
FPGA를 이용한 양방향 및 혼합식 태양 추적을 이용한 태양광발전 시스템

안준영* · 전준영* · 유운섭*

*한경대학교 전기전자제어공학과

Bi-directional hybrid solar tracking system using FPGA

Jun-yeong Ahn*, Jun-young Jeon*, and Yun Seop Yu*

*Hankyong National University

E-mail : rudejr4614@gmail.com

요 약

본 논문은 FPGA를 이용해서 태양을 추적하는 시스템에 대해서 소개한다. 센서를 이용한 추적방법과 태양의 고도를 프로그래밍하여 추적하는 방법을 혼합한 방식인 혼합식 태양 추적 방식을 이용한다. 본 논문에서의 센서는 이미지센서, 광센서를 사용하고 시간에 따라 태양의 고도를 프로그래밍하고 동작 시간은 컴퓨터에서 하이퍼터미널을 통한 무선통신을 통해서 수신한다. 비교적 개발비용이 저렴하고 업데이트 가능한 FPGA를 사용하고, 양방향 추적식 및 혼합추적법을 사용하여 최대한의 에너지 발전효율을 갖는 태양추적시스템을 제안한다.

ABSTRACT

In this abstract, the FPGA system using solar tracking is introduced. Solar tracking system combined with sensor tracking and solar altitude programming is utilized. The sensor tracking system consists of image sensor, light sensor, and the programs for sun altitude received by the computer. The sun altitude is received from the national weather database by wireless communication. The goal is to have maximum energy generation efficiency using bi-directional tracking and mixed tracking with FPGAs that are relatively inexpensive in terms of developing and programming the system.

키워드

FPGA, 태양 추적, 태양광 발전, Verilog HDL

1. 서 론

최근에 재생 불가능한 에너지 자원의 고갈 및 사용에 따른 환경적 문제가 발생되어, 신재생에너지가 최근 떠오르고 있다. 그림 1에서 보여진 것처럼 태양광 발전은 그 중에서도 가장 각광받는 에너지이다[1]. 태양광 발전에는 추적 방향에 따라 3가지로 나뉜다[2]. 첫 번째로 한 곳만 바라보는 고정형과 두 번째로 한 축에 대하여 움직이는 단방향과 마지막으로 두 축에 대하여 움직이는

양방향의 있다. 태양 추적법의 종류 또한 3가지가 있다. 첫 번째로 센서를 이용한 감지식 추적법이고 두 번째로 태양의 고도를 프로그래밍한 프로그램 추적법이고 마지막으로 감지식 추적법과 프로그램 추적법을 혼합한 혼합 추적법이 있다. 본 논문에서는 최대 생산 효율을 만들기 위하여 추적 방향은 양방향을 사용하고 추적법은 혼합 추적법에 대해서 연구한다.

II. 본론

| 세계 태양광시장 현황 및 전망

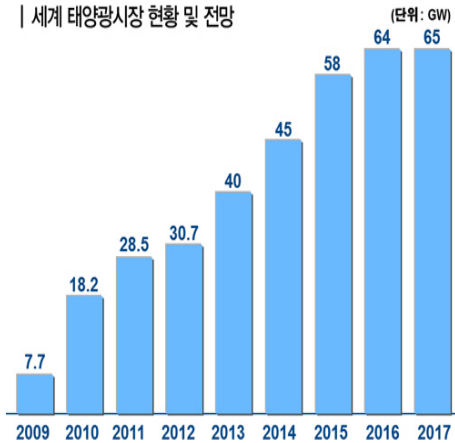


그림 1. 세계 태양광 시장 현황 및 전망^[1]

이 시스템에 사용되는 장비는 그림 2 - 6과 같다. 태양 추적 시스템을 제어할 FPGA Board인 DE1-SoC, DE1-SoC 안에 있는 ADC Converter인 AD7928, 빛의 세기를 아날로그 출력으로 내보내는 광센서인 NS-PBSM, PC와 통신하기 위한 PL2303, 무선통신에 필요한 XBee Pro S1, 영상을 촬영할 카메라인 D5M, 태양광 발전을 하기 위한 태양광 전지판, 태양광 전지판을 움직이는 모터인 RX-28이 있다.

