

가치 공학을 통한 태양광 모듈 개별 고장진단 시스템 개발

주연신¹, 유호영², 신우철³, 김기일^{1,*}

¹충남대학교 컴퓨터공학과, ²충남대학교 전자공학과, ³동역엔지니어

wustls14@cnu.ac.kr, hyyoo@cnu.ac.kr, shwoch@gmail.com, *kikim@cnu.ac.kr

Development of Diagnostic System for Individual Photovoltaic Modules through Value Engineering

Yeon Shin Joo¹, Ho Young Yoo², Woo Cheol Shin³, Ki-Il Kim^{1,*}

Chungnam National Univ., Dongyeok Engineer Corp.

요 약

본 논문에서는 개별 모듈 단위로 발전 상태를 모니터링하고 고장 발생 시 고장 모듈의 위치를 신속정확하게 파악하기 위하여 새로운 태양광 모듈 고장진단 시스템 개발하였다. 특히, 가치 공학적 측면에서 효과를 높이고자 무선통신, I2C프로토콜, 클라우드 서버 활용 기술들을 시스템에 도입하는 동시에 라즈베리파이와 같은 상용 모듈을 활용하여 개발하고 성능을 검증하였다. 성능 검증 결과 발전 전압 측정 범위 및 정확도 등을 포함한 다양한 파라미터에 대하여 제안된 시스템이 태양광 모듈 개별 고장진단에 유용하게 적용될 수 있음을 증명하였다.

I. 서 론

지구 온난화 문제의 주요 원인인 이산화탄소 배출을 줄이기 위해 신재생에너지에 대한 중요성이 계속 부각되고 있다.[1] 그 중에서 태양광 발전은 설치량이 지속적으로 증가하고 있으며 2020년 전 세계 태양광 설치량은 2019년 대비 22% 증가한 144GW를 기록하였다.[2] 이러한 상황에 맞추어 최근 태양광 산업은 신규 설치 보급에 급급했던 과거와 달리 유지관리를 통한 효율 향상과 손실 절감을 위한 노력에 분주하고 있다.[3]

이러한 개발 동향에 맞추어서 본 논문에서는 태양광 모듈 고장진단 시스템을 개발함으로써 태양광 발전 시스템의 발전 상태를 모듈 단위로 모니터링 하고자 한다. 고장이 발생한 모듈 위치를 정확하게 파악하고 이를 휴대용 단말기 어플리케이션을 통해 실시간 관리자에게 알려줌으로써 즉각적으로 대응하고 발전 손실을 최소화할 수 있다. 손실 최소화를 위하여 가치 공학적 접근방법이 사용되었으며 시스템 구현을 위하여 무선통신, I2C프로토콜, 클라우드 서버 활용 기술을 도입하였다. 또한, 시스템 개발을 위하여 라즈베리파이와 같은 상용 부품을 활용하였으며 발전 모니터링 기본 성능을 테스트하여 제안된 방법을 검증하였다.

II. 태양광 모듈 개별 고장진단 시스템 개발 및 검증

1. 전체 시스템 구성

본 논문에서는 개발하고자 하는 시스템은 태양광 모듈마다 전압 및 전류, 온도에 대한 측정 데이터를 획득하고 무선 통신을 이용하여 휴대용 단말기로 전송을 목표로 한다. [그림 1]에서 볼 수 있듯이 태양광 모듈 개별 고장진단 시스템은 센싱 노드, 통신 노드, 클라우드 서버, 모바일 어플리케이션으로 구성된다. 센싱 노드에서는 태양광 모듈의 전압 및 전류, 온도를 측정하고 I²C통신으로 그 값을 받으며 통신 노드에서는 센싱 노드에서 측정한 데이터를 블루투스 통신으로 받아 데이터와 모듈 정보를 클라우드 서버로 전달한다. 클라우드 서버에서는 전달받은 데이터를 데이터베이스에 저장 및 고장진단 프로세스를 수행하고, 모바일 어플리케이션으로 전달함으로써 사용자가 모듈의 정보와 센서 값을 확인가능하다.

