

태양추적장치용 고정밀 태양위치검출시스템

Sun-Position Detection for Sun-Tracking System

*김선호¹, 노처범¹, 윤광식², 김병철²

**S. H. Kim(sunhokim@deu.ac.kr)¹, C. B. Noh¹, G. S. Yoon², B. C. Kim²

¹ 동의대학교 메카트로닉스공학과, ² (주)한국에이비이엠건설

Key words : Sun Position, Sun-Tracking

1. 서론

태양추적장치는 태양전지용 집광판, 태양열용 집열판 그리고 태양광조명장치용 채광기 등에 적용하여 태양광의 수광능력을 최대화하기 위해 사용되는 장치이다. 비추적식에 비해 최대 50%의 효율을 향상시킬 수 있다고 보고되었다.

태양광의 활용에 대한 연구는 태양전지, 태양열 분야에서는 오래전부터 연구되어 왔으며, 최근에는 자연광의 혜택을 받지 못하는 건축공간에 태양광을 제공하기 위한 태양광조명에 대한 연구가 시도되고 있다.

태양광조명장치는 태양위치를 추적하지 않는 고정방식과 채광장치가 태양을 추적함으로써 수광능력을 극대화하는 추적방식이 있다.¹⁾

추적방식의 경우에는 채광장치로서는 렌즈가 사용되고 광전송방식으로는 광섬유가 사용되고 있다. 추적식 태양광조명장치에서는 집광렌즈를 이용해 집광한 태양광의 초점을 작은 직경의 광섬유에 효과적으로 전달하기 위해서는 고정밀의 태양위치검출기술을 필요로 한다. 이는 태양추적장치가 태양위치를 검출하기 위한 검출부, 태양을 추적하기 위한 기구부 그리고 기구를 제어하기 위한 구동부로 구성되기 때문이다.

본 연구에서는 태양광조명장치용 태양추적장치에 적용이 가능한 고정밀 태양위치검출 시스템을 개발하고자 했다. 태양위치의 측정정밀도를 높이기 위한 방법으로는 태양의 그림자면적법을 적용했고, 빛의 간섭에 의한 환경적 오차를 줄이기 위해서는 이중의 무반사 커튼을 적용했다.

2. 시스템 구성 및 성능평가

태양위치의 검출방법으로는 프로그램방식²⁾, 센서방식 그리고 혼합방식이 사용된다. 프로그램방식은 태양위치의 계산식을 이용하는데 설치위치의 위도와 경도에 따라 달라지기 때문에 환경적인 오차가 측정정밀도에 영향을 줄 수 있다. 센서방식은 4개 또는 3개의 센서를 이용해 태양의 방위각과 고도각에 따라 변하는 센서의 출력변화를 이용하는 방법이다.³⁾ 이를 Fig.1에 나타내었다. 4개 방식의 경우에는 S1-S2, S3-S4를 비교하며, 3개 방식의 경우에는 S1-S2, S2-S3, S3-S1를 120° 간격으로 비교하게 된다. 그러나 광량의 직접비교에 의한 센서방식은 태양광의 강도가 측정정밀도에 영향을 줄 수 있다.

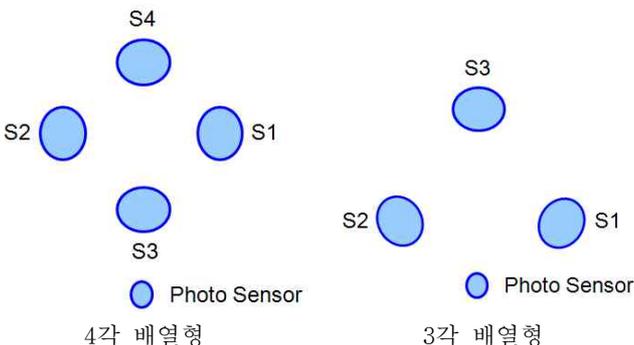


Fig. 1 Conventional sensor disposition for sun-position detector

태양광조명장치에서 채광부와 광전송부의 구성을 Fig.2에

나타내었다. 렌즈에 의해 집광된 빛을 광섬유의 직경 2mm 코어에 95% 이상 집중시키기 위해서는 0.05 deg.의 추적정확도를 요구한다. 따라서 새로운 개념의 고정밀 태양위치검출 시스템을 필요로 한다.