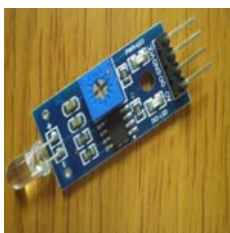


그림 2. 광센서(NS-PBSM)



그림 3. PL2303



그림 4. XBee



그림 5. D5M Camera



그림 6. 모터(RX-28)

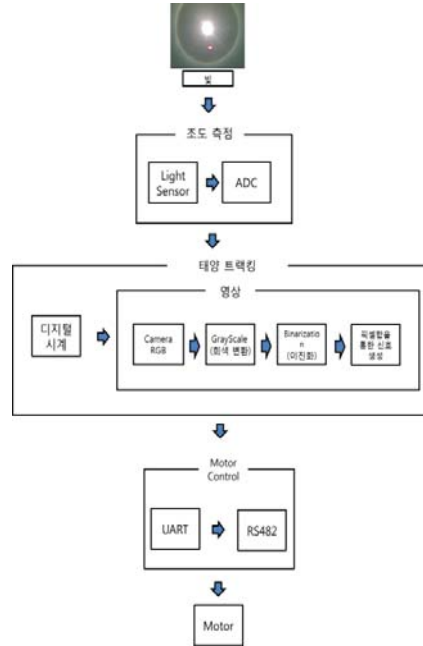


그림 7. 하드웨어 및 알고리즘 순서도

본문의 구성은 다음과 같다. 먼저 1) 태양광 트래킹 알고리즘, 2) 조도측정에서 빛의 세기를 분류하기 위한 ADC Interface를 설명하고, 3) 디지털 시계에서 Hyper terminal을 이용해 PC에서 신호를 받는 방법을 설명할 것이며, 4) 영상에서 카메라를 이용해 태양을 트래킹하는 방법을 설명할 것이다. 마지막으로 5) 모터 제어에서 모터를 제어하는 방법을 설명한다.

1) 트래킹 알고리즘

본 태양광 트래킹 시스템의 순서도는 그림 2와 같다. ADC 인터페이스를 사용하는 Light Sensor를 이용하여 조도를 측정하고 트래킹의 효율을 낼 수 있는 조도 미만이면 비교적 짧은 주기를 갖고 반복한다. 반대로 효율을 낼 수 있는 조도 이상이면 시간에 따른 태양의 고도를 통하여 대략적으로 태양 추적 후 카메라를 이용하여 정확한 추적을 한다. 위에서 시간 값은 컴퓨터와의 하이퍼 터미널을 사용한 UART 무선통신으로 메인 컨트롤러인 FPGA로 보내진다. 이 무선통신은 컴퓨터로부터 실시간 시간값을 받을 수 있게 해준다. 다음으로 카메라 추적은 회색변환, 이진화, 프

레이당 픽셀합에 의한 모터 이동 신호를 생성한다. 이 모터 제어 신호를 사용하여 FPGA와 모터는 RS482통신으로 모터를 제어한다.

2) 조도측정

조도측정은 추적의 효율을 낼 수 있는 임계 조도값에 따른 동작을 결정하기 위해 사용되고 이 알고리즘은 다음과 같다. 광센서는 빛의 세기에 따라 아날로그 출력을 내는데, 그 출력을 ADC Interface를 이용해 디지털 신호로 바꾸어 빛의 세기를 디지털로 변환한다. 변환 후, 디지털 신호가 효율적으로 발전할 수 있는 빛의 세기 이상이 되면, 발전하기 위해 태양을 추적한다.

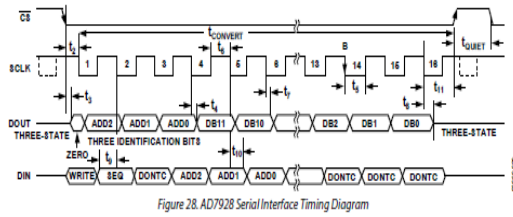


그림 8. ADC 타이밍도

그림 8에 AD7928의 타이밍도를 보면, AD7928은 CS의 하강 엣지가 들어오면 신호를 샘플링하고, 12비트의 DIN의 신호에 의해 제어가 되며, DOUT으로 아날로그 입력을 디지털 신호로 변환한 출력을 내보낸다.

3) 디지털 시계

디지털 시계는 PC에서 FPGA Board로 실시간으로 시간을 송신하기 위해 사용된다. 여기서 사용되는 소프트웨어인 Hyper terminal은 UART의 형식으로 통신하며, PL2303을 통해 송신한 데이터는 XBee를 통해 무선 통신을 한다. PC에서는 시간 데이터를 FPGA Board로 송신하며, 송신된 데이터를 수신한 FPGA Board는 시간에 따른 태양의 고도로 모터를 제어한다.

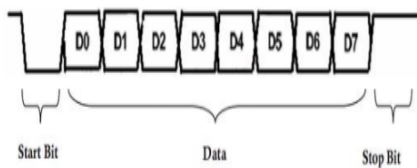


그림 9. UART 통신

4) 영상

영상은 시계로 추적한 태양을 좀 더 정확하게 측정하기 위해 사용된다. 여기서는 카메라가 하늘을 바라보았을 때 태양이 가장 밝다는 전제하에 이루어진다. 영상처리는 실시간으로 들어오는 RGB 데이터를 회색변환 후 이진화를 해준다. 그리고 화면을 가로*세로 5*5로 나누어 모터신호인

Up, Down, Left, Right 신호를 생성한다. 그리고 최종적으로 13번 위치로 이동시킨다.

