

# LabVIEW를 활용한 고정밀도 태양추적장치 개발

오승진\*, 조일식\*\*, 이윤준\*\*\*, 천원기\*\*\*\*

\*제주대학교 대학원 에너지공학과(osj2558@jejunu.ac.kr), \*\*한국에너지기술연구원(yscho@kier.re.kr),  
\*\*\*제주대학교 에너지공학과(leeyj@jejunu.ac.kr), \*\*\*\*제주대학교 에너지공학과(wgchun@jejunu.ac.kr)

## The Development of the Solar Tracking System with High Accuracy by using LabVIEW

Oh, Seung Jin\*, Cho, Yil-Sik\*\*, Lee, Yoon Joon\*\*\*, Chun, Wongee\*\*\*\*

\*Dept. of Nuclear&Energy Engineering, Graduate School, Jeju National University(osj2558@jejunu.ac.kr),  
\*\*Korea Institute of Energy Research (KIER)(yscho@kier.re.kr),  
\*\*\*Dept. of Nuclear&Energy Engineering, Jeju National University(leeyj@jejunu.ac.kr)  
\*\*\*\*Dept. of Nuclear&Energy Engineering, Jeju National University(wgchun@jejunu.ac.kr)

### Abstract

---

There have been many solar tracking systems developed for the high accuracy in solar tracking. One of the key components of any motion control system is software. LabVIEW offers an ideal combination of flexibility, ease-of-use and well-integration with other I/O pieces for developing solar tracking system. Real-time solar positions which vary with GPS's data are used simultaneously to control the solar tracker by a chain of operating modes between the open and closed loops. This paper introduces a step by step procedure for the fabrication and performance assessment of a precision solar tracking system. The system developed in this study consists of motion controllers, motor drives, step-motors, feedback devices and application. CRD sensors are applied for the solar tracking system which play a primary role in poor conditions for tracking due to a gear backlash and a strong wind. Mini-dish was used as a concentrator for collecting sun light. The solar position data, in terms of azimuth and elevation, sunrise and sunset times was compared with those of KASI(Korea Astronomy & Space Science Institute). The results presented in this paper demonstrate the accuracy of the present system in solar tracking and utilization.

Keywords : 태양추적장치(Solar Tracking System), 태양위치(Solar Position), 일출·몰(Sunrise, Sunset) LabVIEW, 미니디쉬(Mini-dish)

---

### 1. 서 론

최근 태양에너지 활용분야는 국가적인 지원 아래 보급되고 있으며 대체 에너지로서

사용의 편리함과 무공해 에너지라는 장점이 부각되어 어느 때 보다 호응 받고 있다. 그러나 태양 추적기능이 없는 시스템은 효율이 낮아 투자대비 실용성이 적은 편이다. 태양추적 방식에는 크게 두 종류가 있는데

광학적 방식과 천문학적 방식이다. 광학적 방식은 추적 장치에 광센서를 달고 이를 비교하여 빛이 많은 쪽으로 추적장치가 움직이도록 하는 방식이다. 천문학적 추적방식은 현재의 위도와 경도를 시간에 따라 계산하여 태양과 최적의 각(90도)을 항상 이루도록 하는 방법이다. 광학적 방식의 추적기는 센서에 의해 움직이므로 일정 각도가 벗어난 경우 정확한 태양추적이 되지 않는 단점이 있으며 그 점을 보완하기위해 프로그램에 의해 정확한 위치를 추적하는 방식을 사용할 수 있다. 프로그램에 의해 임의의 위치를 먼저 찾아가므로 장시간 동안 태양이 나타나지 않은 경우도 태양추적이 가능하고 이물질에 의한 오동작을 일정범위 내에서 제한할 수 있으며 이 방식은 프로그램이 비교적 간단하면서도 정확한 태양의 위치를 추적이 가능하고 오류도 적어지는 장점이 있다. 하지만, 프로그램에 의한 추적방식 또한 몇 가지 문제점을 지니고 있다. 강한바람에 의하여 작동모터의 백래쉬(backlash)가 발생할 수 있고, 작동 초기위치가 정확해야 한다는 것이다.

