째, 그림자를 생성하는 방법은 Fig. 5와 같이 Cross bar 형태의 기둥을 세워 그림자를 생성하여 빛의 투과량을 다르게 하는 방법으로, Fig. 5에서 θ 는 태양 빛의 산란각을 의미하며 Height는 Cross bar의 높이를 의미한다.

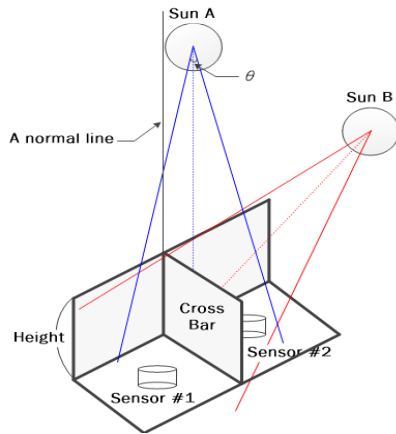


Fig. 5. Sensor module using shadow

태양의 위치가 Sun B이면 Sensor #2는 태양의 빛을 모두 흡수한다. 그러나 Sensor #1은 Cross Bar에 의해 그림자가 생성되어 태양의 빛의 흡수량이 적다. 그러므로 빛의 투과량이 많은 Sensor #2 위치에 태양이 있다고 판단할 수 있다. 그러나 태양의 위치가 Sun A이면 Sensor #2에 가깝게 있지만, 산란각 θ 영역 안에 포함되

어 Sensor #1과 Sensor #2의 값의 오차는 매우 미세하여 추적 오류가 발생할 수 있다. 그림자를 생성하는 방법에서 Cross Bar의 높이를 키워 위치 정밀도를 높일 수 있으나, 태양 추적 장치가 외부 환경에 설치되는 점을 고려한다면 바람 등의 외부 환경의 영향으로 높이에도 한계가 있다.

둘째, 구조물을 이용하는 방법에는 Fig. 6과 같이 CdS 센서를 감싸는 깔때기 형태의 구조물을 세우고, 윗부분은 태양 빛의 투과량을 고려하여 일정한 크기의 홀을 내어 태양 빛의 양을 조절한다.

태양의 위치가 Sun B이면 홀을 통해 투과되는 빛의 양은 Sensor #2가 Sensor #1 보다 많아 태양의 위치가 Sensor #2 위치에 있다고 판단할 수 있다. 태양의 위치가 법선인 Sun A에 있으면 빛의 투과량이 같아 추적을 완료한다. 그러나 태양 빛의 산란으로 Sensor #1과 Sensor #2가 같은 조건으로 제작된 구조물에서는 추적 오류가 발생할 수 있다.

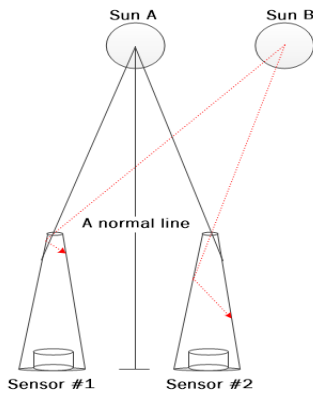


Fig. 6. Sensor module using mechanical

위 두 방법에 대한 실험 결과로, 모두 태양 추적은 가능하였으나 추적 오류와 추적 후 위치 오차의 변동이 크게 나타나는 문제가 있었다.

본 논문에서는 위 문제를 해결하기 위해 그림자 생성 방법과 구조물을 세워 빛의 투과량을 조절하는 방법을 응용하여, Fig. 7과 같이 위치 정밀도를 높일 수 있는 CdS 센서 모듈을 구현하였다.

구현된 CdS 센서 모듈은 CdS 센서를 감싸고 있는 원통형 위의 절반을 반원통형의 기둥을 세워 제작하고, 태양 위치에 따라 그림자를 생성하여 태양이 반대쪽에 있으면 빛의 투과량을 감소시킬 수 있도록 하였으며, 가운

데 1mm의 지름을 갖는 홀을 통해 빛의 투과량을 조절하였다. 또한, CdS 센서 모듈에 배치된 동, 서, 남, 북 방향의 각 CdS 센서는 추적하고자 하는 위치에서 태양 빛을 많이 투과할 수 있도록 Fig. 7과 같이 배치하였으며, 빛의 반사를 최소화하도록 표면에는 검은색 아노다이징 처리를 하였다.