5) 모터 제어

모터 제어는 태양을 양방향으로 추적하는 역할을 한다. 모터제어는 RS482통신 형식을 따른다. 메인 컨트롤러인 FPGA는 모터에 Instruction Packet을 송신하고 Status Packet을 수신한다. 총 3가지의 순서를 갖는다. 처음에 현재 위치값 요청을 송신하고 모터의 현재 위치값을 받아 최종적

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |



그림 10. 영상처리 알고리즘 및 실행

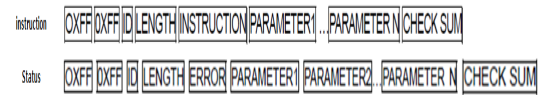
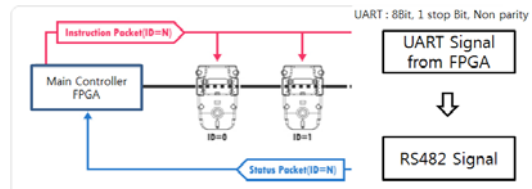


그림 11. 모터 제어^[3]

으로 목표 위치값을 송신하여 모터를 위치시키게 된다.

III. 결과

고정형 태양광 발전판의 고정각을 태양의 고도가 여름과 겨울 중간에 오는 가을의 고도가 가장 높았을 때로 위치시켰을 때, 여름날 방위각에 대한 태양광 손실율은 표2와 같이 평균 69%가 나오고, 고도에 대한 태양광 손실율은 표1과 같이 평균 9.7%가 나온다.[4] 만약 고정형 태양광 발전을 하게 되면 이 둘을 모두 고려하게 되면 71%가 나온다. 만약 단방향 태양광 발전을 하게 된다면 고도에 대한 손실율만을 고려해서 최종 손실율은 9.7%가 된다. 그리고 마지막으로 양방향 태양광 발전을 하게 된다면 이 손실율도 없어지게 된다. 따라서 본 논문에서의 추적시스템은 최종 손실율 9.7%범위 내로 이루어져 하루 동안 최대의 효율로 태양광 발전을 할 수 있을 것이다.

표 1. 태양과 태양광판 사이의 각도(고도)

| 시각 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 평균 |
|--------|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| 손실율(%) | 28 | 15 | 6 | 2.1 | 0.2 | 0 | 9.7 |
| 시각 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | |
| 손실율(%) | 0 | 0.5 | 0.9 | 8.6 | 19 | 33 | |

표 2. 태양과 태양광판 사이의 각도(방위각)

| | | | | | | | |
|--------|-----|-----|----|----|-----|-----|----|
| 시각 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 평균 |
| 손실율(%) | 100 | 100 | 84 | 67 | 42 | 9.3 | 69 |
| 시각 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | |
| 손실율(%) | 7.9 | 48 | 77 | 98 | 100 | 100 | |

IV. 결 론

본 요약에서는 카메라와 광센서, 모터, XBee를 사용하여 양방향, 혼합형 태양추적을 하였다. 이 시스템은 태양광발전의 효율성 증가 및 FPGA의 저렴함과 프로그래밍가능하다는 점을 통하여 추적식 태양광발전의 유지비 및 설치비의 절감을 가져올 수 있을 것으로 생각되며, 가정용 소량 태양광 발전부터 대규모 태양광 발전소까지 널리 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] 안희민. (2016). “태양광발전 삼국지 견고. 한국 도전 결과는 에너지경제”,
<http://www.ekn.kr/news/article.html?no=226670>. (2017-9-21 방문)
- [2] 이기복. (2014). “태양광발전시스템종류(고정형, 가변형, 추적식/BIPV)”,
<http://energy8900.blog.me/220068920651>
 (2017-9-28 방문)
- [3] ROBOTIS. (2014). “ROBOTIS e-Manual v1.28.00”,
http://support.robotis.com/ko/e-manual_kor.htm#product/dynamixel/communication/dxl_instruction.htm. (2017-9-21 방문)
- [4] 한국천문연구원. (2017). “태양 고도/방위각 계산”,
https://astro.kasi.re.kr:444/life/pageView/10?useElevation=1&output_range=1&date=2017-07-19&hour=&minute=&second=&address=%EA%B2%BD%EA%B8%B0+%EC%95%88%EC%84%B1%EC%8B%9C+%EB%8C%80+ED%95%99%EB%A1%9C+12 (2017-9-28 방문)