

태양광발전소 운영유지보수를 위한 이기종 장비 지원 모니터링 시스템

임수창[†], 홍석훈^{**}, 박철영^{***}, 조현욱^{****}, 송법성^{*****}, 김종찬^{*****}

Heterogeneous Equipment Support Monitoring System for Operation and Maintenance of Solar power plant

Su-Chang Lim[†], Seok-Hoon Hong^{**}, Chul-Young Park^{***}, Hyun-Wook Cho^{****},
Beob-Seong Song^{*****}, Jong-Chan Kim^{*****}

ABSTRACT

The number of the PV systems installed in south korea has been gradually increasing. Interest of operation & management of PV System is rising up as PV System installation trends to increase. The vital function of operation & management is the monitoring system. Most monitoring systems are only available for equipment of suppliers and manufacturers. In this study, a monitoring system was implemented to support multi-domain equipment (inverter, junction box, water distribution board, environmental sensors) that are not limited to specific manufacturers. Monitoring system includes a visualization function, which makes it easy for users to check the power generation and the operation status of the equipment of PV System. In the future, this monitoring system will be utilized as an operation & maintenance foundation element in the PV system industry.

Key words: Photovoltaic, Solar Power, Monitoring System, Operation & maintenance, Renewable Energy

1. 서 론

최근 전 세계적으로 기후변화 대응과 온실가스 배출감소를 위해 석탄연료 사용을 지양하는 저탄소 녹색성장 인프라 구축을 추진하고 있다[1-2]. 대표적으로 신재생에너지 사용을 통해 온실가스를 줄이려는 행보를 보이고 있다[3]. 국내외에서 신재생에너지 발

전이 주목받고 있으며, 특히 태양광 산업은 신재생에너지의 한 축으로 성장하며 최근 10년간 태양광발전소가 증가하는 추세이다[4]. 2019년 기준으로 전 세계 태양광 설치량은 약 115GW에 달하고 있고, 2018년 대비 8.3%가 성장하였다. 국내의 경우, 신재생에너지의무사용(RPS, Renewable Portfolio Standard) 및 재생에너지 3020 등 정부의 보급 및 확대 노력과

※ Corresponding Author: Jong Chan Kim, Address: (57922) Jungang-ro 255, Suncheon-city, Jeollanam do, Korea, TEL : +82-61-750-3620, FAX : +82-61-750-3620, E-mail : seaghost@sunchon.ac.kr

Receipt date : Jul. 24, 2020, Approval date : Aug. 4, 2020

[†] R&D Center, TEF Co., ltd.

(E-mail : suchangLim@sunchon.ac.kr)

^{**} R&D Center, TEF Co., ltd.

(E-mail : seokhoon79@naver.com)

^{***} R&D Center, TEF Co., ltd.

(E-mail : naksu21@sunchon.ac.kr)

^{****} R&D Center, TEF Co., ltd.

(E-mail : wook0687@naver.com)

^{*****} iumict Co., ltd. (E-mail : iumict.co.ltd@gmail.com)

^{*****} Dept. of Computer Engineering, Suncheon National University

※ The research was supported by "Construction Project of New Energy Industry Software Convergence Cluster", through the Ministry of Science and ICT (S0173-16-1002).

건물의 옥상, 주차장 등의 유휴부지(Unused Site)에 PV System 설치를 우선사항으로 하는 정책에 힘입어 태양광 산업 역시 꾸준한 성장세를 보이고 있다. 2020년 1분기 설치량은 1.16GW를 기록하여 전년 동기 대비 89%가 증가하여 보급 확산량이 지속되고 있다[5].

태양광발전소 운영 및 유지보수(O&M: Operation and Maintenance)에 관한 관심이 증가하고 있으며, 데이터 분석 기법을 적용한 발전량 예측[6-8]이나 인버터 효율 분석[9-13]과 같은 운영유지보수 측면의 새로운 분석 기법을 적용한 다양한 연구가 진행되고 있다. 운영 및 유지보수 측면에서 가장 중요한 사항은 PV System의 발전 정보(DC 및 AC 발전량, 누적발전량)와 설비의 작동 상태 정보를 실시간으로 취득해야하는 것이다. PV System의 정보를 실시간으로 수집하지 못할 경우, 시설에 즉각적인 대응할 수 없어 발전량 저해로 인한 경제적 손실을 야기한다. 이러한 흐름에 따라, 운영자가 손쉽게 발전소 현황을 파악하는데 도움을 주기위한 태양광 모니터링 시스템이 개발되어 사용자들에게 제공되고 있다. 하지만 대부분의 모니터링 시스템은 공급 업체 및 제조업체의 장비에만 사용 가능한 제약사항이 존재한다.

