

태양광조명장치용 고정밀 태양위치 검출시스템

김선호[#], 김병철^{*}

Sun point detector for daylight system

Sun Ho Kim[#], Byung Cheol Kim^{*}

(Received 10 May 2010; received in revised form 12 July 2010; accepted 15 July 2010)

ABSTRACT

Finding sufficient supplies of clean energy for future is one of the society's most important challenges according to technologies. Alternative renewable energy source such as solar energy can be substituted for exceeding human energy need. The main factor affect to solar performance is a collective intensity. To enhance intensity, suitable equipment is a solar tracker. The solar tracker consists of sun point detector module, mechanical mechanism module with actuator and control system module. This paper presents sun point detector for solar tracker of daylight system. To evaluate the detecting accuracy, an experimental device is implemented. In experimental results, the accuracy of development system has under 0.11%/0.5deg.

Key Words : Solar Tracker(태양추적장치), Sun Point(태양위치), Sun Point Detector(태양위치 검출시스템)

1. 서 론

태양광조명장치는 빛을 필요로 하는 건물 내부로 빛을 유도하는 장치로 정의한다^[1]. 이 장치는 광을 모으는 집광부, 광을 필요로 하는 곳으로 집중된 광을 전송하는 광전송부 그리고 전송된 빛을 발산시키는 산광부로 구성된다. 렌즈를 이용하여 집광하는 집광부는 그 능력을 최대화하기 위해 태양추적장치가 사용되는데, 이 장치는 태양전지용 집광판, 태양열용 집열판 그리고 태양광조명장치용 집광장치 등에 적용된다. 비추적식에 비해 최대 50%의 효율을 향상시킬 수 있다고 보고되었다^[1].

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 집광장치가 태양을 추적함으로써 수광능력을 극대화하는 추적방식이 있다^[2].

추적방식의 경우에는 집광장치로서는 렌즈가 사용되고 광전송장치는 광섬유가 사용되고 있다. 추적식 태양광조명장치에서는 집광 렌즈를 이용해 집광한 태양광의 초점을 정해진 작은 직경의 광섬유에 효과적으로 전달하기 위해서는 고정밀의 태양위치 검출기술을 필요로 한다. 이는 태양추적장치가 태양위치를 검출하기 위한 검출부, 태양을 추적하기 위한 기구부 그리고 기구를 제어하기 위한 제어부로 구성되기 때문이다.

태양추적형 태양광조명장치에서 집광부와 광전송부의 구성을 Fig.1에 나타내었다. 본 연구에서는 직경

[#] 교신저자 : 동국대학교 메카트로닉스공학과
E-mail : sunhokim@deu.ac.kr

^{*} (주)한국에이비이엠건설

70mm의 프레넬 렌즈가 집광 렌즈로 사용되었고, 광섬유는 직경 2mm 제품이 적용되었다. 이 경우 클래딩 두께를 제외한 코어 직경은 1.95mm가 된다.

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

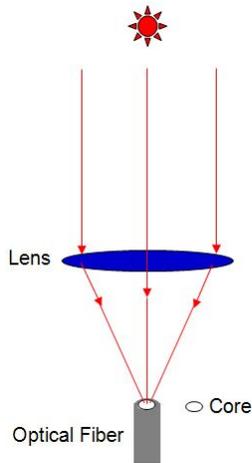


Fig. 1 Optical fiber interface for daylight system

2. 선행연구 분석 및 대안설정

태양위치 검출방법으로는 프로그램방식^[3], 센서방식 그리고 혼합방식이 연구되어 왔다. 프로그램방식은 태양위치 산출 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^[4]. 이를 Fig.2에 나타내었다. 4개 방식의 경우에는 S1-S2, S3-S4를 비교하며, 3개 방식의 경우에는 S1-S2, S2-S3, S3-S1를 120°각으로 비교하게 된다. 그러나 광량의 직접비교에 의한 센서방식은 태양광의 강도가 측정정밀도에 영향을 줄 수 있다. 흐린 날이나 태양광의 강도가 낮은 날에는 오차가 발생하게 된다.

