

# 2개의 볼 조인트를 이용한 태양광 추적 메카니즘 설계

## Sun Tracker Mechanism Design with 2 Ball Joint

\*#김선호<sup>1</sup>, 윤광식<sup>2</sup>, 김병철<sup>2</sup>

\*#S. H. Kim(sunhokim@deu.ac.kr)<sup>1</sup>, G. S. Yoon<sup>2</sup>, B. C. Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 동의대학교 메카트로닉스공학과, <sup>2</sup> 한국에이비이엠건설(주)

Key words : Daylight, Sunlight, Sun Tracker, Ball Joint

### 1. 서론

인간이 태양광을 이용하는 방법으로는 태양광 발전, 태양열 발전, 태양열 이용 그리고 태양광 조명이 있다. 어느 경우이든 그 성능에 가장 큰 영향을 미치는 인자로는 태양광의 강도이다. 태양광의 강도를 높이기 위해 다양한 기술과 방법이 적용되고 있는데, 가장 대표적인 방법이 태양광 추적장치이다. 연구에 의하면 태양광 추적장치에 의해 태양광의 수집 효율성을 50% 향상시킬 수 있다고 보고되고 있다.

형태 측면에서 보면, 태양광 발전의 경우에는 집광판이 크고 면적이 넓기 때문에 넓은 평지 또는 지붕에 설치된다. 태양열의 경우에는 사용장소에 근접한 건물의 지붕에 설치되는 것이 일반적이다. 태양광 조명 시스템의 경우에는 종전에는 태양광의 집광기를 건물의 옥상 등에 설치되는 것이 일반적이었으나, 최근에는 집광 효율성을 높이기 위해 사용장소 가까이 집광기를 두는 추세이다. 이를 위해서는 집광기의 구조가 소형화, 박형화할 필요가 있다. 이러한 건축적 요구를 반영한 다양한 장치가 개발되고 있으나, 지금까지 제시된 기술들은 장치구조가 복잡하거나 비효율적 공간구조를 가지고 있어 새로운 개념의 추적장치의 개발 필요성이 대두되고 있다.<sup>1)</sup>

본 연구는 태양전지판, 태양열판, 태양광 조명장치용 채광기에 공통적으로 적용할 수 있는 2개의 볼 조인트로 구성된 신개념의 2축 태양광 추적장치에 관한 것이다.<sup>2)</sup>

### 2. 기술 동향

태양광을 수집하기 위한 장치는 태양의 위치와 무관하게 고정되어 있는 고정식과 태양의 위치를 추적하는 기능을 가진 추적식이 있다. 최근에는 구조는 복잡하지만 채광성과 효율성이 높은 추적식이 보편적으로 사용된다. 추적식의 경우 태양의 위치를 추적하는 기능을 가진 능동형 태양광 추적장치의 사용이 보편화된다. 현재 사용되고 있는 대부분의 태양광 추적장치는 대용량의 2축 서보 모터로 제어되는 위성수신 안테나 구조를 가지기 때문에 이 경우, 설치면적이 크기 때문에 공간상 많은 한계를 가지게 된다.

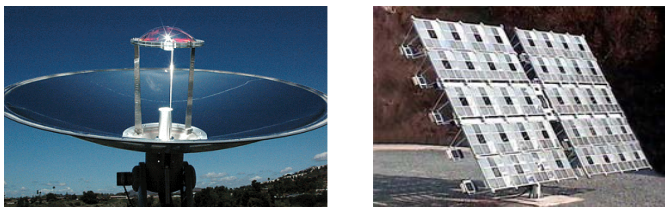
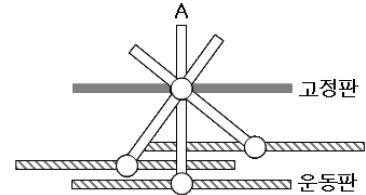


Fig. 1 Conventional Sun Tracker System

### 3. 박판구조의 태양광 추적 메카니즘 설계

Fig. 2는 박판구조의 태양광 추적장치의 기본원리를 보여준다. 설계된 장치는 고정판과 운동판으로 이루어진 2개의 판과 이를 연결하는 2개의 볼 조인트로 구성된다. 운동판의 X, Y축 운동에 의해 A부는 3차원 공간운동을 하게 된다. A부에는 태양전지판, 태양열판, 태양광 조명장치용 집광판을 소형화해서 부착함으로써 박판구조화가 가능하다. 고정판과 운동판에는 복수개의 조인트 세트를 설치함으로써 대형화가 가능하다. 또한 이러한 메카니즘은 판에 조인트 설치용 홀을 설치함으로써 쉽게 확장이