2. 센싱 노드

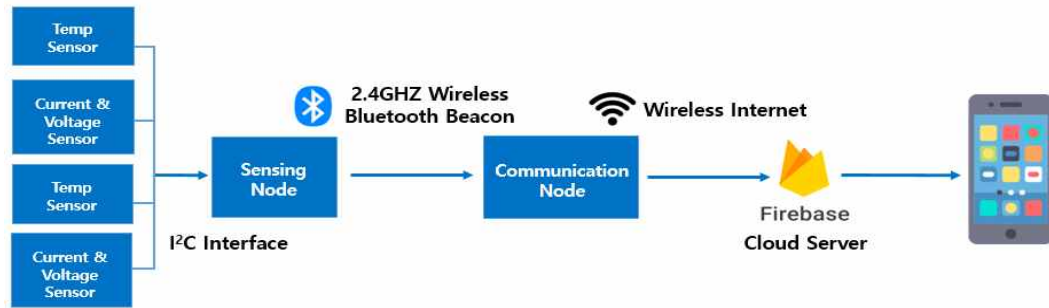
모듈의 센서 측정값을 받는 센싱 노드로 Raspberry Pi Zero WH를 사용하였다. 태양광 모듈의 온도측정에는 [표 1]의 LM75A 센서를 사용하였고 전압 및 전류 측정에는 INA226 센서를 사용하였다. Raspberry Pi Zero WH의 I²C 전용 핀들을 이용하여 센서를 연결하고 레지스터 값을 읽어 데이터를 측정하고 이를 Bluetooth 패킷에 실어 통신 노드에 전송하였다. 전압 및 전류 센서는 자체 설정으로 17가지의 다른 주소 값을 가질 수 있으며 온도 센서 역시 자체 설정으로 8가지의 다른 주소 값을 가질 수 있다. 겹치는 주소 값을 제외하면 16가지의 다른 주소 값이 사용 가능하며 하나의 보드에서는 시리얼 통신으로 다수의 센서 데이터를 획득할 수 있다. 이를 통해 하나의 센싱 노드로 다수의 태양광 모듈의 모니터링이 가능하다.

3. 통신 노드

센싱 노드에서 수집한 데이터를 클라우드 서버로 전달하는 통신 노드로는 Raspberry Pi 3b+를 사용하였다. 통신 노드에서는 센싱 노드에서 Bluetooth 통신으로 전달 받은 데이터를 확인하기 위하여 Python을 기반으로 한 패킷 스캐너를 개발하였다. 실제 구현을 위하여 태양광 모듈의 센서 정보를 클래스의 인스턴스로 취급하고 이에 대한 가공 및 전송은 센서 정보 클래스의 메소드로 수행하여 복수의 센싱 노드에 대한 관리를 쉽게 처리하도록 하였다. 또한 WiFi통신을 통해 클라우드 서버로 데이터를 업로드가 가능하다.

4. 클라우드 서버

통신 노드의 데이터를 받아 사용자 어플리케이션에서 데이터를 전송하기 위해 구글 사의 Firebase를 사용하였다. Firebase에서 제공하는 서비스 중에 '인증'을 이용해 각 태양광 발전 시설 접근을 구별하고, 통신 노드에서 데이터를 '실시간 데이터베이스'에 전달하도록 하였다. 'Cloud Function'에서는 실시간으로 전송된 센서의 데이터를 바탕으로 태양광발전 모듈의 오류를 판단하며 오류 발생시 '클라우드 메세징'의 기능을 이용



[그림 1] 진단시스템 구성방법

하여 사용자에게 실시간으로 알람을 제공한다.

