

이동형 시스템에 구현이 가능한 태양 추적 시스템에 관한 연구

A Study on Implementable Sun Tracking Algorithm for Mobile Systems

최 주 엽*, 최 익, 송 승 호, 안 진 응, 이 동 하
 (Ju-Yeop Choi, Ick Choy, Seung-Ho Song, Jinung An, and Dong-Ha Lee)

Abstract: In this paper, a prototype of implementable Sun tracking algorithm for mobile systems powered by alternative energy is proposed. The proposed system uses 2-axis tilt sensor and 3-axis magnetic sensor to measure orientation and posture of the system according to the horizon coordinates system, which are used to compensate tilt effects. Then through astronomical calculation using the present time and position informations obtained from GPS sensors, the calculated azimuth and altitude of the Sun in that location. The position of the Sun is converted to that of the mobile Sun tracking system coordinates and used to control A-axis and C-axis of the system.

Keywords: mobile systems, sun tracking, tilt effects, astronomical calculation, alternative energy

I. 서론

근래에 들어 태양광 발전시스템은 친환경적인 대체에너지원으로서 주목 받고 있다. 또한 정부의 시범사업에 힘입어 가정이나 주요 건물의 소형시스템에서부터 전문발전사업에 사용되는 대형 시스템에 이르기까지 태양광 발전시스템의 응용 범위가 점차 확대되고 있는 추세에 있다.

태양광 발전시스템의 효율을 높이기 위해선 태양전지와 전력변환기의 효율을 높이고, 최대전력 추종제어를 하여야 하며, 태양이 태양전지면에 항상 법선방향으로 향하도록 태양추적시스템의 도입이 필요하다[1-4].

태양전지나 전력변환기의 효율을 높이는 것은 현재의 기술로 꾸준히 향상되고 있는 추세에 있다. 태양광 발전시스템은 태양광이 태양전지에 입사되는 입사각도에 따라 시스템의 효율이 크게 좌우된다. 현재 일반적으로 사용되고 있는 해바라기 타입의 태양추적시스템은 고정식으로 설치장소에 의하여 시간에 따른 그 지점에서의 태양의 방위각과 고도각이 주어지면 pan-tilt 구동의 2축 제어방식을 사용하여 태양을 추적한다. 이 경우 태양추적시스템이 지평좌표계와 정렬되어 있으므로 방위각에 해당하는 pan-구동과 고도각에 해당하는 tilt-구동만으로 단순제어가 가능하다. 일반적으로 사용되고 있는 태양추적방식은 표 1과 같다.

한편, 향후 태양광발전시스템은 기존의 고정식뿐만 아니라 레저용이나 대형선박에 이르기까지 이동식으로서의 응용 분야가 확대될 것으로 전망된다. 특히 자동차, 선박, 휴

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2009. 9. 10., 수정: 2009. 10. 5., 채택확정: 2009. 10. 30.
 최주엽, 송승호: 광운대학교 전기공학과
 (juyeop@kw.ac.kr/ssh@kw.ac.kr)

최 익: 광운대학교 정보제어공학과(ickchoy@kw.ac.kr)

안진응: 대구경북과학기술원 실용로봇연구소(robot@dgist.ac.kr)

이동하: 대구경북과학기술원(dhlee@dgist.ac.kr)

※ 본 논문은 교육과학기술부의 대구경북과학기술원 일반사업 연구비에서 지원하여 연구하였다.

표 1. 태양추적방식의 분류.

Table 1. Classification of Sun tracking methods.

| 추적방식 | 추적신호 발생방법 | 장점 | 단점 |
|--------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| 자연형 방식 | - 전자회로/구동모터 없이 추적 | - 구조가 간단 - 유지보수비용이 적음 | - 정확한 추적 불가능 |
| 프로그램 방식 | - 태양위치계산 - 계산된 위치로 태양전지모듈 구동 | - 정확한 추적가능 - 지속적 추적가능 | - 구조복잡 - 최초 설치시 정확성이 필요 |
| 센서 방식 | - 태양위치 판별 센서 사용 - 센서신호에 의해 모터구동 | - 구조가 간단 | - 산란 태양광에 의한 오동작 우려 |
| 프로그램/센서복합 방식 | - 프로그램방식과 센서방식의 복합 방식 | - 프로그램방식 및 센서방식의 단점 보완 - 정확한 추적 가능 | - 구조복잡 |