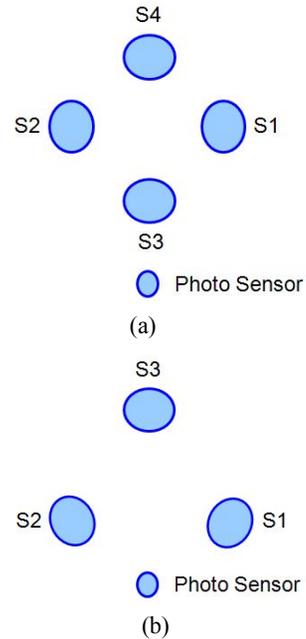


Fig. 2 Conventional sensor disposition for sun point detector

이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 태양의 광량을 직접 비교하는 방법이 아닌 태양광의 그림자를 만들 수 있는 캡을 센서의 상부에 설치하고 캡에 의해 만들어지는 그림자가 광센서의 출력을 변화시키는 원리를 적용했다. 이에 대한 원리를 Fig.3에 나타내었다. 그림 (a)와 같이 검출장치가 태양과 법선을 이루게 되면 광센서 S1-S2, S3-S4가 동일한 출력을 하게 된다. 그러나 그림(b)와 같이 태양이 법선에서 이탈을 하게 되면 S1-S2, S3-S4 값이 달라지게 된다. 이 방법은 태양광의 강도가 측정정밀도에 영향을 최소화할 수 있는 장점을 가진다.

Fig.4은 태양의 위치에 따라 변하는 그림자의 면적에 따른 센서 출력을 얻기 위한 회로를 보여 준다. Vcc 전압은 5V이며 센서가 태양에 법선을 이룰 때 얻어지는 이론적인 출력 값은 2.5V이다.

태양의 위치변화에 따른 그림자를 만드는 캡의 형상은 Fig.5와 같은 원형과 Fig.3과 같은 사각형이 있을 수 있다. 각각 장단점은 있으나 원형의 경우에는 XY 방향 이동량에 따른 광량의 면적변화가

비선형적으로 변화하기 때문에 본 연구에서는 Fig.3과 같이 사각형 캡을 적용했다.

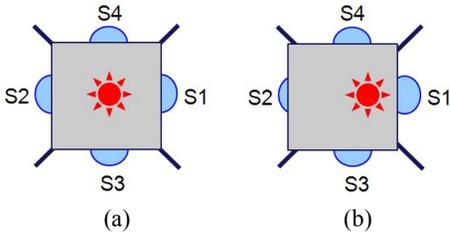


Fig. 3 Proposed method of sun point detector

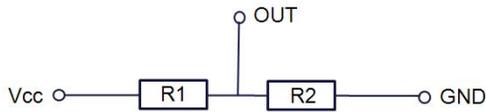


Fig. 4 Circuit for sensor output

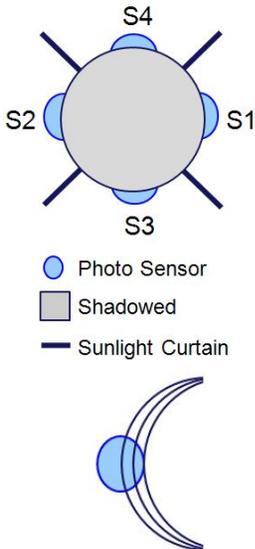


Fig. 5 Shadow with circle

본 연구에서는 태양위치 검출정밀도를 높이기 위한 방법으로 태양의 그림자 면적에 따른 광 센서의 출력변화를 이용했다. Fig.6은 본 연구에서 적용한 가로 5.2mm 그리고 세로 4.3mm의 크기를 갖는 광 센서를 나타낸다. 센서의 최적배치를 위해 그림자의 방향에 따른 센서의 출력 특성을 방향

별로 분석했다. 그림자 면적에 따른 출력변화를 조사하기 위해, 가로방향과 세로방향을 나누어 0.5mm 간격으로 실험을 수행했다. 실험결과를 Fig.6에 나타냈으며, 실험결과 세로방향의 출력변화율과 선형성이 가로방향에 비해 우수한 것으로 평가 되었다. 이를 이러한 센서 특성을 활용하여 센서는 세로방향으로 배치했다.