○ 볼 조인트

Fig. 2 Sun Tracker Mechanism with 2 Ball Joint<sup>2)</sup>

가능한 구조를 갖는다. Fig. 3은 3개의 모터를 이용해 운동판을 제어하기 위한 구조를 보여 준다. 1축에는 2개의 이송장치를 다른 1축에는 1개의 이송장치를 설치함으로써 3개의 구속장치를 이용해 운동판의 평면운동을 유도해 준다.

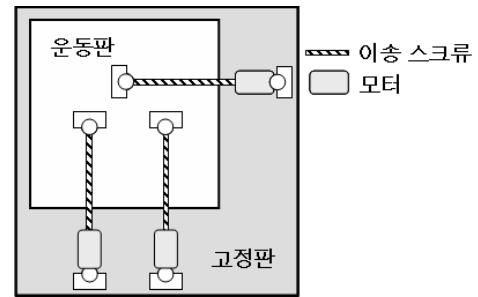


Fig. 3 Feeding System for Moving Plate

### 4. 태양의 일주운동 모델링

Fig. 4는 태양의 고도각과 방위각의 개념을 나타낸 것으로서 태양의 고도각  $\beta$ 는 평면과 태양의 위치가 이루는 수직각을 의미하며, 방위각  $\alpha$ 는 태양을 수평면에 투영한 위치가 동남방향과 이루는 수평각을 말한다. 태양은 계절에 따라 매일 다른 일주운동을 하게 된다. 춘추분에는 가장 김 운동을 하게 된다.

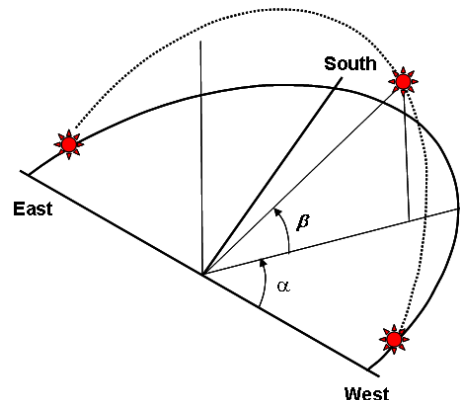


Fig. 4 Orbit Motion of Sun

태양의 일주운동에 따른 고도각과 방위각은 아래 식에 의해 정확하게 계산이 가능하다.

- 1) 태양의 적위( $\delta$ ) 계산

태양의 적위( $\delta$ )는 지구의 중심과 태양의 중심을 잇는 선이 지구의 적도와 이루는 각도이며 아래와 같은 식에 의해 유도된다.

$$\delta = 23.45 \sin \left[ \frac{360n + (n + 284)}{365} \right]$$

단,  $n$ 은 1월 1일을 기준으로 한 계산 대상일의 일수 (예, 1월 1일은 1, 12월 21일은 355)

### 2) 태양의 고도각( $\beta$ ) 계산

태양의 고도각은 아래 식에 의해 구할 수 있다.

$$\beta = \sin^{-1}(\sin \delta \cdot \sin \phi + \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \omega)$$

단,  $\phi$ : 대지의 위도 [°],  $\delta$ : 태양 적위 [°]  
 $\omega$ : 시각(時角) (예 : 1 시간은 15°, 24 시간은 360°)

### 3) 태양의 방위각( $\alpha$ ) 계산

태양의 방위각은 아래 식에 의해 구할 수 있다.

$$\alpha = \sin^{-1} \left( \frac{\cos \delta \cdot \sin \omega}{\cos \beta} \right)$$

이러한 모델링 식은 태양의 위치를 추적하기 위한 운동판의 위치를 제어하는데 이용된다.