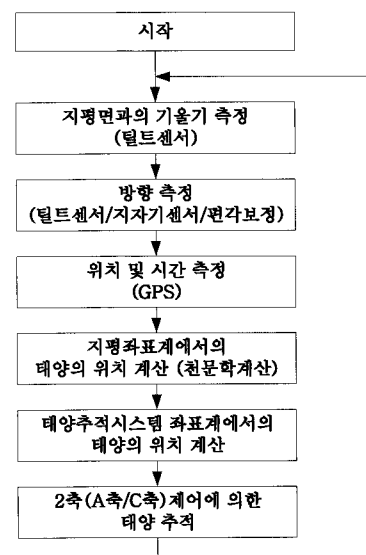


그림 1. 이동형 태양추적시스템의 흐름도.

Fig. 1. Mobile sun tracking system flow chart.

대기 등 전원의 및 휴대용 배터리 충전기로 사용하기 위해서는 시스템이 경량화되어야 할 뿐만 아니라 에너지원으로부터 최대의 전력을 뽑아 낼 수 있어야 한다. 이동식의 경우 현재의 위치가 계속 변하고 태양추적시스템이 현재 위치의 지평좌표계와 정렬되지 않기 때문에 고정식처럼 단순한 방법으로 태양을 추적하기는 어렵다. 이동에 따라 태양추적시스템의 위치와 방향을 알아야하고 지평면과의 경사각을 파악하여야 한다.

본 논문에서는 틸트(기울기)센서, 자자기센서 및 GPS센서를 사용하여 태양광추적시스템이 지평면과 이루는 경사각, 태양광추적시스템의 자세(방향 및 위치) 및 현재 시간을 실시간으로 측정하고 천문학계산에 의해 태양을 추적하는 이동형 태양추적시스템을 제안하고자 한다. 그림 1은 제안한 이동형 태양추적시스템이 태양을 추적하는 흐름도를 보여준다.

II. 태양추적시스템의 구조

태양추적시스템은 그림 2에서 보는 바와 같이 태양전지, 회전기구부 및 받침대로 구성된다. 받침대에는 틸트 센서, GPS센서, 자자기센서가 설치되어 있는데 틸트센서 및 자자기센서는 그림에 표시한 방향으로 정렬되어 있다. 회전기구부는 A축(x축 방향의 회전각: α)과 C축(z축 방향의 회전각: γ)의 2축 제어가 가능하며 태양전지면이 태양을 향하도록 추적한다. 홈 포지션에서 태양전지와 받침대는 평행인 상태로 정렬되고, A축 및 C축의 회전각인 $\alpha = \gamma = 0$ 이다.

그림 3은 태양추적시스템 좌표계와 지평좌표계를 보인 것이다.

XYZ축은 지평좌표계로서 현 위치의 지평면을 기준으로 천체의 위치를 나타내는 좌표계이다. 본 논문에서는 Y축, X축, Z축이 각각 남쪽, 서쪽, 하늘방향을 가리키는 것으로 정의한다. xyz축은 태양추적시스템 좌표계로서 XYZ축과의 상관관계는 좌표계 회전으로 표시할 수 있다. xyz축이 XYZ축과 정렬한 상태에서 xyz축을 Z축에 대하여 γ 만큼

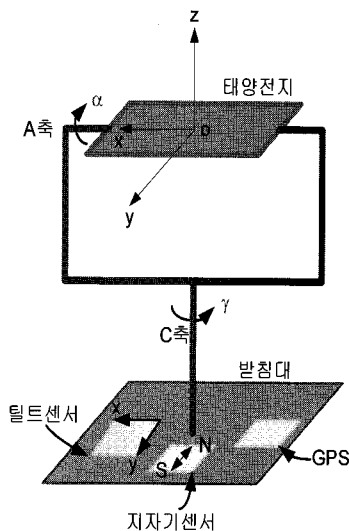


그림 2. 태양추적시스템의 구조.
Fig. 2. Structure of the Sun tracker.

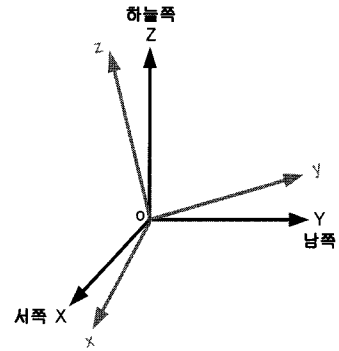


그림 3. 태양추적시스템좌표계와 지평 좌표계.
Fig. 3. Sun tracking system coordinates and horizon coordinates.