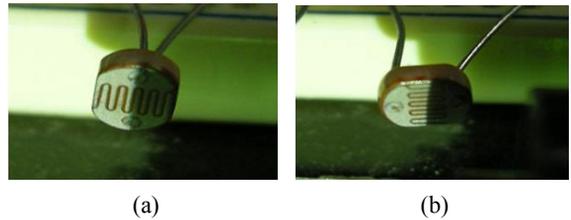


Fig. 6 CDS type photo sensor

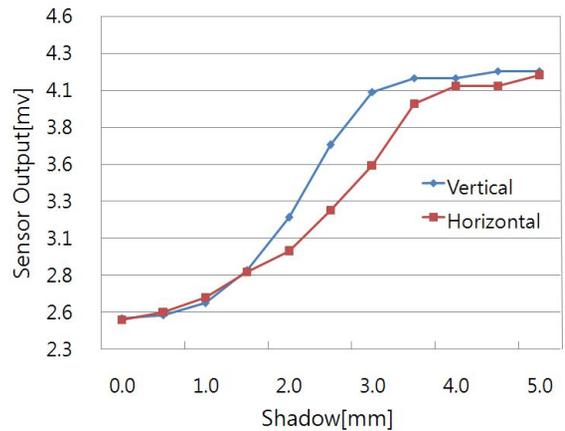


Fig. 7 CDS sensor linearity for directional variation

3. 검출 시스템 제작 및 평가

Fig.8은 선행연구에서 보고된 단점을 보완하여 본 연구에서 개발한 태양위치 검출용 센서 시스템을 보여 준다. 4개의 센서 S1, S2, S3, S4는 좌우-상하 방향으로 설치했다. 센서의 상부에는 태양의 위치변화에 따라 광센서 표면에 그림자를 만들기 위한 사각판이 설치되었다. 태양광은 파동과 입자의 특성을 가지기 때문에 주변의 장애물에 반사된 빛이 센서의 출력에 영향을 줄 수 있다. 개발된 장

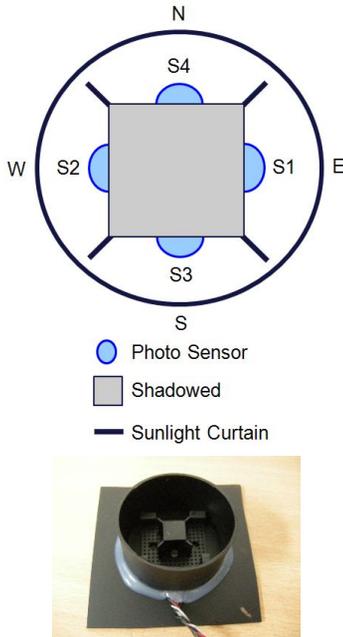


Fig. 8 A detector developed with shadowed and double sunlight curtain

치에서 센서는 외부에 노출되기 때문에 주변의 환경에 영향을 받을 수 있는 단점을 가진다. 이러한 오차를 제거하기 위한 방법으로 본 연구에서는 두 개의 반사광 차단장치를 적용했다. 하나는 센서 간의 간섭을 막기 위해 십자형 차단장치를 그리고 외란을 차단하기 위해서는 원형의 무반사 커튼을 적용했다^[5].

Fig.9는 태양위치 검출시스템의 성능을 평가하기 위한 장치를 보여 준다. 태양의 방위각과 고도각의 변화에 따른 센서의 출력 특성을 평가하기 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. 측정범위를 0.5 deg.로 설정한 기준은 태양의 이동속도가 0.004167 deg./sec.인 점에 착안하여 태양이 120초간 이동한 범위로 결정했다.