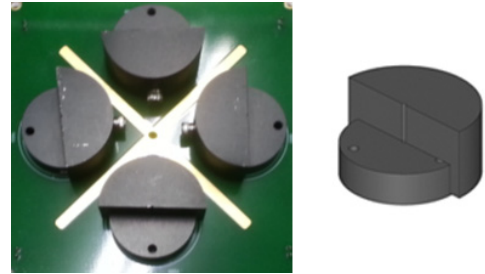


Fig. 7. CdS sensor module

4. 성능 평가

태양 추적 장치는 태양에너지의 효율을 높이기 위한 하나의 보조 장치로서, 별도의 태양 에너지를 활용하는 시스템이 필요하다.

본 논문에서는 태양 추적 장치의 성능을 평가하기 위해 프레넬 렌즈를 이용하여 태양열을 집열한 후 히트 스프레드를 통해 가열한 물을 축열조에 전달하여 축열조 내의 온수를 가정에서 활용하는 태양열 온수기를 구현하였다. 구현된 태양열 온수기의 집열 영역은 300mm x 300mm 크기의 프레넬 렌즈 9개를 이용하여 가로 3개, 세로 3개로 배치하여 총 900mm x 900mm로 0.81m²의 집열 영역을 갖도록 제작하였으며, 태양 추적 허용 오차는 ±15mm 이다.

본 논문에서의 성능 평가는 태양열 온수기에 태양 추적 장치 적용 시 열에너지 효율 향상 측면과 위치 정밀도 측면으로 나누어 실험을 수행하였다.

4.1 실험 방법 및 평가 기준

4.1.1 열에너지 효율 실험

열에너지 효율의 실험 방법으로는 80kg의 물을 일출 전에 축열조 내에 담았으며, 축열조 내부에 열전대(T-Type) 7개를 하부에서 상부까지 균등하게 나누어 배치했으며, 열 성층의 효과를 제거하기 위하여 최종 판정

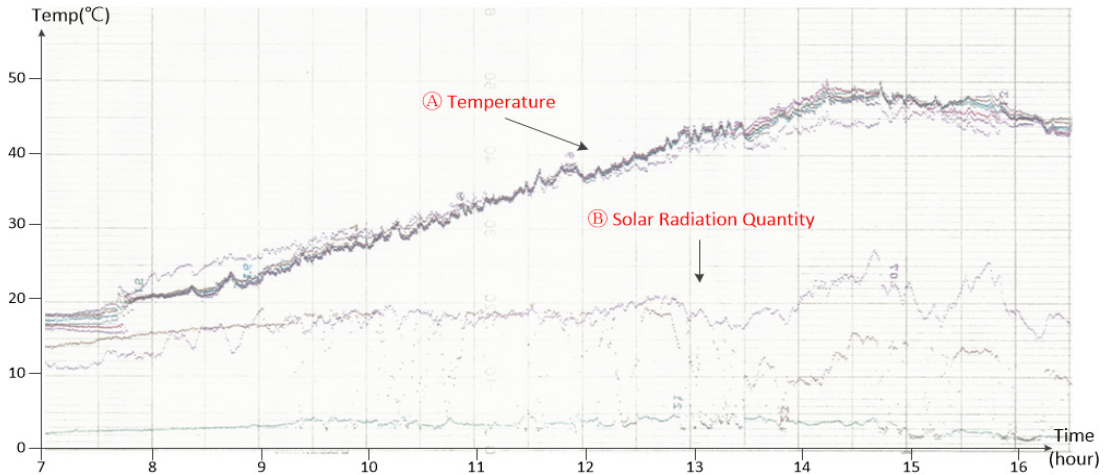


Fig. 8. Test Result Graph

전에 축열조 내부의 물을 저어서 최종 축열량 및 축열조 도달 온도를 측정하였다. 축열 에너지의 측정은 초기 물량을 측정(80kg)한 후 온도 변화량 (= 종료 온도 - 초기 온도)을 곱하여 측정된 에너지(kcal)로 환산한다.

측정 계측 장치로는 비 자동저울 (제조사: 쥘카스), Thermocouple(T-Type), 온도 / 전압 계측기 uR1800 하이브리드 레코더, 일 사량계 #1(제조사: ECO Ptranometer MS-802, 6.9 uV(W/m²), 일 사량계 #2(제조사: 사도계량기 제작소 A2 전천 일 사량계, 7.0 mV(kW/m²))를 사용하였다.