회전시키고, 다시 X축에 대하여 α 만큼 회전시킨 후 Y축에 대하여 β 만큼 회전시켰다면, xyz좌표계의 한 점 P를 XYZ좌표계로 변환하는 관계식은 식 (1)과 같으며, 변환매트릭스 $^{XYZ}_{xyz}T$ 는 식 (2)와 같이 표현된다. 여기서 T의 좌측 아래첨자는 변환할 좌표계를, 좌측 위첨자는 변환후 좌표계를 표시한다[5].

$$P(X, Y, Z) = ^{XYZ}_{xyz}T P(x, y, z) \tag{1}$$

$$^{XYZ}_{xyz}T = B(\beta)A(\alpha)C(\gamma) \tag{2}$$

여기서

$$A(\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

$$B(\beta) = \begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & \sin\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\beta & 0 & \cos\beta \end{bmatrix}$$

$$C(\gamma) = \begin{bmatrix} \cos\gamma & -\sin\gamma & 0 \\ \sin\gamma & \cos\gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{3}$$

이다.

III. 센서 신호처리

본 절에서는 이동형 태양추적시스템에 사용되는 센서와 그 신호처리 방법에 대하여 기술한다.

1. 틸트센서

이동형 태양추적시스템이 어느 지점에 위치했을 때 받침대가 그 지점의 수평면에 대하여 어느 정도 기울어 졌는지를 측정한다. 그림 2에서 보인 듯이 태양추적시스템 좌표계의 x축 및 y축에 정렬되어 받침대에 설치되어 있는 틸트 센서의 출력 θ_x, θ_y 는 각각 그림 4에서 보인 바와 같이, 지평좌표계의 Z축과 태양추적시스템 좌표계의 x축 및 y축사이의 각도이다. 틸트센서의 출력 θ_x, θ_y 는 식 (4)에서 보인 바와 같이 지평좌표계 Z축의 단위벡터 a_z 와 지평좌표계 XYZ축에서 각각 바라본 x축의 단위벡터 a_x 및 y축의 단위벡터 a_y 의 내적으로 표시된다. 그림 4에서 G는 중력방향을 나타낸다.

$$\cos\theta_x = a_z \cdot ^{XYZ}a_x$$

$$\cos\theta_y = a_z \cdot ^{XYZ}a_y \tag{4}$$

한편, 그림 4에서 보는 바와 같이 지평좌표계의 XY 평면에 정렬되어 있던 태양추적시스템 좌표계의 xy 평면이 지평좌표계의 X 축에 대하여 α_0 회전 후 Y 축에 대하여 β_0 회전하여 기울어진 것으로 회전 순서를 정의한다면 XYZ 축에서 바라본 a_x 및 a_y 는 식 (5)와 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} {}^{XYZ}a_x &= B(\beta_0)A(\alpha_0)[1 \ 0 \ 0]^T \\ {}^{XYZ}a_y &= B(\beta_0)A(\alpha_0)[0 \ 1 \ 0]^T \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 위첨자 T는 전치행렬을 의미한다. 그러므로 식 (3)-(5)를 정리하면 식 (6)의 결과를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \cos \theta_x &= -\sin \beta_0 \\ \cos \theta_y &= \cos \beta_0 \sin \alpha_0 \end{aligned} \quad (6)$$

여기서 θ_x, θ_y 는 $[0, \pi]$ 범위의 값을 가지며 식 (6)의 해를 구하면 식 (7)의 결과를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \beta_0 &= \theta_x - \frac{\pi}{2} \\ \alpha_0 &= \sin^{-1} \left(\frac{\cos \theta_y}{\cos \beta_0} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

여기서 α_0, β_0 는 $\left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$ 범위의 값을 갖는다. 식 (7)에서 구한 α_0, β_0 는 태양추적시스템의 기울어짐 보정과 태양추적시스템 좌표계에 정렬되어 받침대에 설치되어 있는 지자기센서의 기울어짐에 대한 지자기센서의 출력보정에도 사용된다.

