

# 태양전지를 이용한 LED 가로등의 태양광 추적 장치 설계

(A Design of the Solar Tracker for LED Streetlight in Using Solar Cell)

이옥재\*

(Ok-Jae Lee)

## Abstract

A standalone LED lighting system in using solar energy has been used usually less than 70W of lighting power because of a troublesome installation and maintenance. In this system, as more and more LED lighting power increases, the capacity of photovoltaic panel does proportionally, and to improve the charging efficiency of solar energy, MPPT(Maximum Power Point Tracking) techniques is used frequently, but the solar tracker is not. In this paper, a solar tracker which traces the light of the sun in varying hour to hour is studied to apply to the standalone LED lighting system. This solar tracker consists of twin axis for tracing the azimuth and altitude respectively, and it has a robust structure with safe mode to stand a strong wind. As a result of analysis, generating efficiency of the traced type has improved on the fixed one 28.84% on average.

Key Words : MPPT, Tracker, LED Streetlight, Azimuth, Altitude

## 1. 서 론

최근 화석에너지 사용에 대한 지구 온난화와 대기 오염에 따른 탄소 배출량의 증가로 인하여 신재생에너지에 대한 관심이 높아지고 있다. 그 중에서도 태양광 에너지는 전 세계적으로 관심이 집중되어 전력 생산이 실용화 되고 있다. 태양광 발전은 설치된 위치의

환경과 계절에 따라서 발전 전력의 변화가 심하며 낮에만 전력을 생산할 수 있는 특성을 가지고 있다[1]. 따라서 한정된 태양광 에너지의 발전 효율을 높이기 위해서는 매 시간마다 변화하는 태양광을 추적하여 최대한의 태양광을 수광하기 위한 추적 장치를 설치하는 방법과[2-3] 한정된 태양광을 최대한 발전할 수 있는 방법인 MPPT를 적용할 수 있다[4-6]. 태양광을 이용한 독립형 LED(Light Emitting Diode) 조명시스템은 기존 상용 전력을 사용하지 않고 전력소비가 적은 LED를 광원으로 사용하기 때문에 주로 LED 조명 70W 이하인 보안등 및 가로등으로 많이 이용되고 있다. 이 시스템은 친환경적이면서 상용 전력을 사용하지 않기 때문에 기존 전력선이 시설되지 않은 지역에 시설되면 많은 장점을 가지고 있지만, 독립형의 특성

\* 주저자 : 원광보건대학교 영상컨텐츠과 교수

\* Main author : Wonkwang Health Science University, A full Professor, Dept. of Image Contents

Tel : 063-840-1334, Fax : 063-840-1339

E-mail : ojlee@wu.ac.kr

접수일자 : 2013년 4월 21일

1차심사 : 2013년 9월 3일, 2차심사 : 2013년 9월 27일

심사완료 : 2013년 10월 3일

상 태양광 발전 전력을 최대한 배터리에 저장해야만 하는 문제점을 가지고 있다[1]. 현재 태양광을 이용한 독립형 LED 조명 시스템에서는 MPPT 기술 적용으로 태양광 발전효율을 약 10% 개선하고[4-6] 있고, 태양광 추적장치는 지상에 시설되어 있는 태양광 발전소에는 일부 적용하고는 있지만, 독립형 가로등 시스템의 적용은 미흡한 실정이다. 이 시스템에서는 LED 조명 70W 급으로 설치하기 위해서는 솔라 모듈 320W 가(부조일 3일 이상) 등주의 가장 높은 자리(7M)에 설치되어야 하기 때문에[1] 강풍 등으로 인한 신뢰성 확보가 고려되어야 한다. 또한 LED 조명 70W 이상으로 설치하기 위해서는 솔라 판넬의 규모 확대에 따른 설치 및 유지보수 문제가 반드시 고려되어야 한다.

따라서 본 논문에서는 태양광을 이용한 독립형 LED 조명시스템에 적용할 수 있는 태양광 추적 장치를 개발하여 기존 고정적으로 설치되어 있는 솔라 판넬 방식과 추적형을 상호 비교하여 기존 설치된 솔라 판넬의 발전효율을 개선하고자 한다. 또한 독립형 LED 조명시스템의 신뢰성 확보와 용량 증가를 위하여 추적형의 정확한 발전효율을 분석하여 시스템 설계의 기반을 조성하고자 한다. 이 추적 장치는 방위각과 고도각을 동시에 추적할 수 있는 2축으로 구성되며, 독립형 LED 조명 시스템의 규모 확대에 따라 솔라 판넬이 강풍에 견딜 수 있는 구조를 가지고 있다. 또한 솔라 판넬이 고정적으로 설치되어 있는 고정형과 추적형의 상호 발전 전력이 비교 분석된다.