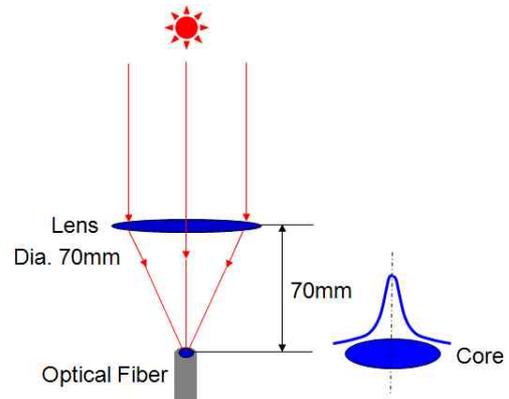


Fig. 2 Optical fiber interface for condensed light

본 연구에서는 태양의 위치 측정정밀도를 높이기 위한 방법으로 태양의 그림자 면적에 따른 CDS 센서의 출력변화를 이용했다. Fig.3은 본 연구에서 적용한 가로 5.2mm 세로 4.3mm의 크기를 갖는 CDS 센서를 나타낸다. 센서의 최적배치를 위해 그림자의 방향에 따른 CDS 센서의 출력 특성을 방향 별로 분석했다. 그림자 면적에 따른 출력변화를 조사하기 위해, 가로방향과 세로방향을 나누어 0.5mm 간격으로 실험을 수행했다. 실험결과 세로방향의 출력 변화율과 선형성이 우수한 것으로 평가 되었다. 이러한 센서 특성을 활용하여 센서는 세로방향으로 배치했다.

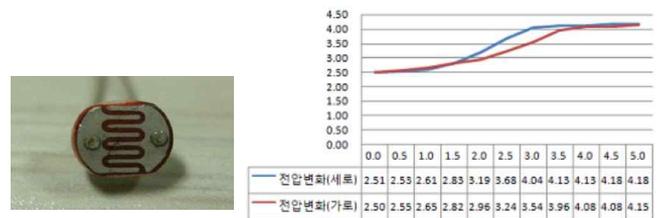


Fig. 3 CDS sensor and linearity of sensor output

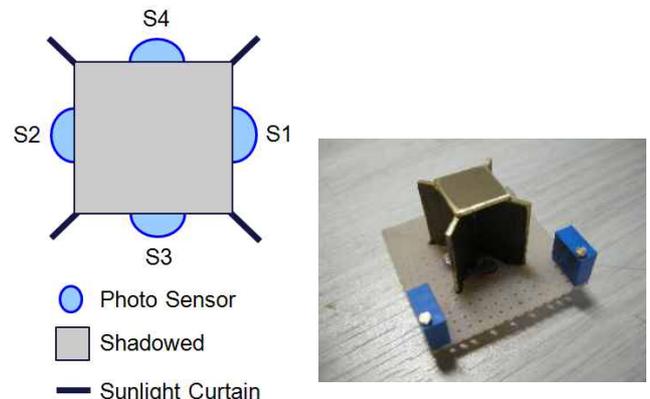


Fig. 4 Sun-position detector with shadowed and sunlight curtain

Fig.4는 태양의 위치변화에 따라 CDS 센서에 그림자를 만들기 위한 구조를 보여 준다. 센서는 좌우 상하 방향으로 4개가 세로방향으로 설치된다. 센서 주변은 십자형의 기둥이 설치되고, 기둥 위에는 그림자를 만들기 위한 사각판을 설치한다.

Fig.5는 사각판과 태양의 위치에 따라 변하는 그림자의 면적에 따른 센서 출력을 얻기 위한 회로를 보여 준다. Vcc 전압은 5V이며 센서가 태양에 범선을 이룰 때 얻어지는 이론적인 출력값은 2.5V이다.

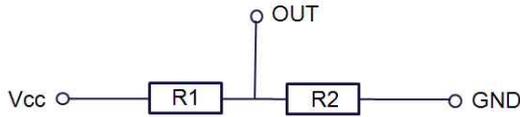


Fig. 5 Circuit for sensor

Fig.6은 태양위치검출시스템의 성능을 평가하기 위한 장치를 보여 준다. 태양의 방위각과 고도각을 시뮬레이션하기 위해 2축으로 구성했다. 각축은 0.01125 deg.의 제어 분해능을 가지며, 각도 검출 센서의 분해능은 0.001 deg.이다. 실험은 0.5 deg. 범위에서 0.025 deg. 간격으로 수행 하였다.