2. GPS 센서

GPS 센서는 위성의 신호를 받아 시간, 위도, 경도, 속도 등의 정보를 NMEA (National Marine Electronics Association) format으로 제공한다. 현재 위치(위도/경도) 및 시간을 알면 천문학 계산에 의하여 태양의 방위각과 고도각을 계산할 수 있다. 본 논문에서는 1950년에서 2050년까지 100년 사이에 0.01도의 정확도를 갖는 천문학계산법을 사용하였다[6].

3. 지자기센서

GPS센서를 사용함으로써 현재 지점의 위도 경도 정보와 시간 정보를 얻을 수는 있지만 방향정보를 알 수가 없다. 본 논문에서는 3축 지자기센서를 사용하여 현 지점에서 태양추적시스템이 향하고 있는 방향정보를 얻고자 한다. 지자

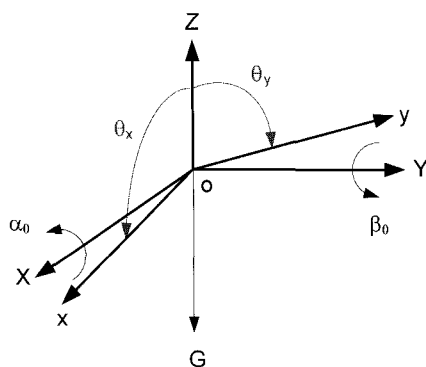


그림 4. 틸트 센서의 출력.
Fig. 4. Tilt sensor output.

기센서는 측정 원리상 지구의 자북을 측정한다. 진북과 자북사이의 각도를 편각(declination angle)이라고 하는데 현 지점의 편각을 알고 있으면 지자기센서에서 잰 자북에 편각을 보정하여 진북방향을 알 수 있다. 편각은 지역마다 다르며 우리나라의 경우 자북이 진북에 대하여 서쪽으로 6-8도 범위에 있다.

태양추적시스템 좌표계에 정렬되어 설치되어 있는 지자기센서의 출력을 지평좌표계로 변환하면 식 (8)과 같다.

$$\begin{aligned} [H_x \ H_y \ H_z]^T \\ = B(\beta_0)A(\alpha_0)[H_x \ H_y \ H_z]^T \end{aligned} \quad (8)$$

그림 5는 지평좌표계에서 바라본 지자기센서 출력을 보인 것이다. 그림에서 보듯이 방향정보를 얻기 위해선 H_x 와 H_y 성분만 알면 되기 때문에 식 (8)로부터 H_x 와 H_y 성분을 구해보면 식 (9)와 같다.

$$\begin{aligned} H_x &= H_x \cos \beta_0 + H_y \sin \beta_0 \sin \alpha_0 \\ &\quad + H_z \sin \beta_0 \cos \alpha_0 \\ H_y &= H_y \cos \alpha_0 - H_z \sin \alpha_0 \end{aligned} \quad (9)$$

따라서 태양추적시스템의 자북에 대한 회전각 δ_0 는 식 (10)과 같이 되고 진북에 대한 회전각 γ_0 는 δ_0 에 편각을 보정한 식 (11)과 같다.

$$\delta_0 = \frac{3\pi}{2} - \text{atan2}(H_y, H_x) \quad (10)$$

$$\gamma_0 = \delta_0 - \text{편각} \quad (11)$$

3축 지자기센서를 사용하는 대신 2축 지자기센서를 사용할 수도 있으며 이 경우에는 지자가가 지표면을 입사하는 각도인 북각(inclination angle) 정보가 필요하다. 우리나라의 경우 북각은 48-55도의 분포를 보인다.

이상의 센서정보로부터 이동형 태양추적시스템이 임의의 위치에 놓여 졌을 때 현재의 자세가 지평좌표계의 Z 축에 대하여 γ_0 회전하고, X 축에 대하여 α_0 회전한 후 Y 축에 대하여 β_0 회전한 것을 알 수 있다. 따라서 태양추적시스템 좌표계의 한 점을 지평좌표계로 변환하는 변환매트릭스는 식 (2)에 의하여 식 (12)로 표현할 수 있다.

$${}^{XYZ}_{xyz}T = B(\beta_0)A(\alpha_0)C(\gamma_0) \quad (12)$$

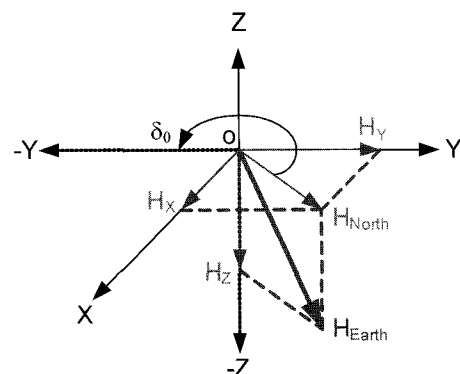


그림 5. 지자기센서 출력.
Fig. 5. Magnetic sensor output.