## 2. 태양광 추적장치 설계

### 2.1 개발 시스템 개요

태양광의 방위와 고도 변화는 날짜, 계절, 위도에 따라 다소 차이는 있지만, 매일 규칙적인 순서에 의하여 변화되는 특성을 가지고 있다. 방위각은 일출시 동쪽에서 시작하여 정오에는 남쪽, 일몰시 서쪽으로 변화되고, 여름철에는 일조시간이 길고, 겨울에는 일조시간이 짧은 특성을 가지고 있다. 고도각은 위도에 따라 차이가 있지만, 일출에는 낮은 고도에서 시작하여 정

오에는 가장 높은 고도, 일몰에는 다시 낮은 고도로 변화하며, 여름철에는 고도가 높고 겨울철에는 고도가 상대적으로 낮은 특성을 가지고 있다. 태양광 발전은 계절별 방위 및 고도의 변화뿐만 아니라 기상조건과 설치 위치에 따라 민감하게 발전효율이 변화하는 특성을 가지고 있기 때문에 능동적으로 적용할 수 있는 태양광 추적장치가 필요하다.

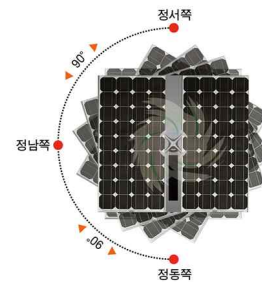


그림 1. 방위각 범위  
Fig. 1. The range of Azimuth

솔라 판넬을 고정할 경우에는 방위각과 고도각의 평균값을 취하여 방위각은 정남향, 고도각은 33°(한반도의 경우 설치위치에 따라 30°~35°)로 설치하여야 한다. 본 논문에서 제안한 추적시스템의 방위각은 그림 1과 같이 동쪽에서 서쪽까지 180° 변화하도록 설계한다.

고도각은 그림 2와 같이 0°~63° 범위에서 동작하도록 설계하여 항상 태양의 위치와 솔라 판넬 각도가 직각이 되도록 추적한다.

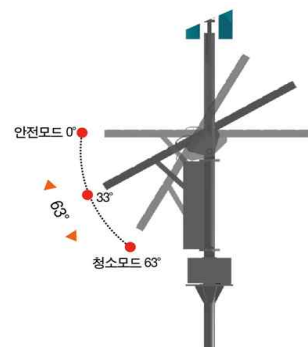


그림 2. 고도각 범위  
Fig. 2. The range of altitude

본 논문에서 제안한 안전모드는 태풍과 같은 강풍이 불 경우 태양광 패널을 지면과 수평(0°)으로 눕혀 바람의 저항을 최소화하여 구조물을 강풍으로부터 보호할 수 있는 기능이다. 또한 청소모드는 비나 눈이 내릴 경우 태양광 패널을 지면과 63°각도로 세우는 기능이며 빗물의 흐름을 빠르게 하여 패널에 쌓인 먼지를 자연적으로 제거하거나 눈이 쌓이지 않도록 한다.

태양광 추적 시스템은 태양광 패널, 광량 센서, 풍력 센서, 습도센서, 고도각 변환 장치, 방위각 변환장치로 구성된다. 방위각 변환 장치는 광량센서 정보에 의한 제어신호의 모터제어에 따라 방위각 변환 동력을 제공하는 방위각 스텝모터와 기어의 회전운동을 방위각 축 기어에 전달하는 방위각 변환 기어, 방위각 축 기어의 조합으로 구성된다. 고도각 변환 장치는 리니어 액추에이터(Linear Actuator)에 의하여 동작하며, 광량센서 정보에 의한 제어부의 모터제어에 따라 고도각 변환 동력을 제공하는 고도각 롤러 스크루(Roller Screw), 회전운동이 태양의 고도를 추적하도록 수직운동으로 변환해주는 스크루 샤프트(Screw Shaft)의 조합으로 구성된다. 광량센서는 태양의 방위와 고도를 추적하는 핵심요소로서 광량센서 정보에 의하여 방위각 및 고도각 변환모터를 구동하며, 풍력 센서와 습도센서는 각각 안전모드 및 청소모드 전환의 정보를 제공한다.