일반적으로 가장 많이 사용되는 프로그래밍 언어라 하면 Visual C, ANSI C를 비롯한 C 계열과 Visual Basic이 있을 것이다. 실제 이러한 언어들은 머신 비전/모션 제어 영역에서도 역시 많이 사용되고 있으며, 대부분의 비전제품 제조사나 모션제품 제조사들도 이 언어를 이용하여 사용할 수 있는 라이브러리를 판매하고 있다.

성능적인 측면에서 효율적이기 때문에 시장에서 대부분을 차지하고 있으나, 문제는 이러한 라이브러리를 이용하여 프로그래밍을 실제로 수행하게 될 때 비전 제조사와 모션 제조사가 각각 제공한 프로그래밍을 하나의 메인 프로그램으로 통합하여야 하며, 이 작업이 간단하지 않다는 것에 있다.

또한 하나의 장비가 아니라 하나의 공정 전체, 즉 생산 라인 전체가 하나의 시스템 네트워크로 이루어져 동작되어야 할 경우 각 부

분별, 어플리케이션별 프로그래밍이 끝난 후 부분간의 통신 프로그래밍과 전체 시스템 제어 및 모니터링 프로그램도 별도로 구성해야 한다. 따라서 그래픽 기반의 프로그래밍 환경인 LabVIEW를 사용하여 이러한 문제를 비교적 쉽게 해결할 수 있겠다

본 연구는 LabVIEW를 활용하여 고정밀도 태양추적장치를 개발함으로써, 이를 천문학적 위치제어 이용하여 태양에너지 활용에 있어 효율을 최대한으로 향상시키기 위해 수행되었다.

## 2. 태양위치 및 일출·일몰 계산

태양의 위치 추적은 태양전지가 설치되어 있는 지점을 중심으로 태양까지의 고도와 방위각을 계산해 내는 것으로, 지구 공전 및 자전 등을 고려하여 태양의 위치를 계산해 내기 위해서는 천문학적 지식이 필요하다.

### 2.1 고도각과 방위각

태양추적장치의 입력신호로 사용되는 데이터는 방위각 및 고도각으로서 지구표면좌표계에서의 태양 고도각(elevation) 및 방위각(azimuth)을 사용하여 표시된다. 태양 고도각은 태양과 추적 장치가 설치되어 있는 지점을 연결하는 직선이 지구표면과 이루는 각이다. 또한 방위각은 태양의 위치를 지표면에 투영 시켰을 때 투영된 태양과 좌표의 원점이 이루는 직선이 좌표상의 정북으로부터 시계방향으로 측정된 각이다.

태양 고도각과 방위각은 식(1)과 식(2)와 같이 구해진다.

$$\sin\theta_e = \sin\delta \sin\Phi + \cos\delta \cos\Phi \cos H \quad (1)$$

$$\sin\theta_a = -\frac{\cos\delta \sin H}{\cos\theta_e} \quad (2)$$

$\theta_e$  태양 고도각

$\theta_a$  태양 방위각

- $\delta$  적위)
- $\Phi$  측정자소 위도
- $H$  시간각(hour angle)

여기서,  $\delta$ 는 태양의 적위이며, 천구적도면에서 시간권을 따라 별까지 켜 각이며, 0도에서  $\pm 90$ 도까지의 값으로 나타낸다.  $H$ 는 시간각으로 자오선과 천체를 지나는 대원이 이루는 각이다.

그림 1은 LabVIEW상에서 고도각과 방위각을 계산하는 알고리즘을 보여주고 있다.

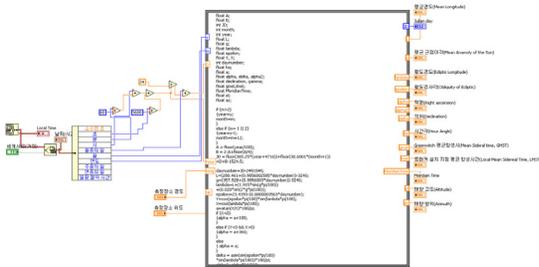


그림 1. 고도각 및 방위각 계산 알고리즘.