IV. 태양 추적 제어

천문학 계산에 의해 산출된 태양의 고도각 및 방위각을 각각 θ, ϕ 라고 하면 그림 6에서 보인 바와 같이 지표좌표계에서 태양을 바라보는 단위 벡터 ^{XYZ}S 는 식 (13)과 같이 표현된다.

$$^{XYZ}S = \begin{bmatrix} s_x \\ s_y \\ s_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\frac{3\pi}{2} - \phi) \cos \theta \\ \sin(\frac{3\pi}{2} - \phi) \cos \theta \\ \sin \theta \end{bmatrix} \quad (13)$$

식 (13)의 양변에 식 (12)의 역변환행렬을 곱하면 태양추적시스템 좌표계에서 태양을 바라보는 단위벡터 ^{xyz}S 는 식 (14)와 같이 표현된다.

$$^{xyz}S = (^{XYZ}T)^{-1} ^{XYZ}S = \begin{bmatrix} s_x \\ s_y \\ s_z \end{bmatrix} \quad (14)$$

여기서 역변환행렬은 그 특성상 변환행렬의 전치행렬과 같다[5].

$$(^{XYZ}T)^{-1} = ^{XYZ}T^T \quad (15)$$

이제, 태양추적시스템의 태양전지가 태양을 향하도록 하기 위해선, 태양추적시스템을 홈 포지션 상태에서 C축을 γ 만큼 회전시킨 후, A축을 α 만큼 회전시켰을 때 태양추적시스템 좌표계에서 본 태양전지면의 단위법선벡터가 식 (14)와 일치하면 된다. 홈 포지션 상태에서의 태양전지면의 단위법선벡터 u_z 는 태양추적시스템 좌표계의 z축과 일치한다. 즉,

$$u_z = [0 \ 0 \ 1]^T \quad (16)$$

이다.

이상의 내용을 수식으로 표현하면 식 (17)과 같다.

$$C(\gamma)A(\alpha)u_z = ^{xyz}S \quad (17)$$

그러므로 식 (17)을 식 (3), 식 (14), 식 (16)을 이용하여 정리하면 식 (18)-식 (20)의 결과를 얻을 수 있다.

$$\sin \gamma \sin \alpha = s_x \quad (18)$$

$$-\cos \gamma \sin \alpha = s_y \quad (19)$$

$$\cos \alpha = s_z \quad (20)$$

식 (18)-식 (20)의 해를 구하면 식 (21)와 같이 2가지 해

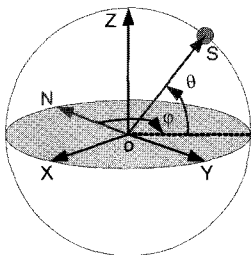


그림 6. 태양의 위치.
Fig. 6. Position of Sun.

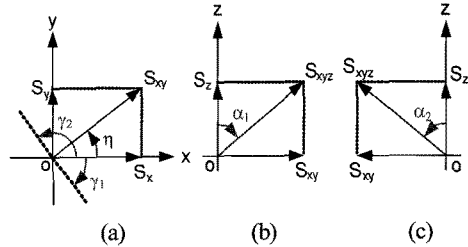


그림 7. 태양추적시스템 좌표계에서 바라본 ^{xyz}S .
Fig. 7. Sun position in Sun tracking system coordinates.

가 존재한다.

$$\begin{cases} \gamma_1 = \eta - \frac{\pi}{2} \\ \alpha_1 = -\cos^{-1} s_z \end{cases} \quad \text{또는} \quad \begin{cases} \gamma_2 = \eta + \frac{\pi}{2} \\ \alpha_2 = \cos^{-1} s_z \end{cases} \quad (21)$$

여기서

$$\eta = \text{atan2}(s_y, s_x) \quad (22)$$

이다.