본 논문에서는 특정 설비에 국한되지 않고 이기종 장비를 지원하고, PV System의 발전 성능 저하 및 장비 고장 등의 이상 유무를 실시간으로 파악할 수 있는 모니터링 시스템을 구현했다. 구현한 모니터링 시스템의 기능은 다음과 같다. 첫째, 이기종 장비에서 출력하는 헥스(Hex) 데이터로 구성된 로우(Raw) 데이터를 수집하여 RTU(Real Time Unit)에 설치한 인코딩 소프트웨어를 사용하여 균일한 데이터로 변환한다. 둘째, 변환된 결과값을 로컬 저장소(Local Database)와 클라우드 저장소(Cloud Database)에 저장하고 이를 시각화하여 사용자에게 발전소 설비 현황 정보를 제공한다. 태양광 모니터링 시스템의 기대효과로 사용자에게 현장설비의 고장, 점검상황을 즉시 통보하여 조치 가능하도록 함으로써 태양광발전소의 관리효율을 극대화 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 태양광 발전 시스템 개요, 3장에서 구현한 모니터링 시스템의 특징과 제공하는 기능을 상세히 설명한다. 4장에서 결론을 맺는다.

2. 태양광 발전 시스템 개요

태양광 발전은 태양에너지를 직접 전기로 변환하는 시스템을 지칭한다. 태양광 발전 시스템은 태양에너지를 전기에너지로 변환할 때 반도체를 사용한다. 광자가 N형과 P형 반도체소자에 비추어지면 광전효과로 전류가 발생함으로써 전기가 생성된다. 현존하는 대부분의 발전 시스템은 화석연료를 이용하여 발전하는 시스템으로, 연료사용으로 인해 온실가스를 배출한다. 기존 발전소와 달리, 공해요소를 배출하지 않는다는 점에서 매우 친환경적이다.

Fig. 1은 태양광발전 시스템의 구성을 보여준다. 시스템은 집광부, 변환부, 분배 및 활용부로 구분한다. 집광부는 전기를 직접 생산하는 태양전지로 이루어진 어레이(Array)로 구성된다. 변환부는 집광부에서 생산된 직류(DC)를 교류(AC)로 변환한다[14]. 분배 및 활용부는 생산된 전력을 상용 전기 공급망에 판매하거나, 사용자가 직접 사용할 수 있다.

태양광 발전 시스템은 4가지 형태로 구분 할 수 있다. 첫째, 독립형은 상업 전력계통과 상관없이 독립적으로 작동하는 방식을 말한다[15]. 둘째, 계통 연계형(Grid-Connected PV System)은 독립형(Stand-alone)의 단점을 보완하기 위해 설계 되었다[16]. 계통연계형은 생산된 전력을 교류로 변환하여 상용전력망에 공급하고, 부족분이 발생할 경우 상용전력망의 전력을 사용하는 방식을 취한다. 셋째, BIPV (Building Integrated Photovoltaic System)은 Roof Top, Curtain Wall, Balcony, Sunshade, Panel 등 건물 외형에 태양광 설비를 설치하여 전력을 생산하고, 건축물에 생산된 전력을 바로 공급하는 발전시스템이다[17]. 마지막으로 하이브리드 태양광 발전 시스템(Hybrid PV System)은 일광 부족으로 인해 발전이 불가능한 경우, 디젤 발전기와 같은 보조 수단을

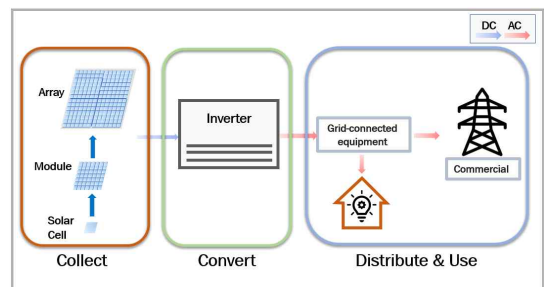


Fig. 1. PV system overview.

구비함으로써 전력 공급을 원활히 제공한다.

태양광발전소의 핵심 설비는 태양광 모듈과 전력을 변환하는 인버터이다[18]. 모듈은 태양광을 전기 에너지로 변환하고, 인버터는 DC 전력을 AC로 변환한다. 사용자는 생산된 전기를 판매함으로써 수익을 창출할 수 있다. 실제 소비자에게 전달되는 발전량은 시스템 전체의 효율에 따라 달라지며, O&M 시스템에 대한 투자가 이루어지지 않으면 발전 효율이 떨어진다. 이 특징으로 인해 발전소 운영자들은 발전소 현황을 실시간으로 파악하는 것을 요구하고 있으며, 이러한 수요를 충족하기 위해 초창기 태양광 모니터링 시스템은 인버터 제조기업 및 접속반 제조기업에서 주로 제작하여 제공하였고, 시스템의 보급으로 인해 발전소 현황을 손쉽게 파악할 수 있게 되었다. 최근에는 소비자의 니즈(Needs)를 더욱 만족시키기 위해 기존 태양광 모니터링 시스템의 기능을 포함하여 다양한 기능을 제공하고 있다.