## 2.2 광량 센서 설계

광량센서는 그림 3과 같이 광량을 전기신호로 변환하는 각각의 광센서가 사분면으로 구성되고 중앙에 도넛 모양의 기구 물을 십자모양으로 배치하여 구성한다. 이러한 구조는 태양의 위치를 손쉽게 파악할 수 있어 태양의 고도각 및 방위각을 이용하는 다양한 분야에 적용할 수 있다.

그림 3에서와 같이 태양의 위치가 광량센서 판넬의 중앙점과 수직관계를 유지하지 못하면 십자모양의 도넛에 의하여 좌측 또는 우측 광센서에 도넛모양의 그림자가 형성된다. 태양의 방위각 추적에는 그림 3에서 광센서(a),(c) 또는 광센서(b),(d)의 쌍에 의

하여 발생하는 전압차를 이용한다. 광센서의 값들을 합한 이유는 보다 많은 전압차를 얻기 위함이며, 태양의 위치가 광량센서 판넬의 중앙점보다 좌측에 위치하고 있으면, 광센서(b)+광센서(d) 전압이 광센서(a)+광센서(c)의 전압보다 작게 되며 기준전압보다 낮은 전압이 발생하게 된다. 이것은 현재 태양의 위치가 광량센서 판넬의 중앙점보다 좌측에 있다고 판단할 수 있는 기준이 되며 광량센서 판넬의 가로축과 태양의 위치가 수직이 되도록 좌측으로 회전 시켜준다. 즉 방위각 추적 광량센서의 동작은 식 (1)의 조건일 경우에는 식 (3)의 조건이 되도록 동향으로 솔라판넬을 회전시켜주고, 식 (2)의 조건일 경우에는 식 (3)의 조건이 되도록 서향으로 회전시켜 방위각을 추적하게 된다.

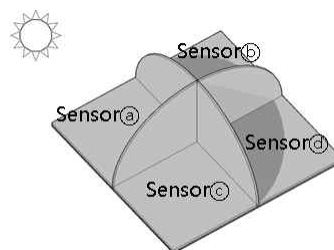


그림 3. 광량센서의 구조  
Fig. 3. The structure of solar sensor

$$(V\_Sensor^a + V\_Sensor^c) > (V\_Sensor^b + V\_Sensor^d) \tag{1}$$

$$(V\_Sensor^b + V\_Sensor^d) > (V\_Sensor^a + V\_Sensor^c) \tag{2}$$

$$(V\_Sensor^a + V\_Sensor^c) < (V\_Sensor^b + V\_Sensor^d) \tag{2}$$

$$(V\_Sensor^b + V\_Sensor^d) < (V\_Sensor^a + V\_Sensor^c) \tag{2}$$

$$(V\_Sensor^a + V\_Sensor^c) = (V\_Sensor^b + V\_Sensor^d) \tag{3}$$

$$(V\_Sensor^b + V\_Sensor^d) = (V\_Sensor^a + V\_Sensor^c) \tag{3}$$

한편 고도각 추적은 방위각 추적과 같은 원리로 동작하며 식 (4)의 조건일 경우에는 식 (6)의 조건이 되도록 수평방향으로 솔라판넬을 회전시켜주고, 식 (5)의 조건일 경우에는 식 (6)의 조건이 되도록 수직방향으로 회전시켜 고도각을 추적하게 된다.

$$(V_{Sensor@} + V_{Sensorb}) > \tag{4}$$

$$(V_{Sensorc} + V_{Sensord})$$

$$(V_{Sensor@} + V_{Sensorb}) < \tag{5}$$

$$(V_{Sensorc} + V_{Sensord})$$

$$(V_{Sensor@} + V_{Sensorb}) = \tag{6}$$

$$(V_{Sensorc} + V_{Sensord})$$

### 2.3 추적 제어 회로

그림 4는 광량센서의 동작회로이며, 그림에서  $V_{out}(t)$  는 아날로그 값으로서 MPU(Main Process Unit)에 의하여 8bit PCM(Pulse Code Modulation)으로 변환된다. 첫 번째 비트인 MSB(Most Significant bit)는 모터의 회전방향을 표현하는 비트로 사용된다. 그림 4의 회로에서 각 4분면에서 감지된 전압량을 증폭하여 방위각과 고도각을 추적하며 아날로그 스위치는 고도각과 방위각에 따라 광센서 4분면을 조합하여 차이를 구할 수 있는 역할을 수행한다. 즉 방위각을 추적할 때에는 아날로그 스위치에 의하여 Input1은  $(Sensorb + Sensord)$  의 전압이 되고, Input2는  $(Sensor@ + Sensorc)$  의 전압이 되어 증폭기로 입력된다. 마찬가지로 고도각을 추적할 때에는 Input1은  $(Sensorc + Sensord)$  의 전압이 되고, Input2는  $(Sensor@ + Sensorb)$  의 전압이 된다. 따라서  $V_{out}(t)$  값은 스위치의 동작에 따른 광센서 조합에 의하여 방위각과 고도각 값으로 구분되며, 방위각은  $VA_{out}(t)$ , 고도각은  $VH_{out}(t)$  값으로 정의된다.  $VA_{out}(t)$ ,  $VH_{out}(t)$  의 아날로그 값은 MPU를 통하여  $PA_{out}(t)$ ,  $PH_{out}(t)$  의 디지털 값으로 변환된다. 동작절차는 방위각을 추적한 다음 고도각을 추적하고  $t$  시간 후에 이를 반복한다.