그림 7(a)는 태양추적시스템 좌표계의 z축에서 ^{xyz}S 를 바라 본 그림이다. xy평면에 투영된 s_{xy} 는 x축과 식 (22)에서 나타낸 η 각을 이루고 있다. x축을 회전하여 태양을 바라보기 위해선 먼저 태양전지면을 z축에 대하여 회전하여 x축이 s_{xy} 와 수직이 되도록 해야 하며 그림에서 보듯이 두 가지(γ_1, γ_2)방법이 존재한다. 그림 7(b)와 7(c)는 각각 γ_1 또는 γ_2 만큼 z축을 회전한 후 x축에서 바라본 그림이다. 각각에 대하여 α_1 또는 α_2 만큼 x축을 회전하면 태양전지면이 태양을 바라볼 수 있음을 알 수 있다. 두 가지 해 중 어느 것을 선택하느냐는 것은 α 와 γ 의 제어범위에 해당하는 기구적인 구조상의 제한사항을 고려하면서 현재의 위치로부터 이동량이 작은 것을 선택하면 된다.

V. 실험 및 검토

표 2는 서울지방의 한 지점(위도: 126.9833°E, 경도: 37.5667°N)을 대상으로 2009년의 계절별 일몰/남중/일출 시간과 태양의 방위각 및 고도각의 변화 범위를 천문학계산에 의해 정리한 것이다.

표 2에서 보는 바와 같이 태양의 방위각은 남쪽(방위각 180°)을 중심으로 좌우 대칭으로 변하고, 태양의 고도각은

표 2. 2009년 서울 지방의 태양의 위치.

Table 2. Sun position of Seoul in 2009.

| 날짜 | 일출 시간 | 남중 시간 | 일몰 시간 | 방위각 범위(°) | 고도각 범위(°) |
|------------|-------|-------|-------|-----------------|-----------|
| 춘분 (3/20) | 06:36 | 12:40 | 18:44 | 89.6 ~270.7 | 0~52.3 |
| 하지 (6/21) | 05:11 | 12:34 | 19:57 | 59.1 ~300.9 | 0~75.9 |
| 추분 (9/23) | 06:20 | 12:24 | 18:28 | 89.3 ~270.4 | 0~52.3 |
| 동지 (12/22) | 07:44 | 12:31 | 17:18 | 119.5 ~240.7 | 0~29.0 |

태양이 남중할 때를 최대값으로 하여 변하고 있음을 알 수 있다. 고정식 자연형 태양광 발전시스템의 경우 일일 평균 태양광 수율이 최대가 되도록 방위각 180°, 고도각 32°전후로 설치하는 것이 일반적이다. 고정식 1축 제어 태양추적시스템의 경우는 고도각을 고정하고 방위각을 제어하며, 고정식 2축 제어 시스템의 경우는 고도각 및 방위각을 각각 제어하여 태양광 수율이 최대가 되도록 한다. 고정식의 경우 그 지점의 지평좌표계에 정렬하여 설치할 수 있으므로 단순한 천문학 계산만으로 정확한 태양 추적이 가능하다. 그러나 이동형의 경우 태양추적시스템의 자세가 계속 변하기 때문에 본 논문에서 제시한 방법으로 자세를 측정하여야 태양광 수율이 최대가 되도록 유지할 수 있다.

태양광 수율은 태양전지면의 법선과 태양광이 이루는 각의 cosine에 의해 결정된다. 고정식 자연형의 경우를 예로 들어 하지날 남중시간에서의 태양광 수율을 계산해 보면 $\cos(75.9^\circ-32^\circ)=0.72$ 로 72%에 불과함을 알 수 있다. 반면 본 논문에서 제안한 태양추적시스템을 사용하는 경우 이론적으로 100%의 태양광 수율을 유지할 수 있다.

표 3은 앞에서 제시한 지역에서 주어진 일시에 태양의 위치를 천문학계산에 의해 계산한 예를 보인 것이며, 표 4는 동일 조건하에서 이동형 태양추적시스템의 자세에 따라 센서 출력으로부터 계산한 $\alpha_0, \beta_0, \gamma_0$ 와 태양추적을 위한 제어출력 α, γ 를 계산한 예를 보인 것이다. case 1의 경우는 태양추적시스템이 지평좌표계와 정렬되어 있는 경우로 $\alpha_0=\beta_0=\gamma_0=0$ 이며 표 3으로부터 제어출력 γ 는 -38.39° 또는 141.11° , α 는 각각 $\pm 59.09^\circ$ 가 되어야 함을 예측할 수 있고 표 4의 계산결과와 일치함을 확인할 수 있다. case 2는 태양추적시스템이 지평좌표계와 정렬되어 있지 않아 $\alpha_0=-35.26^\circ, \beta_0=30^\circ, \gamma_0=54.74^\circ$ 인 경우로 제어 출력은 γ 는 -67.08° 또는 -112.92° 이고 α 는 각각 $\pm 78.60^\circ$ 의 결과를 얻었다.