## 5. 운동판의 제어 알고리즘 설계

Fig. 5는 태양광 추적장치에서 운동판을 2축 평면 제어함으로 Fig. 2의 A부를 태양의 위치와 법선을 이루도록 제어하기 위한 운동원리를 보여 준다. 3차원 극좌표에서 방위각  $\alpha$ 와 고도각  $\beta$ 의 이동에 따른 운동판의 궤적은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} x &= r \cos \beta \cos \alpha & (1) \\ y &= r \cos \beta \sin \alpha & (2) \\ z &= r \sin \beta & (3) \end{aligned}$$

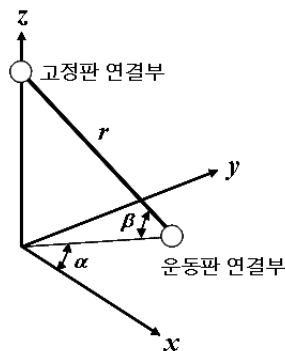


Fig. 5 Polar Coordinate for Orbit Motion Modelling

Fig. 6은 방위각  $\alpha$ 와 고도각  $\beta$ 의 이동에 따른  $x, y, z$ 축의 운동 제어 알고리즘을 보여 준다. 그림에서  $r_y$  길이의 회전반경을 갖는 이송축이  $\Delta_y$  만큼 이동하기 위해서는  $r_x$  축이  $\Delta_x$  만큼 이동이 이루어져야 평면운동이 가능해진다. 왜냐하면 3개의 이송축 모터가 고정판에 고정되어 회전 구속 운동을 하기 때문에 하나의 축 운동이 이루어지기 위해서는 다른 축의 운동이 동시에 이루어져야 한다.

그림에서  $\theta$ 는 주어진  $r_x$ 와  $r_y$  축의 이동거리  $\Delta_y$ 가 주어지면 계산이 가능하다.  $\theta$ 가 결정되면  $\Delta_x$ 는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$\Delta_x = \Delta_y \sin \theta \quad (4)$$

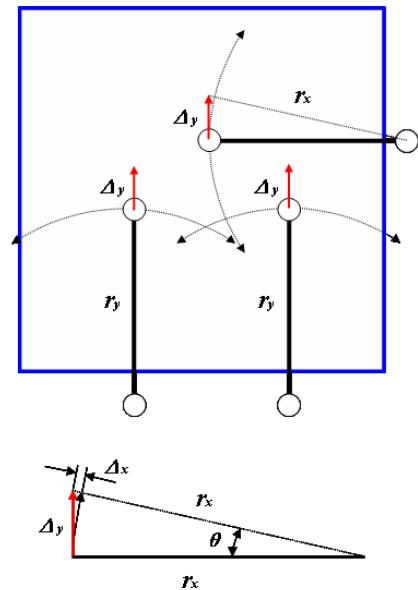


Fig. 6 X Axis Motion according to Y Motion

Fig. 7은 2개의 볼 조인트로 구성된 태양광 추적장치의 구성 예를 보여 준다. 두 개의 조인트를 연결하는 링크에는 집광 렌즈를 설치하기 위한 집광 렌즈가 연결된다. 집광 렌즈의 광 초점위치에는 광을 조명장치로 전송하기 위한 광 섬유가 설치된다. Fig. 8은 8×8의 렌즈 및 추적장치가 연결되어 있는 박판구조의 태양광 추적장치를 보여 준다.

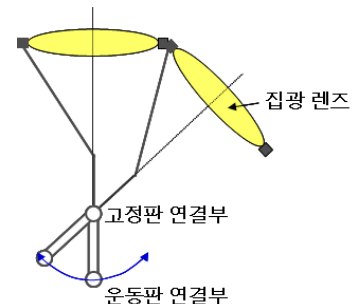


Fig. 7 Sun Collector with Sun Tracker



Fig. 8 8×8 Sun Collector with Sun Tracker

## 6. 결론

본 연구에서는 태양전지판, 태양열판, 태양광 조명장치용 채광기에 공통적으로 적용할 수 있는 2개의 볼 조인트로 구성된 신개념의 2축 태양광 추적장치를 개발했다. 개발된 기술은 이미 특허를 등록하여 지적재산권을 확보했으며 관련 주변장치의 개발을 통해 상용화가 추진되고 있다.

## 참고문헌

1. Kim, S. H., Kim, B. C., "Solar Daylight System," J. of KSPE, Vol.25, No.10, pp.33-40, 2008.
2. Korea Patent, Sun Tracking System, No.10-0803232, 2008.