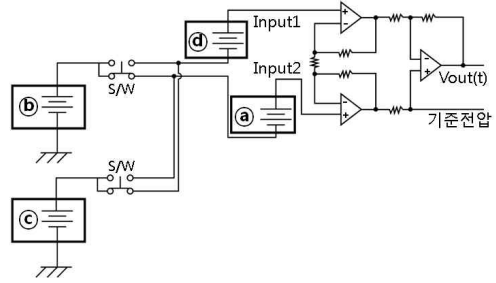


그림 4. 광량센서에서 동작회로  
Fig. 4. The circuit of operation in solar sensor

### 2.4 방위각 동작 절차

방위각 동작 코드는 표 1과 같으며 정동향에서 정서향까지 180° 범위를 7bit 인코딩(126등분)하여 동작하기 때문에 1°/0.7의 분해능을 가지고 있으며 MSB 값이 [0] 일 경우에는 동에서 서향으로 회전(시계방향)하고, [1] 일 경우에는 서에서 동향(반시계방향)으로 회전한다. 모터의 회전 방향은  $V_{out}(t)$  의 값에 따라 결정되고 시계방향일 경우에는 MPU에 의하여  $VA_{out}(t)$  의 MSB가 [0] 으로 결정되며, 반시계방향일 경우에는  $VA_{out}(t)$  의 MSB는 [1] 이 된다. 따라서  $PA_{out}(t)$  는 정동향의 경우에는 [00000001] 값 (0°)이고 정남향의 경우에는 [01000000] 값(90°)이며, 정서향의 경우에는 [11111111] 값 (180°)이 되면서 정동향으로 회전하게 된다.

회전방향은  $PA_{out}(t)$  의 MSB에 의하여 결정되고, 회전량  $W_A$  는 MSB를 제외한 나머지 7bit 값으로 계산하여  $W_A = |PA_{out}(t) - PA_{out}(t-1)|$  의 값으로서 결정된다. 초기 설치 시에는 정동향으로 설치하고  $PA_{out}(t)$  값은 [00000001] 로 설정되며, 태양의 위치가 정동향에서 정남향이 된다고 가정하면,  $PA_{out}(t)$  의 MSB는 [0] 이 되고, 회전량  $W_A = |[01000000] - [00000001]| = 63$ , 즉 서향으로 90°(63/0.7)회전하게 된다. 일몰에는 다음 날 정동향으

로 복귀하기 위하여  $PA_{out}(t)$  의 MSB는 [1] 이 되고, 회전량  $W_A = |PA_{out}(t) - 1|$  된다.

표 1. 방위각 동작 코드  
Table 1. The operation code of azimuth

MSB	6	5	4	3	2	1	0	
0	0	0	0	0	0	0	1	▶ 1: 정동향(0°)
0	1	0	0	0	0	0	0	▶ 64: 정남향(90°)
1	1	1	1	1	1	1	1	▶ 127: 정서향(180°)