표 3. 천문학 계산 결과 예.

Table 3. Example of astronomical calculation.

| 항목 | 내용 |
|-----|---------------------|
| 위도 | 126.9833°E |
| 경도 | 37.5667°N |
| 일시 | 2009.10.26.14:30:00 |
| 방위각 | 218.89° |
| 고도각 | 30.91° |

표 4. 태양 추적 제어 결과 예.

Table 4. Example of Sun tracking results.

| | | | |
|--------|----------------|-----------|-----------------|
| case 1 | α_0 | β_0 | γ_0 |
| | 0° | 0° | 0° |
| | α | | γ |
| | -59.09°/59.09° | | -38.89°/141.11° |
| case 2 | α_0 | β_0 | γ_0 |
| | -35.26° | 30.00° | 54.74° |
| | α | | γ |
| | -78.60°/78.60° | | -67.08°/112.92° |

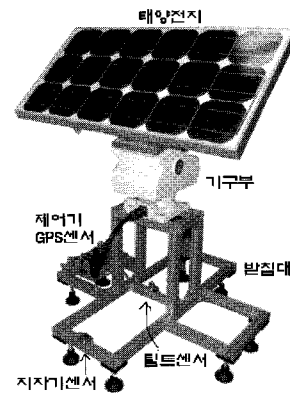


그림 8. 시작품 사진.

Fig. 8. Picture of prototype model.

그림 8은 본 연구에서 제작한 태양추적시스템의 시작품 사진을 보인 것이다. 제안한 시스템의 태양추적 성능을 시험하기 위하여 그림자테스트를 시행하였다. 그림자 테스트는 태양전지면의 법선방향으로 막대기(10cm)를 설치하고 그림자의 길이를 측정하여 태양추적 정확도를 계산하는 방법이다. 표 4의 case 2조건에서 그림자의 길이는 약 1.4cm의 결과를 얻었으며 이 경우 태양광 수율은 $\cos(\text{atan}(0.14))=0.99$ 로 99%이다. 오차의 원인을 분석해 보면, 가장 많은 오차가 발생하는 부분은 지자기센서 부분이다. 지자기센서는 진북이 아니라 자북을 측정하기 때문에 그 지역의 편각 정보를 사용하여 진북을 찾아야 하며, 또한 지자기 센서는 주위의 환경에 영향을 많이 받기 때문에 이에 대한 오차가 수도 이상 발생할 것으로 예측된다. 이 이외에도 센서의 설치에 따른 정렬 오차, 기구부의 가공정도에 따른 오차 등이 원인이 될 수 있을 것이다.

VI. 결론

앞으로 태양광발전시스템은 기존의 고정식뿐만 아니라 레저용이나 대형선박에서부터 시작하여 이르기까지 이동식으로서의 응용 분야가 확대될 것으로 전망된다. 특히 자동차, 선박, 휴대기기 등의 전원 및 휴대용 배터리 충전기로 사용하기 위해서는 시스템이 경량화되어야 할 뿐만 아니라 에너지원으로부터 최대의 전력을 뽑아 낼 수 있어야 한다. 이동식의 경우 현재의 위치가 계속 변하고 태양추적시스템이 현재 위치의 지평좌표계와 정렬되지 않기 때문에 고정식처럼 단순한 방법으로 태양을 추적하기는 어렵다. 이동에 따라 태양추적시스템의 위치와 방향을 알아야하고 지평면과의 경사각을 파악하여야 한다. 이동식의 경우 현재의 위치가 계속 변하고 태양추적시스템이 현재 위치의 지평좌표계와 정렬되지 않기 때문에 고정식처럼 단순한 방법으로 태양을 추적하기는 어렵다. 이동에 따라 태양추적시스템의 위치와 방향을 알아야하고 지평면과의 경사각을 파악하여야 한다. 본 논문에서는 고정식이 아닌 이동형 태양광 발전 시스템을 대상으로 실시간으로 태양을 추적하여 태양광 발전 효율을 향상할 수 있는 이동형 태양추적시스템을 설계하고 시작품을 제작하였으며 현재 실험중이다. 추후 틸트센서와 지자기센서에 의해 지평좌표계에 대한 태양추적시스