개발된 태양위치 검출시스템을 성능평가장치에 설치하고 성능을 평가했다. 실험방법으로는 인공광원을 고정하고 성능평가장치를 0.025 deg. 간격으로

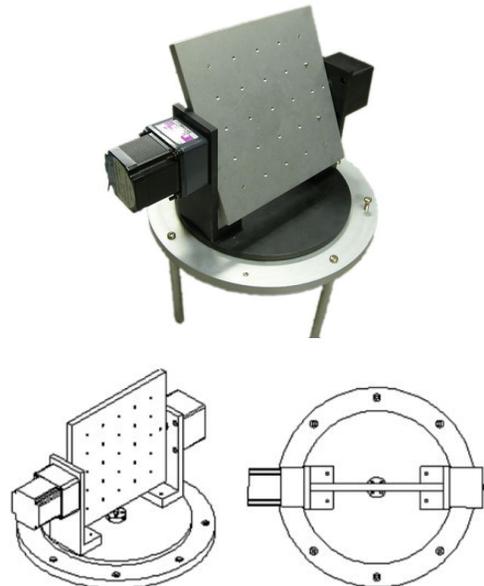


Fig. 9 Experimental device

회전시키는 방법을 이용했다. 0.5 deg.에 대해 21개의 측정값을 구했다. 여기서 기동 높이는 20mm로 제작되었다.

Fig.10은 0.5 deg.의 범위에서 0.025 deg. 간격으로 방위각의 변화에 대한 센서의 출력특성을 나타낸 것이다. 측정된 결과를 선형 평균오차로 환산하면 0.1807%/0.5 deg.가 된다.

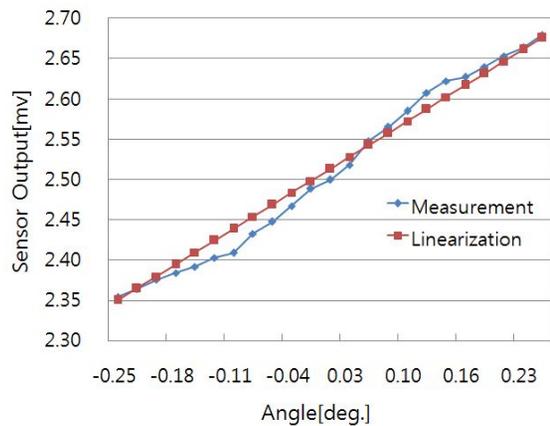


Fig. 10 Sensor linearity for azimuth angles

Fig.11은 0.5 deg.의 범위에서 0.025 deg. 간격으로 고도각의 변화에 대한 센서의 출력특성을 나타낸 것이다. 측정된 결과를 선형 평균오차로 환산하면 0.1185%/0.5 deg.가 된다. 방향에 따라 오차가 발생하는 원인을 분석해 보면 센서가 갖는 오차, 센서의 설치오차, 그림자 캡의 설치오차가 반영된 결과로 판단된다. 이러한 오차는 제어 시스템에서 오프셋으로 교정이 가능하다.