태양위치 계산식의 정확성은, 계산된 태양 위치를 국립천문대자료와 비교하여 검증된다.

### 2.2 태양의 일 · 출몰 시간

일출 및 일몰시간은 일반적으로 태양의 상단 끝점이 지표면에 도달하는 시간으로 정의된다. 따라서 태양의 중심이 지표면보다 태양의 반지름에 해당되는 각도만큼 낮은 지점에 도달하는 시간을 일출시간으로 설정하고 태양의 중심이 지표면으로부터 태양의 반지름에 해당되는 각도만큼 내려간 시간을 일몰시간으로 설정한다.

태양의 일출과 일몰시간은 식(3)과 같이 구해진다.

$$T = H + \alpha - (0.06571 \times t) - 6.622 \quad (3)$$

여기서, 일출일 경우  $t$ 는

$$t = N + ((6 - \ln gHour) / 24)$$

일몰일 경우  $t$ 는

$$t = N + ((18 - \ln gHour) / 24)$$

$T$  일출시간 또는 일몰 시간

$H$  시간각

$\alpha$  적경

$\ln gHour$  (측정 장소의 경도)/15

그림 2는 LabVIEW 상에 태양의 일출과 일몰시간을 계산하는 알고리즘이다.

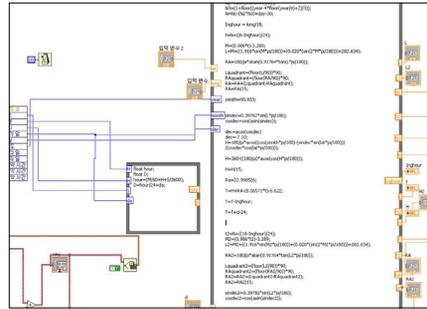


그림 2. 일출 · 일몰 계산 알고리즘.

태양 일출 · 일몰 시간의 정확성은, 계산된 국립천문대자료와 비교하여 검증된다.

### 3. 태양추적장치 구성요소 및 개발

본 연구의 최종 목표는 태양위치 계산 알고리즘과 센서를 병행하여 고정밀도 태양추적장치를 개발 하는데 있다. 앞서 계산된 고도각, 방위각, 일출 · 일몰시간을 사용하여 1차적으로 추적장치가 작동하게 되며, 기어의 백래쉬가 발생하거나 초기에 태양위치가 정확히 조준이 안 되었을 경우, 피드백 디바이스(빛감지 센서)에 의하여 작동되어 지게 된다. 빛감지 센서로는 CRD 센서를 사용하였다. 개발된 태양추적장치의 기본적인 작동

개념도는 그림 3과 같다.

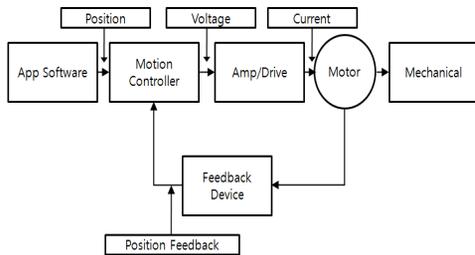


그림 3. 기본적인 작동 개념도.

LabVIEW에 의해 작성되어진 어플리케이션은 알고리즘에 의해 계산된 태양의 위치를 입력받고 스텝모터의 스텝수를 결정하게 되며, 신호를 모션컨트롤러에 보내게 된다. 모션컨트롤러는 각축에 해당하는 신호를 두 개의 스텝모터에 전송하게 되고 스텝모터는 입력받은 신호에 따라 정확한 스텝수로 작동하게 되어 진다.