모니터링 장비는 태양광발전소 설치에 있어 필수가 되었으며, 설치가 간단하고 비용이 저렴한 제품들이 선호되고 있다. 기술의 발달에 편승해 무선 원격조정이 가능해졌으며, 발전소 점검 등의 기능도 수행한다. 태양광 발전은 20년 이상의 장기적 운영에 초점을 맞추고 있어서, 문제 발생 전 예방 관리로 안정적인 운영을 도모해야 한다.

미래 손실 비용 감소를 위해 태양광 모니터링 시스템의 사용은 필수이다. 국내 태양광 인버터 생산 전문기업 A, B, C, D사의 경우, 모두 회사 자체적으로 태양광 모니터링 시스템을 제공하고 있다. 모든 태양광 모니터링 시스템은 공통적으로 발전소 현황에 필요한 실시간 발전현황, 발전 예측현황, 인버터 문제 발생 현황 등의 기능을 담고 있다. 하지만 A, B, C사의 경우 자사 인버터에 한정된 시스템을 제공하고 있으며, D사의 경우 타사의 인버터를 지원한다고 하지만 실제 몇 종의 인버터를 제공하는지 명확하게 제시하지 않았다. 본 연구에서는 특정 기기에 한정하지 않고 국내외에서 제작된 태양광 설비를 웹 기반 시각화 시스템 구축을 통해 태양광발전소를 모니터링할 수 있는 O&M에 특화된 시스템을 개발했다.

3. 태양광 모니터링 시스템 구현

3.1 태양광 모니터링 시스템 구조

태양광 발전 시스템의 데이터 수집 대상은 인버터

와 환경센서 데이터이며, RTU(Real Time Unit)를 통해 데이터 전처리 후 클라우드 서버로 데이터를 전송한다. 구체적인 시스템 구성은 Fig. 2과 같다. 인버터에서 수집되는 데이터는 실시간 상태정보, 누적 발전량 및 인버터의 오류정보로 구성되며, 기상 관측을 위한 환경센서는 경사일사(Slope radiation), 모듈 온도(Module Temperature), 수평일사(Level radiation), 외기온도(Outside Temperature)로 구성된다. 클라우드에서 데이터의 추출 및 연동을 위한 외부 접근 인터페이스(REST API, Representational State Transfer Application Programming Interface)를 통해 발전소 정보, 인버터 정보, 기상 관측 정보를 제공한다. 최종적으로 웹에서 수집된 데이터를 시각화하여 사용자에게 제공한다.

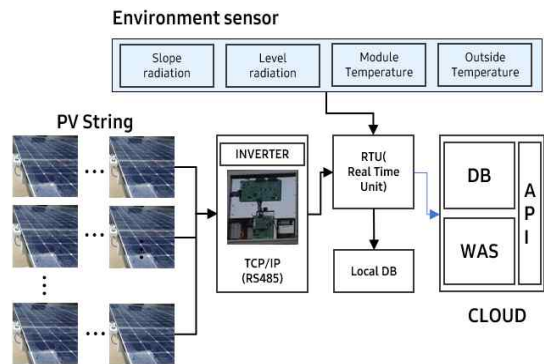


Fig. 2. Photovoltaic monitoring system architecture.

3.2 통신 프로토콜 설계

일반적으로 국내의 태양광 기기에서 상태데이터 전송에 사용되는 통신 규약이 일정하지 않다. 각 기기에서 전송되는 데이터는 공통적으로 16진수 형태이다. 발전소 상태분석에 용이하도록 10진수와 같은 형태로 변환해야 한다. 기기에서 출력하는 데이터의 분할 위치, 값 출력 순서에 따라 지정된 상태 정보 등이 일정하지 않다. 제작 회사에서 제공되는 통신 메뉴얼에 따라 변환 규칙이 상이하다는 문제점이 존재한다.