평가 기준으로는 국내 온수기 인증 기준인 KSB8202의 집열 성능인 2,000kcal/m²[10]와 해당 실험에서 얻어진 결과 값을 비교하여 성능을 평가했다.

4.1.2 위치 정밀도 실험

위치 정밀도 실험 방법은 태양 추적 장치를 태양과 법선 상에 위치시킨 후 해당 위치를 기준으로, 태양 추적 후의 위치와 기준 위치의 오차 값을 측정한다. 평가 기준으로는 본 논문에서 구현된 태양열 온수기의 허용 오차인 ±15mm 범위 안에 있어야 한다.

4.2 실험 결과

4.2.1 열에너지 효율 실험 결과

실험 날짜는 11월 03일 측정을 하였으며 이날 기상 상태는 구름이 간간히 끼어 있는 상태로 구름은 띠 형태로 북서 방향에서 남동 방향의 길게 드리워진 형태로, 전반적인 일기 상태는 양호하였다.

Fig. 8은 본 논문에서 제시한 AC 모터를 이용한 태양 추적 방법과 CdS 센서 모듈 적용 시의 열에너지 효율 실험 결과 그래프로, 가로축은 측정 시간, 세로축은 측정 온도를 나타낸다. 또한, 그래프 영역의 ①은 측정된 온도 데이터를 나타내며 ②는 일사량 데이터를 나타낸다.

Fig. 8의 온도 데이터를 보면, 약 7시 40분 태양 추적이 진행되어 14시까지 지속적으로 상승 하고, 14시 이후 일시적인 하락을 보이고 있다. 이는 오후가 되면서 큰 구름이 몰려와 대기 온도의 큰 변화로 태양열 온수기의 집열 능력이 떨어지고, 외부의 차가운 온도가 축열조 내에 전달되어 나타났던 현상이었다. 이후, 물 순환 펌프 동작을 정지시키고 순환 밸브를 잠금으로써 축열조 내의 온도를 유지할 수 있었다.

Table 4. Test Result(kcal)

Storage of heat (0.81 m ² measurement)		
Temperature	Start	End
External Temp (°C)	6.8	14.6
1(°C)	16.9	43.9
2(°C)	16.9	43.8
3(°C)	16.9	43.7
4(°C)	16.9	43.7
5(°C)	16.9	43.9
6(°C)	16.9	44.1
7(°C)	16.6	43.6
Solar radiation (mV)	0.22	0.30
Total solar radiation (mV)	1.71	1.57
AVG (°C)	16.9	43.8
Temp difference (°C)	26.9	
Water Flow (kg)	80	
Total Kcal	2,152kcal (2,656kcal/m ²)	

Table 4는 열에너지 효율 실험 결과를 나타내며, 시작 시 수온은 16.9도를 나타내고 종료 시 수온은 43.8도를 나타내어 총 축열량은 2,152kcal를 기록 하였다. 이를 다시 kcal/m²로 환산하면 2,656kcal/m²의 결과를 나타내어 KSB8202 인증 기준인 2,000kcal/m² 대비 약 32%의 성능 향상을 가져왔다.

4.2.2 추적 오차 실험 결과

해당 실험은 태양 추적 후 기준위치에서 얼마만큼 위치 오차가 발생하였는지를 측정하여 구현된 태양열 온수기의 허용 오차 값을 만족하는가를 판단하는 실험으로, 실험 날짜는 10월 29일, 11월 4일 양 일간 각각 오전 8시, 낮 12시, 오후 4시에 걸쳐 측정 시 10회 반복 실험을 하여 얻어진 최대 오차 값을 기록하여 평가하였다.

Table 5. Tracking Tolerance Result

Measurement Date	Tolerance (mm)		Weather	Result (mm) $\sqrt{Azi^2 + Alt^2}$
	Azi	Alt		
10/29 08:00	1.4	0.6	Sunny	1.52
10/29 12:00	1.6	1.1	Cloudy	1.94
10/29 16:00	1.7	0.5	Cloudy	1.77
11/04 08:00	1.0	0.3	Sunny	1.04
11/04 12:00	1.3	0.5	Sunny	1.39
11/04 16:00	1.1	0.6	Sunny	1.25

Table 5는 본 논문에서 제시한 AC 모터를 이용한 태양 추적 방법 및 구현된 CdS 센서 모듈을 적용한 결과로서, 위치 정밀도는 ±2mm로 요구하는 사양을 만족시켰다.