## 2.5 고도각 동작 절차

고도각 동작 코드는 표 2와 같으며 지면과 수평인 0°에서 63°범위 내에서 동작하도록 하고, 7bit로 인코딩하였기 때문에 1°/2의 분해능을 가지고 있으며 MSB 값이 [0] 일 경우에는 지면과 수평방향으로(시계방향)회전하고, [1] 일 경우에는 지면과 수직방향(반시계방향)으로 회전한다. 고도각은 일출에 63°에 근접한 값에서 시작하여 정오시간이 되면 0° 방향으로 움직이며, 정오에서 일몰로 진행함에 따라 다시 63°에 근접한 방향으로 움직여 일몰이 되면 동작을 멈추고, 방위각에 따라 동향으로 옮기게 된다. 모터의 회전 방향은  $VH_{out}(t)$  값에 따라 결정되고 시계방향일 경우에는 MPU에 의하여  $PH_{out}(t)$  의 MSB가 [0] 으로 결정되며, 반시계방향일 경우에는  $PH_{out}(t)$  의 MSB는 [1] 이 된다. 따라서  $PH_{out}(t)$  는 지면과 수평인 0°일 경우에는 [00000001] 값이 되고 지면과 45°일 경우에는 [01011011] 값이 되며, 지면과 63°일 경우에는 [11111111] 값이 된다. 회전방향은  $PH_{out}(t)$  의 MSB에 의하여 결정되고, 회전량  $W_H$  는 MSB를 제외한 나머지 7bit 값으로 계산하여  $W_H = |PH_{out}(t) - PH_{out}(t-1)|$  의 값으로서 결정된다. 초기 설치 시에는 지면과 수평으로 설치하

고  $PH_{out}(t)$  값은 [00000001] 로 설정되며, 태양의 고도가 33°(남부지방 평균고도)로 변환된다고 가정하면,  $PH_{out}(t)$  의 MSB는 [1] 이 되고, 회전량  $W_H = |[11000011] - [00000001]| = 66$ , 즉 지면과 수직 방향으로 33°(66/2)회전하게 된다.

표 2. 고도각 동작 코드  
Table 2. The operation code of altitude

MSB	6	5	4	3	2	1	0	
0	0	0	0	0	0	0	1	▶ 1: 수평면과 0°
0	1	0	0	0	0	1	1	▶ 67: 수평면과 33°
1	1	1	1	1	1	1	1	▶ 127: 수평면과 63°

한편 방위각과 고도각 추적이 진행 중 일지라도 강풍이나 폭우가 쏟아질 경우에는 추적을 멈추고 안전모드와 청소모드가 동작하게 된다. 안전모드는 강풍이 불 경우 풍력센서에서 감지하며 강풍을 감지하면  $PS_{out}(t) = 1$ , 강풍이 없을 경우에는  $PS_{out}(t) = 0$  으로 동작한다.  $PS_{out}(t) = 1$  일 경우에는 고도각 회전량  $W_H = |PH_{out}(t-1) - 1|$  로서 지면과 솔라판넬이 수평으로 배치되어 바람의 영향을 최소화하며, 강풍이 해제될 경우에는 이전의 고도각 값으로 복귀된다. 청소모드는 비가 올 경우 솔라판넬의 각도를 최대화하여 빗물흐름을 빠르게 하여 솔라셀 표면을 청소하기 위함이고 눈이 올 경우에는 눈 쌓임을 방지하기 위한 기능이며 습도 센서로부터 눈이나 비를 감지할 경우에는  $PC_{out}(t) = 1$ , 비나 눈이 없는 경우에는  $PC_{out}(t) = 0$  으로 동작한다.  $PC_{out}(t) = 1$  이면, 모든 동작을 멈추고  $PH_{out}(t)$  의 MSB는 [1] 이 되며,  $PH_{out}(t)$  의 값은 [11111111] 로 결정되며 회전량  $W_H = |PH_{out}(t) - PH_{out}(t-1)|$  이 되고 청소모드가 해제될 경우에는 이전 상태로 복귀된다. 각 모드들의 우선순위는 안전모드, 청소모드, 방위각 및 고도각 추적의 순서대로 동작된다.

### 3. 추적 시스템 구현

#### 3.1 시스템 사양

구현된 추적시스템은 실험용 모델로서 솔라판넬 400W 이상에서도 동작하도록 대용량으로 설계되었기 때문에 일반 보안등 규모로 사용할 경우에는 규모를 축소하여 사용할 수 있다. 안전모드는 풍압센서를 장착하여 실험을 진행하였으며 제작 사양은 표 3과 같다.

표 3. 추적장치 제작 사양  
Table 3. The product specification of tracker

Contents		Specification
Peak Capacity		100W
Input Power		AC220V/DC12V
Output Power		DC12V
Azimuth	Drive Type	Worm(Roller)
	Control Angle	0~180°
	Motor	20W/DC12V/1.6A
Altitude	Drive Type	Linear Actuator
	Control Angle	0~63°
	Motor	60W/DC12V/5A
Tracking Method		Solar Sensor+Data
Tracking Accuracy		Within ±1°
Min. for tracking		10,000Lux
Safe Mode(wind)		25m/s
Communication		RS-485, TCP/IP