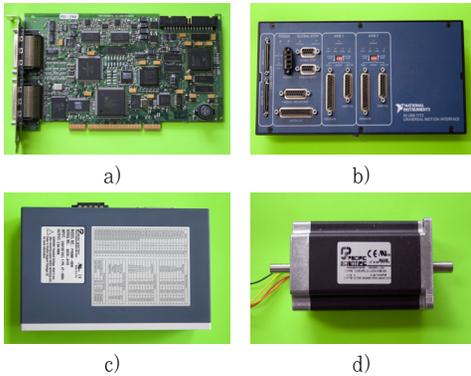


그림 4. a)Motion Controller 7352 ,b)UMI-7772, Universal Motion Interface, c)P70360 P70360 Stepper Drive, d)T23NRLC-LDN-NS-00 Stepper Motor

시스템 개발을 위하여 구성된 하드웨어는 National Instrument의 NI-7352 motion controller , power drive, interface, 2-axis stepper motor를 사용하였다. 그림4는 각각의 하드웨어의 모습을 보여주고 있다. 태양 추적장치에는 그 성능을 테스트하기 위하여

소형 태양 반사경을 설치하였으며, 상단에는 2차반사경을 장착하였다.

그림 5는 LabVIEW로 작성된 태양추적장치 제어 어플리케이션을 보여주고 있다.

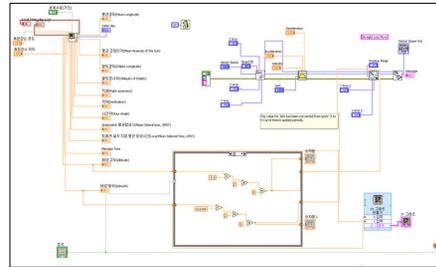


그림 5. 시스템 컨트롤 블록 다이어그램

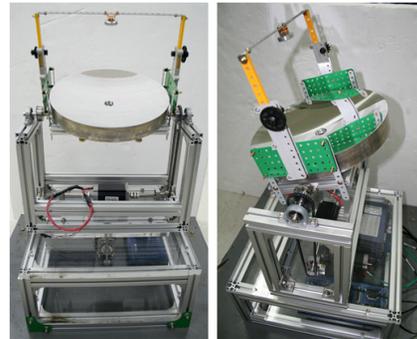


그림 6. 완성된 태양추적장치

그림 6은 본 연구에서 개발된 태양추적 시스템으로 높이가 75cm, 하단부 너비가 40×40cm 이다. 프레임은 알루미늄프로 파일로 제작되었으며, 상단부는 소형 반사경을 장착할 수 있도록 마운트 부분으로 구성이 되어 있다.

#### 4. 결과

그림 7과 그림 8은 한국천문연구원과 본 연구에서 계산된 태양 고도각과 방위각의 비교 결과 값을 보여주고 있다. 방위각 및 고도각 계산의 정확성을 검증하기 위해 제주도 제주시 지방(동경 126도 31분 58초 / 북위 33도 30분 30초 )에서 2009년 1월1일 하루 동안의

데이터를 국립천문대자료와 비교 하였다. 고도각의 최대 오차는 새벽 4시에서 0.0371도이며, 최소 오차는 오전 10시에서 0.0006도이다. 방위각의 최대오차는 새벽 1시에서 0.0823도 이고, 최소 오차는 오후5시에서 0.0012도 이다. 고도각과 방위각 모두 해가 없는 새벽시간에서 최대오차가 발생 하였다.