5. 결론

본 논문에서는 CdS 센서 및 AC 모터를 이용한 위치 정밀도를 높이기 위하여 별도의 CdS 센서 모듈 구현 및 AC 모터를 이용한 태양 추적 방법을 제안하고, 이를 태양열 온수기에 적용하여 성능 평가를 수행하였다. 실험 결과, 국내 온수기 인증 기준인 KSB8202 대비 32%의 열에너지 효율 향상을 가져왔으며, 태양 추적 장치의 추적 정밀도 실험에서는 ±2mm 이내의 결과를 나타내 태양열 온수기의 허용 오차인 ±15mm를 만족시켰다.

향후 연구에서는 풍량센서 및 습도센서를 이용하여

태풍 및 폭설 등의 날씨에 의한 태양 추적 장치의 과손을 최소화하는 방법과 태양 추적 장치에 원격 제어 시스템 기술을 적용하여 더욱 성능이 개선된 태양 추적 장치에 관한 연구를 수행하고자 한다.

References

- [1] T. J. Lho, M. Y. Park, S. H. Lee, "A Study on an Implementation of Control Panel of Sun Trackers and Monitoring System for Photovoltaic Generation Plants", Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 11, no. 9, pp. 3161-3167, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.9.3161>
- [2] G. H. Kim, "Designed of Intelligent Solar Tracking System Using Fuzzy State-Space Partitioning Method", The journal of the Korea Institute of Maritime Information & Communication Sciences, vol. 15, no. 10, pp. 2072-2078, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2011.15.10.2072>
- [3] D. S. Song, J. H. Lim, "A Study on Solar Tracking Control For Improving the Efficiency of Photovoltaic Power Generation", journal of Research Institute of Advanced Technology, vol. 17, no. 1, pp. 9-16, 2006.
- [4] G. H. Lee, H. S. Lee, "The Precise Tracking of Sun for Efficient Usage of Solar Energy", The Bulletin of Science Education, vol. 21, no. 1, pp. 57-63, 2008.
- [5] J. H. Ahn, J. H. Kim, S. J. Cho, Y. S. Ha, "A Study on the Implementation of Sunlight Tracking and Reflecting System Using CdS Sensor Array and Fuzzy PID", Journal of the Research Institute of Industrial Technology, vol. 18, pp. 179-190, 2001.
- [6] M. G. SIM, "Designed of The Movable Tracking System Using CdS Sensor", Master's Thesis, Dongyang University, 2011.
- [7] Y. C. Park, K. Y. Kim, "Computation of Sun Position For Sun Tracking System", Research Bulletin of Seoul National University of Technology, vol. 47, no. 10, pp. 265-273, 1998.
- [8] B. H. Kim, "A Study on the Efficient Software Control of Industrial Equipment using Multi-thread", Master's Thesis, Kongju University, 2013.
- [9] Internet site : <http://cafe.naver.com/selfmadecenter/1704> (accessed May, 15, 2016)
- [10] N. C. Baek, "solar heat collector and water heater certificate system", Magazine of Korean Solar Energy Society, vol. 4, no. 4, pp. 3-9, 2005.

김 보 헌(Bo-Heon Kim)

[정회원]



- 2004년 2월 : 호서대학교 컴퓨터 공학과 공학사
- 2013년 8월 : 공주대학교 IT공학과 공학석사
- 2016년 8월 : 공주대학교 컴퓨터공학과 박사수료
- 2015년 3월 ~ 현재 : ㈜이지에스 기술이사

<관심분야>

장비 제어 프로그램, 스마트 제어, 컴퓨터 네트워크, 네트워크 보안, 개발 표준화

김 황 래(Hwang-Rae Kim)

[정회원]



- 1982년 8월 : 중앙대학교 전자계산학과 이학사
- 1991년 2월 : 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과 공학석사
- 2007년 8월 : 대전대학교 대학원 컴퓨터공학과 공학박사
- 1983년 3월 ~ 1994년 2월 : 한국 전자통신연구원 책임연구원
- 1994년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 컴퓨터공학부 교수

<관심분야>

컴퓨터 네트워크, 네트워크 보안, 네트워크 생존성관리, 스마트 제어