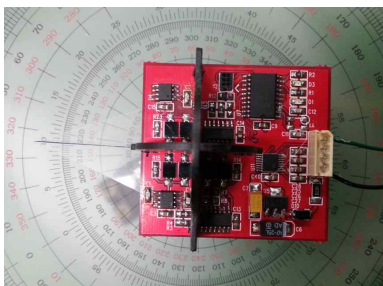


그림 5. 광량 센서  
Fig. 5. The solar sensor

그림 5는 그림 3을 설계하여 구현한 광량센서의 사진이며, 그림 6은 방위각 및 고도각 구동회로와 전체적인 태양광 추적장치를 제어할 수 있는 주 PCB이다. 그림 7에서는 모든 모듈을 장착하여 완성된 태양광 추적 장치를 보여주고 있다.



그림 6. 트래커의 메인 PCB  
Fig. 6. The main PCB of tracker



그림 7. 설치 사진  
Fig. 7. The picture of installation

#### 3.2 성능 분석

성능분석은 앞에서 언급한 바와 같이 독립형 LED 태양광 가로등의 규모 확대에 따른 솔라 판넬의 규모 범위를 추산하기 위한 근거 자료를 얻을 목적으로 본 추적 장치를 개발하였기 때문에 고정형과 추적형에 대한 동일 환경에서 발전 전력량을 비교 평가한다. 성능분석 환경은 동일한 조건에서 방위는 정남향, 고도

는 35°로 설치된 고정형과 본 논문에서 설계한 추적형을 동시에 비교한다. 솔라 모듈은 동일하게 단결정형 145W(개방전압 22V)를 각각 설치하고, 배터리는 200AH를 부하로 연결하며, 발전 및 충전제어기는 자체 개발한 MPPT 제어기(HLC-20120)를 사용한다. 태양광 발전은 부하의 영향을 많이 받기 때문에 부하의 동일한 조건을 만들기 위하여 배터리는 같은 회사의 동일한 모델(ESL200-12)을 사용하며 전자부하기를 이용하여 8A로 8시간동안 동일하게 방전시켜 각각 동일한 조건으로 발전 및 충전실험을 진행한다. 실험기간은 봄철(3.26~4.5)에 실시하였으며, 측정 주기는 오전 6시 30분부터 오후 6시 30분까지 5초 간격으로 자동 측정하여 데이터를 수집하였다. 측정 기간 중 비슷한 일기조건은 제외하고 서로 다른 5일의 측정 데이터를 표 4에서 보여주고 있다. 표 4에서 누적 전류는 솔라 모듈에서 발전한 전력이 충전제어기를 통하여 배터리로 충전된 전류를 5초의 주기로 측정한 전류의 누적 값이며, 기상조건은 기상청의 자료를 이용하였다. 평균 운량은 최저 0에서 최고 10의 값으로서 하루 평균 구름의 량을 표현하고, 발전효율은 고정형 대비 추적형의 발전 개선 효율 즉,  $\{추적형\text{ 누적전류} - \text{고정형 누적전류}\} / \text{고정형 누적전류} \times 100$ 을 의미한다. 아래의 그림에서 각 날짜별 발전 현황을 시간대별로 보여주고 있다.

태양광 발전은 표 4와 그래프에서 보듯이 일기조건과 밀접한 관계가 있다. 일기조건 중에서도 가장 밀접하게 관계가 있는 것은 운량과 일조시간이며 각각 서로 다른 운량에 따라 발전 추이를 표현한 그래프를 그림 9에서 그림 13까지 보여주고 있다. 표 4에서 전체적인 고정형 대비 추적형의 발전 효율은 평균 28.84% 향상을 보였으며 가장 효율이 좋은 날은 평균운량 9.6에 강수량이 2.5mm인 그림 12로서 47.56%의 향상을 보이고 있다. 따라서 구름사이로 태양이 떠있는 일기가 불순한 시간대에 좋은 개선 효과가 있음을 알 수 있다. 이는 일일 발전량을 보면 미비하지만 고정형 대비 좋은 개선효과를 보여주고 있으며, 전체 발전량과 효율을 고려할 경우에는 추적형의 최대 장점으로서 운량 2.4이고 발전효율이 30.39%인 그림 10에 해당된다.