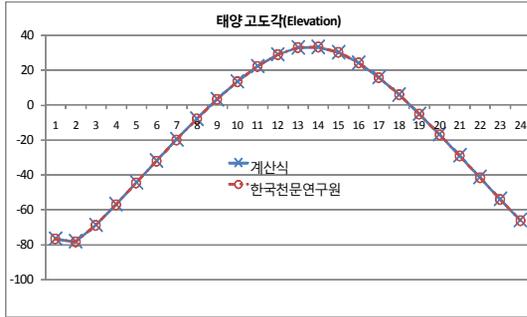


그림 7. 태양고도각

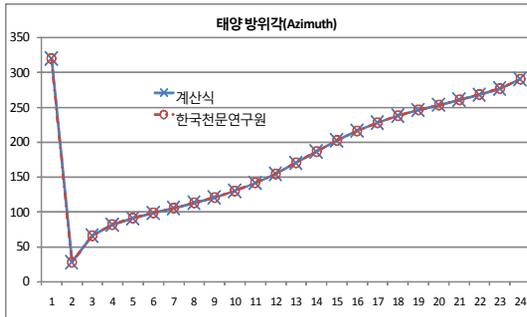


그림 8. 태양 방위각

태양의 일출·일몰시간은 2009년 1월 한 달 동안의 값을 계산하였고, 계산된 일출·일몰시간은 한국천문연구원의 데이터와 비교해본 결과 오차가 1초 미만으로 발생하였다.

그림 9는 태양추적장치가 하루 동안에 태양을 추적하는 장면으로 각 시간대에 따라 정확한 추적이 되는 것을 확인 할 수 있다.



그림 9. 태양추적장치 성능 실험

## 5. 결론

본 연구에서는 태양에너지의 효율적 적용을 위한 고정밀도 태양추적장치 개발에 대해 연구를 수행하였다. 기존의 Visual C, ANSI C를 비롯한 C 계열과 Visual Basic을 사용하지 않고 그래픽기반 언어인 LabVIEW를 이용하여 프로그래밍을 수행하였다. 태양 고도각 및 방위각, 일출·일몰시간을 계산하여 한국천문연구원의 자료와 비교 하였으며 고성능 부품들을 사용하여 태양추적장치를 제작 하였다. 이런 일련의 연구 과정을 통한 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 2009년도 1월 1일 동안의 태양 고도각 및 방위각을 계산하여 한국천문연구원의 자료와 비교해 본 결과 해가 떠있는 동안의 오차는 0.018° 였다.
- (2) 2009년도 1월 동안의 일출·일몰시간을 계산하여 한국천문연구원의 자료와 비교

- 해 본 결과 오차는 1초미만 이었다.
- (3) 본 연구에서 개발된 태양추적장치를 하루 동안 테스트해본 결과 오차는 1%미만으로 우수 하였다.
- (4) LabVIEW를 사용한 태양추적 장치는 데이터 처리속도가 우수하며 사용자가 손쉽게 프로그래밍 할 수 있고, 다양한 기능을 추가할 수 있으므로 차후 태양에너지 활용 및 많은 분야에서 큰 역할을 할 것으로 사료되어진다.

10. 백남춘, 정명웅, 김은일, 김미선, 박완순, “자연에너지의 활용,” 한국에너지기술연구원, 대전, pp. 49~72, 2003.
11. 곽두영, “컴퓨터 기반의 제어와 계측 LabVIEW(한글판),” ohm사, 2007.
12. NREL, “Solar Position Algorithm for Solar Radiation Applications,” 2008.
13. <http://www.lancasterfarms.com/cgi-bin/jdatehow.pl>, Calculating Sunrise/Sunset in Suffolk, Virginia.

### 참 고 문 헌

1. j. Meeus, Astronomical Algorithms, Willmann-Bell Inc. 1991
2. J.W Spencer, Fourier series representation of the position of the sun, Search 2, 172, 1971.
3. M. Iqbal, An Introduction to Solar Radiation, Academic Press, 1983.
4. P.I. Cooper, the absorption of solar radiation in solar stills, Solar Energy 12, pp. 333~346, 1969.
5. R. Walraven, Calculating the position of the sun, Solar Energy, Vol. 20, pp. 393~397, 1978.
6. B.J Wilkinson, An improved FORTRAN program for the rapid calculation of the solar position, Solar Energy, Vol. 27, pp. 67~68, 1981.
7. 박영철, 강용혁, 집광식 태양열 집열기의 태양추적장치를 위한 태양위치계산, 태양에너지, Vol.18, No.4, 1998.
8. 송도성, 태양광 발전효율 향상을 위한 태양 추적 제어에 관한 연구, 제주대학교 석사학위 논문.
9. 이양규, “태양 위치 추적기를 이용한 독립형 태양광 발전시스템의 효율개선,” 전남대학교 석사학위논문, 2003.