5. 모바일 어플리케이션

모바일 어플리케이션은 태양광 발전시설에 따라 데이터베이스를 나누고 등록된 사용자마다 각각 접근이 가능하도록 하였다. 각 사용자에게 등록된 태양광 발전시설에서 모든 개별 태양광 모듈의 전압 및 전류, 온도 정보를 모니터링 하는 동시에 태양광 발전 시설의 모듈 상태를 정상 혹은 고장으로 분류한다. 등록된 태양광 모듈에 고장이 발생했을 때에는 실시간으로 휴대용 단말기에 알람을 주어, 사용자가 해당 모듈에 즉각 대응할 수 있도록 한다.

[표 1] 구성요소들 명세

종류	센서 사양		사진
온도 센서	모델명	LM75A	
	인터페이스	I ² C	
	검출 범위	-25 - 125℃	
전압 및 전류 센서	모델명	INA226	
	인터페이스	I ² C	
	검출 전압 범위	0 - 40V	
	검출 전류 범위	0 - 20A	

6. 동작 검증

개발한 태양광 발전시설 고장 진단 시스템이 발전 상태 고장 진단에 적합한지를 확인하기 위해서 테스트 한 결과는 [표 2]와 같다. 본 시스템에 사용된 태양광 발전 모듈은 최대 발전 전압이 40V이며 오차는 0.1V 이하인 것으로 확인하였다. 또한 날씨 변화를 고려하여 영하 20도에서 영상 80도의 온도 변화에 따른 측정값의 변화를 보았을 때 오차는 0.25V 이하이다. 본 시스템의 평균 소비전력은 0.6W 이하로 발전 모듈 전력량이 250W 이므로 소비 전력은 적은 것으로 판단된다. 센싱 노드는 통신 노드의 반경 100M 이내에서 무선 통신이 가능하다는 것을 확인하였다. 또한 모듈의 상태를 측정하고 판단하는 반복 테스트를 100회 시행한 결과 판단 오류가 발생하지 않았다. 이 결과를 통해서 구축한 시스템이 정상적으로 작동하는 것을 확인할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 태양광발전을 모듈 단위로 모니터링 할 수 있도록 하고 사용자에게 어플리케이션을 통해 알려주어 고장이 발생한 위치를 신속히 파악하고 대처할 수 있는 태양광 발전시설 고장 진단 시스템을 개발하였다. 가치 공학적 접근방법의 통하여 가치를 높이고자 기존 기술을 최대한 활용하였다. 개발된 시스템의 동작에 따른 유효성을 검증하였으며 그 결

과 진단시스템으로 활용이 가능함을 입증하였다. 제안된 시스템은 설치 비용을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 높은 확장성을 통하여 시스템 구축 및 유지관리 비용을 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

[표 2] 개발시스템의 동작에 따른 값

성능 항목	내용	결과
전압 측정 범위	태양광 발전 전압 측정 범위	2V ~ 40V (오차 0.1V 이하)
동작 온도	주변 환경 온도 변화에 의한 측정값 변화	-20℃ ~ 80℃ (오차 0.25V 이하)
소비 전력	본 시스템 구동 시 소비 전력	0.6W 이하
무선통신 거리	센싱 노드와 통신 노드 사이 무선 통신 거리	최대 100m
측정/판단 반복성 테스트	100회 반복	판단 오류 미발생

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 중소기업벤처부 창업성장 기술개발사업 “태양광발전용 분산형 무선감지시스템” 과제 사업으로 수행된 결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] Jeong Heon, "Method for Implementing Maintenance System of Small-scale Photovoltaic Power Generation through Module Unit Monitoring," The Journal of Korean Institute of Next Generation Computing, Vol.16, No. 3, pp. 27-34,
- [2] Jongsung Park, Changheon Kim, Jiwon Lee, Jihyun Kim, Sanghyuk Yoo, Bum Seung Yang, "Development of Wireless IoT Sensors for Individual Photovoltaic Module Monitoring," Current Photovoltaic Research, Vol. 9, No. 3, pp. 106-109, Sep. 2021.
- [3] Jae-Gu Bin, Feel-soon Kang, Cheul-U Kim, "Monitoring and Control System for Efficient Operating and Management of Photovoltaic Power Generation System," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 11, No. 3, pp. 532-539, Mar. 2007.