표 4. 고정형과 추적형 측정 데이터

Table 4. The measurement results of fixed&traced

구분 \ 측정일		3.28	3.29	3.30	4.2	4.3
기상조건 (기상청)	최저기온(℃)	1.1	2.9	1.0	5.3	4.8
	최고기온(℃)	17.7	13.8	12.7	11.1	17.4
	평균기온(℃)	8.8	7.6	6.8	7.0	12.8
	평균운량	4.0	2.4	8.0	9.6	5.0
	강수량(mm)	-	-	-	2.5	-
	일조시간(H)	9.3	10.7	9.7	0.3	10.2
	일사량(MJ/m <sup>2</sup> )	16.6	19.51	16.04	2.52	21.17
고정누적전류(A)	32,766	38,828	15,891	4,793	36,219	
추적누적전류(A)	40,480	50,627	19,331	7,073	43,846	
발전효율(%)	23.54	30.39	21.65	47.56	21.06	

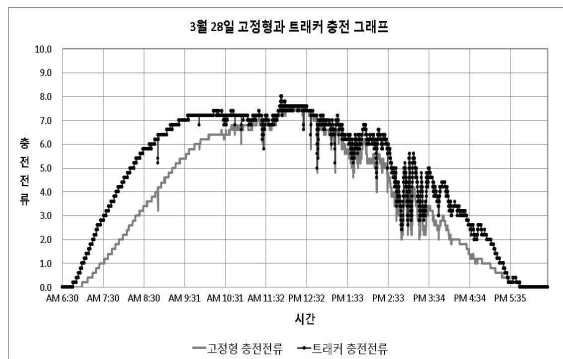


그림 8. 고정형과 추적형 충전 그래프(3/28)

Fig. 8. The charging graph of fixed&traced(3/28)

대기 온도의 영향은 솔라판넬의 표면온도가 낮을수록 유리하지만, 같은 계절 내에서는 큰 영향이 없으므로 판단되며, 전체적인 발전 추이는 그림 9와 그림 10과 같이 평균운량이 비교적 적은 날의 정오를 제외한 오전과 오후시간대에 추적형과 고정형의 그래프 차이가 많아 추적형의 발전효율이 우수함을 보여주고 있다. 정오 무렵에는 근소한 차이로 추적형이 우수한 결과를 보여주고 있는데 이는 고도각의 영향으로 판단된다.

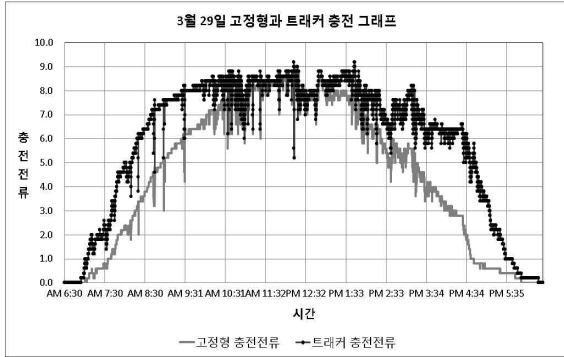


그림 9. 고정형과 추적형 충전 그래프(3/29)  
Fig. 9. The charging graph of fixed&traced(3/29)

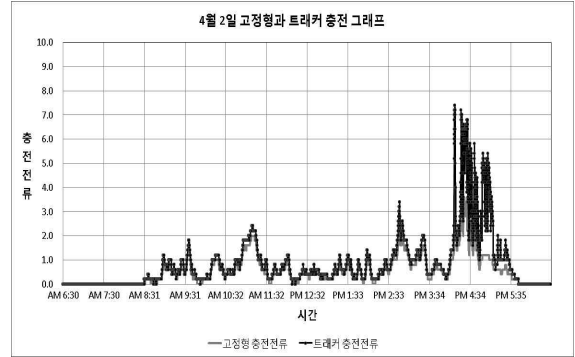


그림 11. 고정형과 추적형 충전 그래프(4/2)  
Fig. 11. The charging graph of fixed&traced(4/2)

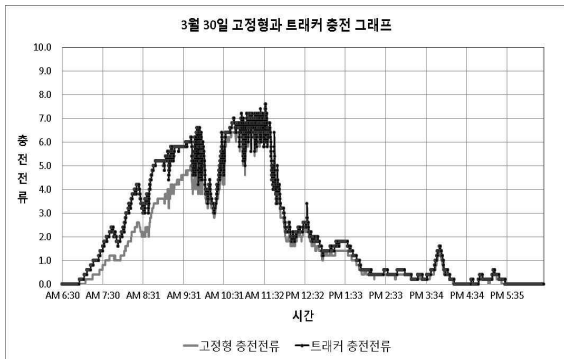


그림 10. 고정형과 추적형 충전 그래프(3/30)  
Fig. 10. The charging graph of fixed&traced(3/30)