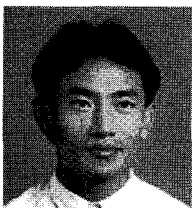
템의 자세를 좌표계의 회전을 이용하여 측정하고, GPS센서로부터 현재의 위치 및 시간 정보를 획득하여 천문학계산에 의하여 지평좌표계에서의 태양의 방위각과 고도각을 계산한 결과를 바탕으로 태양전지판이 태양을 수직으로 바라볼 수 있도록 태양추적시스템의 2축을 제어하는 실제 시스템을 구현하여 본 제안의 실용성을 입증하도록 하겠다.

참고문헌

[1] 김만근, “휴대용 소형 추적식 태양전지 모듈제작 및 응용에 관한 연구,” 에너지관리공단 최종보고서, 2001.
 [2] R. Zogbi and D. Laplace, “Design and construction of a sun tracker,” *Solar Energy*, vol. 33, no. 3, pp. 369-372,

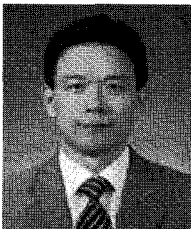
1984.

[3] P. Baltas, M. Tortoreli, and P. E. Russell, “Evaluation of power output for the fixed and step tracking photovoltaic arrays,” *Solar Energy*, vol. 37, no. 2, pp. 147-163, 1986.
 [4] D. M. Mosher, R. E. Boese, and R. J. Soukup, “The advantage of sun tracking for planar silicon solar cells,” *Solar Energy*, vol. 19, pp. 91-97, 1977.
 [5] J. J. Craig, *Introduction to Robotics Mechanics and Control*, 2nd Ed., Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1986.
 [6] K. Burnett, Position of the Sun, <http://www.stargazing.net/kepler/sun.html>



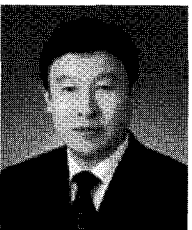
최 주 업

1983년 서울대 전기공학과 졸업. 1990년 Univ. of Texas at Arlington 석사. 1994년 Virginia Tech 박사. 1995년~2000년 한국과학기술연구원 지능제어연구센터 선임연구원. 2000년~현재 광운대학교 전기공학과 교수. 관심분야는 태양광 시스템제어 및 응용, 모델링.



송 승 호

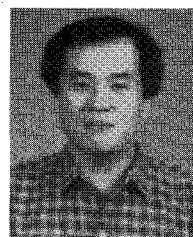
1991년 서울대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 석사. 1999년 동 대학원 전기공학부 박사. 2000년~ 2005년 전북대 전자정보공학부 조교수. 2006년~현재 광운대 전기공학과 부교수.



이 동 하

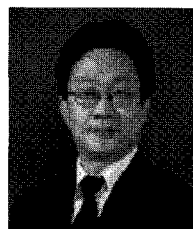
1985년 경북대학교 전자공학과 졸업. 2001년 동 대학원 전자공학과 석사. 2005년 동 대학원 전자공학과 박사. 1987년~2005년 LG전자 S/W연구실장. 2005년~현재 DGIST 선임연구부장. 관심분야는 DTV, Embedded Systems,

Robotics, USN, Green IT.



최 익

1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학원 전기공학과 석사. 1990년 동 대학원 전기공학과 박사. 1982년~2003년 한국과학기술연구원 지능제어연구센터 책임연구원. 2003년~현재 광운대 정보제어 공학과 교수.



안 진 응

1993년 성균관대학교 기계공학과 졸업. 1997년 KAIST 기계공학과 석사. 2005년 KAIST 로봇공학 박사. 2005년~2008 광운대학교 정보제어공학과 교수. 2008년~현재 DGIST 실용로봇연구소 소장. 관심분야는 Brain Robot

Interface, Biomimetics, Human-Robot Interaction, Haptics, Evolutionary Computing, USN, Green IT.