Fig. 6 Experimental device

Fig.4의 태양위치검출시스템을 Fig.6의 성능시험장치에 설치하고 성능을 평가했다. 실험방법으로는 인공광원을 고정하고 장치를 0.025 deg. 간격으로 회전시키는 방법을 이용했다. 0.5 deg.에 대해 21개의 측정값을 구했다. 측정값의 선형 평균오차는 0.094%로 평가되었다. 여기서 기둥 높이는 20mm로 제작되었다.

그러나 이 장치는 센서가 외부에 노출되기 때문에 주변의 환경에 영향을 받을 수 있는 단점을 가진다.

본 연구에서는 환경적 오차를 줄이기 위해서 센서 간의 간섭을 막기 위해서는 십자형 그리고 외란을 차단하기 위해서는 원형의 무반사 커튼을 적용했다. 보완된 장치를 Fig.7에 그리고 센서의 출력을 Fig.8에 나타내었다. 성능평가 시험은 Fig.4와 동일하게 수행되었다.

Fig.7과 같이 십자형과 원형의 이중 커튼을 갖는 태양위치검출시스템의 성능평가 결과, 선형 평균오차는 0.067% 그리고 선형 최대오차는 0.211%로 평가 되었다. 이는 십자형과 단일 커튼을 가지는 태양위치검출시스템에 비해 28.7% 성능이 향상된 것이다. 여기서 기둥 높이는 20mm로 제작되었다.

이러한 결과를 바탕으로 기둥 높이를 10mm, 20mm, 40mm로 변화 가면서 특성 실험을 수행했다. 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 기둥 높이가 증가할수록 센서의 출력은 증폭되는데 비해 출력오차가 커짐을 알 수 있다.

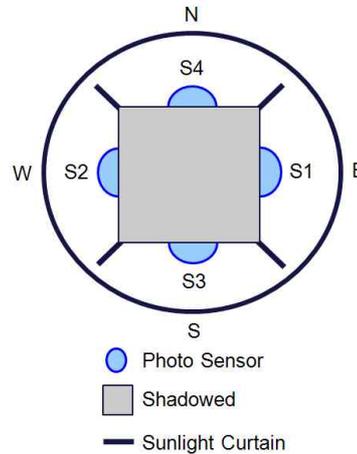


Fig. 7 Sun-position detector with shadowed and double sunlight curtain

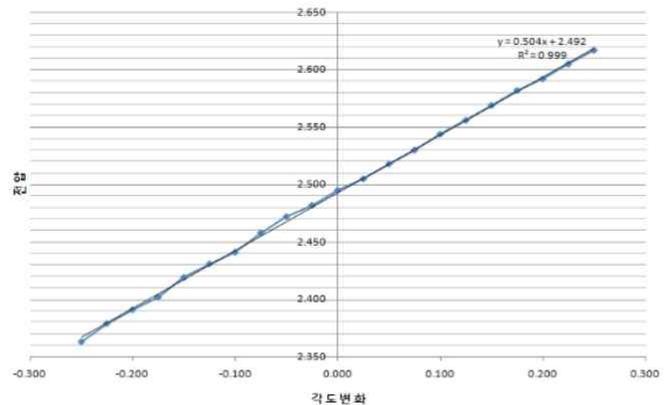


Fig. 8 Linearity of sensor for sun-position detector

Table 1. Errors with column height variations

기둥 높이	H10 mm	H20 mm	H40 mm
평균오차(%)	0.032	0.067	0.088
최대오차(%)	0.100	0.211	0.270

3. 결론

본 연구에서는 태양광조명장치용 태양추적장치에 적용이 가능한 고정밀 태양위치검출 시스템을 개발하고자 했다. 정밀도를 높이기 위해서는 CDS 센서의 표면에 만들어 지는 태양의 그림자의 면적에 따라 변하는 센서의 특성을 이용했으며, 태양광의 환경적 오차를 줄이기 위해서는 이중의 무반사 커튼을 적용했다. 이러한 연구를 통해 0.032%의 선형 평균오차를 갖는 고정밀 태양위치검출 시스템을 개발했다.

참고문헌

- Kim, S. H. and B. C. Kim, "Solar Daylighting System," Journal of Korean Society of Precision Engineers, Vol.25, No.10, pp.33-40, 2008.
- Park, Y. C. and Kang, Y. H., "Computation of Sun Position for Sun Tracking Control System of Solar Concentrator," Solar Energy, Vol.18, No.4, pp.87-94, 1998.
- Choi, J. S, Ko, J. S. and Jung, D. H., "Development of Tracking Method and MPPT Controller of Photovoltaic System," J. of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.21, No.8, pp.54-63, 2007.