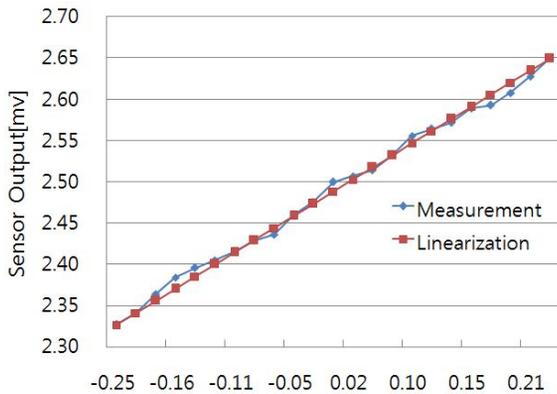


Fig. 11 Sensor linearity for altitude angles

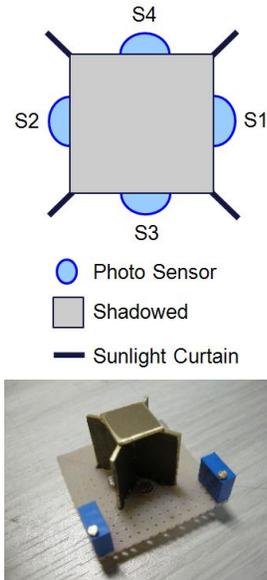


Fig. 12 Sun point detector without outer circle curtain

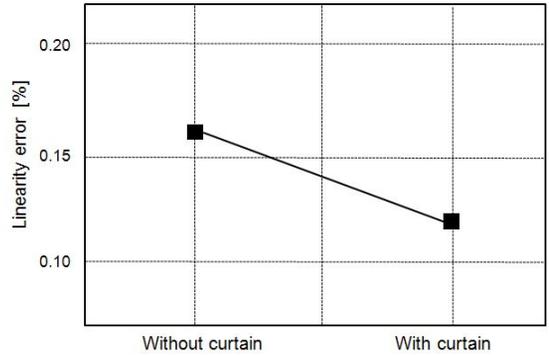


Fig. 13 Sensor linearity for with and without outer circle curtain

Fig.8과 같이 원형의 이중 커튼을 갖는 경우와 Fig.12과 같이 갖지 않는 경우에 대해 고도각의 선형 평균오차를 평가한 결과, 이중 커튼을 갖는 경우 0.01185%, 갖지 않는 경우 0.01656%로 평가되었다. 이는 십자형과 단일 커튼을 가지는 태양위치 검출시스템에 비해 28.7% 성능이 향상된 것이다. 여기서 기둥 높이는 20mm로 제작되었다. 이러한 특성을 Fig.13에 나타내었다.

개발된 시스템은 Fig.14와 같은 태양추적장치에 적용한 결과, 높은 정밀도로 태양이 추적됨을 확인하였다.

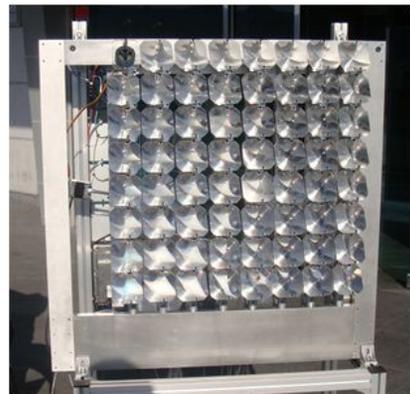


Fig. 14 Sun tracker with sun point detector

4. 결론

본 연구에서는 태양광조명장치용 태양추적장치에 적용이 가능한 고정밀 태양위치 검출 시스템을 개발하고자 했다. 정밀도를 높이기 위해 광센서의 표면에 만들어진 태양의 그림자의 면적에 따라 변하는 센서의 특성을 이용했으며, 태양광의 환경적 오차를 줄이기 위해서는 이중의 무반사 커튼을 적용했다. 개발된 시스템을 평가한 결과, 방위각의 경우에는 선형 평균오차가 0.1807%/0.5 deg., 고도각의 경우에는 0.1185%/0.5 deg.로 평가 되었다. 두 각도에 대해 다르게 나타나는 오차는 제어시스템에서 오프셋으로 교정이 가능하다.

참고문헌

1. 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.
2. Mousazadeh, H., Keyhani, A., Javadi, A., Mobli, H., Abrinia, K, Sharif, A., "A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output," Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.12, pp.1800-1818, 2009.
2. 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.
3. 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.
5. Kim, S. H., Kim, B. C., Korea Patent Pending for Solar Position Measurement Module, No.10-2009-011660, 2009.