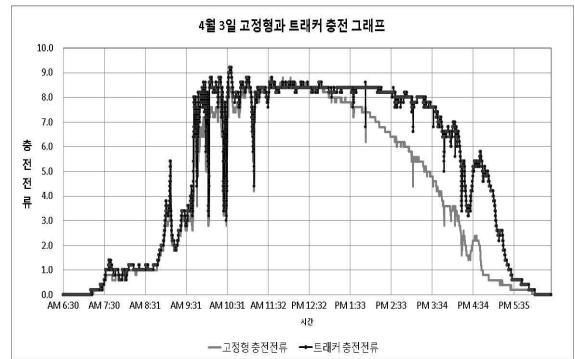


그림 12. 고정형과 추적형 충전 그래프(4/3)  
Fig. 12. The charging graph of fixed&traced(4/3)

#### 4. 결 론

본 논문에서 태양광을 이용한 독립형 LED 조명시스템에 적용할 태양광 추적 장치를 구현하고, 고정형 대비 발전효율의 성능을 분석하였다. 태양광 추적 장치는 지상에 시설되어 있는 태양광 발전시설에 일부 적용하여 사용하고 있지만, 가로등 시스템에는 아직까지 적용이 미비한 실정이다. 이는 태양광 발전시설보다 가로등 시스템에서는 더욱더 강풍에 대한 신뢰성과 유지보수의 편리성을 요구하고 있기 때문이다. 이를 위하여 본 논문에서는 방위각과 고도각을 동시에 추적하고 강풍에 적용할 수 있는 안전모드 기능과 청소모드 기능을 부가한 추적 장치를 개발하였다. 또한 지금까지 LED 조명 70W 이상으로 설치할 경우 태양

광 패널의 규모 확대가 걸림돌로 작용하였으나 날씨별 추적 장치의 발전효율을 정확히 분석하여 향후 독립형 LED 가로등의 솔라 모듈을 설계하는데 큰 도움이 될 것으로 판단된다. 대체적으로 고정형 대비 추적형의 발전 개선효율이 25% 이상이고, 여기에 MPPT 기술을 적용하면 35% 이상의 개선 효과가 있기 때문에 현재 고정형의 솔라 모듈 규모를 1/3 이상 줄일 수 있고, 현재 고정형의 LED 조명 70W급의 솔라 모듈 용량을 가지고 LED 조명 100W 이상으로 설계가 가능함을 알 수 있다. 앞으로 제품의 최적화에 필요한 추적 구동전력과 발전전력의 상관관계를 위하여 가장 적절한 추적 주기 및 주기당 변환 각도량이 분석되어야 하며, 계절과 지역에 따른 방위각 및 고도각 변환에 따른 발전전력 효율 개선도 각각 분석되어야 할 것이다.



### 감사의 글

“이 논문은 2011년도 원광보건대학 교내 연구비 지원에 의해 수행되었음.”

### References

- [1] Byun-Gon Kim, Ok-Jae Lee, “A design of LED lighting controller for use of solar battery”, Journal of KIIE, Vol. 25, No. 6, June 2011.
- [2] Jae-Cheol Cho, Jin Lee, “A study on the manufacture of single axis tracking solar power generation system for BIPV”, Trans. KIEE. Vol. 61, No. 2, Feb. 2012.
- [3] Jeong-Sik Choi, Jae-Sub Ko, and Dong-Hwa Chung, “Development of a novel tracking system for photovoltaic efficiency in low level radiation”, Journal of Power Electronics, Vol. 10, No. 4, July 2010.
- [4] Siamak Mehrnami, Shahrokh Farangi, “Inovative Decision Reference based Algorithm for photovoltaic Maximum Power Point Tracking”, Journal of Power Electronics, Vol. 10, No. 5, September 2010.
- [5] Emad M. Ahmed, Mashhito Shoyama, “Scaling Factor Design Based Variable Step Size Incremental Resistance Maximum Power point Tracking for PV Systems, Journal of Power Electronics, Vol. 12, No. 1, January 2012.
- [6] Yong-Sik Lee, Nam-In Kim, Sung-Won Kim, and Jae-Hyeon Gim, “Comparison of MPPT control method characteristic for stand-alone PV system”, Trans. KIEE. Vol. 61, No. 1, Jan. 2012.

### ◆ 저자소개 ◆



#### 이옥재 (李沃宰)

1961년 2월 20일생. 1986년 2월 전북대학교 전자공학과 졸업. 1994년 8월 동대학원 전자공학과 졸업(석사). 1998년 2월 동 대학원 전자공학과 졸업(박사). 현재 원광보건대학 영상컨텐츠과 교수.