Fig. 3은 본 논문에서 구현한 RTU 소프트웨어의 동작 로그이다. RTU의 소프트웨어는 최초 사이트 구축과정에 DB에 입력한 기기정보에 해당하는 변환 방법을 자동으로 선택하여 헥스 로우(Hex Raw) 데이터를 10진수로 변환해준다. 특정 기기에 한정되지

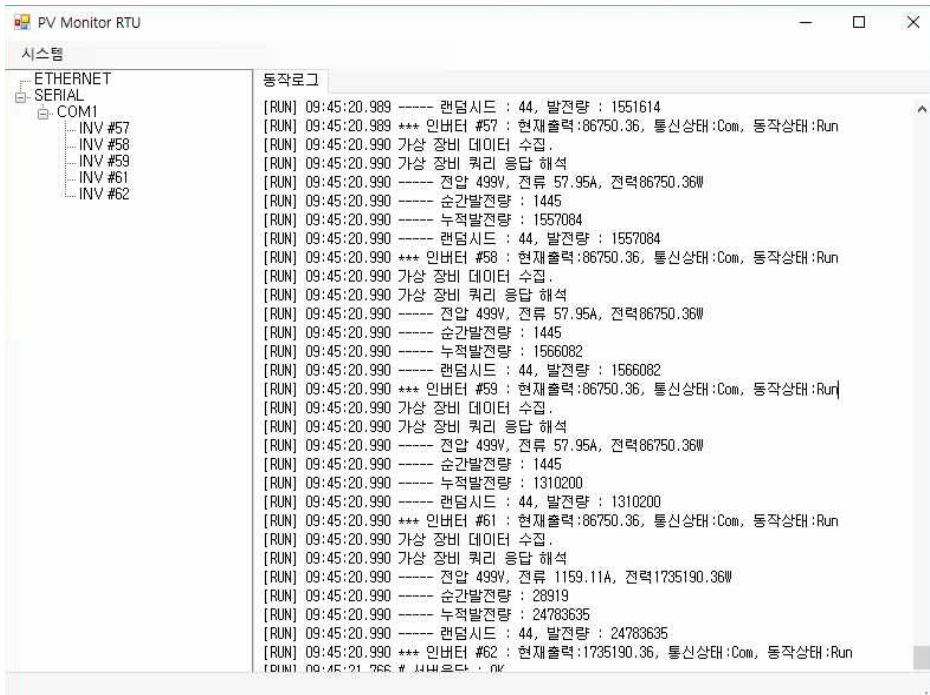


Fig. 3. Encoded operation log from solar facility data with RTU Software.

않고 국내외에서 생산되는 대기중 인버터에 적용 가능하다는 장점이 있다.

RTU는 수배전반, 접속반, 센서, 인버터 등과 같은 설비 기기에서 생산하는 상태정보와 누적발전량, 현재 발전량, DC 전압, 전류, 전력, AC 3상에 해당하는 전압, 전류, 전력 등과 같은 에너지 데이터를 수집한다. 본 논문에서는 공통으로 사용되는 환경센서 수집 데이터의 테이블 스키마와 인버터에서 수집되는 데이터를 저장하기 위한 테이블 스키마를 Table 1과 2에서 보여준다.

3.3 태양광 모니터링 시스템을 위한 웹기반 UI 설계

각 지역별 담당자가 발전상황을 조회할 때, 동시 접속에 따른 부하를 분산하고자 클라우드 서버와 DB 서버로 분리하여 운영한다. 데이터 무결성 유지를 위하여, RTU가 운영되고 있는 로컬 DB에도 데이터가 동시에 저장된다. Table 3은 태양광 모니터링 시스템의 서버 사양을 나타낸다.

클라우드는 단순 설치 목록만 표현하지 않고 개소(Site)별 발전량 현황과 발전소 운영 상황을 상태 아이콘으로 표현한다. 발전소 상태에 문제가 발생한 경우, 각 개소별 아이콘이 변화함으로써 관리 운영자에

Table 1. Data schema of environment sensor for photovoltaic monitoring system

Column	Data type	Default	Comment
env_index	INT(11)	AUTO_INCREMENT	Index
env_date	DATE	NULL	DATE
env_time	TIME	NULL	TIME
env_levelsolar	FLOAT(12)	NULL	level solar radiation
env_slopsolar	FLOAT(12)	NULL	slope solar radiation
env_modtemp	FLOAT(12)	NULL	module temperature
env_airtemp	FLOAT(12)	NULL	outside temperature

Table 2. Data schema of inverter for photovoltaic monitoring system.

Column	Data type	Default	Comment
pow_index	INT(11)	AUTO_INCREMENT	Index
pow_id	INT(11)	'1'	Inverter id
pow_date	DATE	NULL	DATE
pow_time	TIME	NULL	TIME
pow_dca	DOUBLE(22,0)	NULL	DC Ampere
pow_dcv	INT(11)	NULL	DC Voltage
pow_dcp	DOUBLE(22,0)	NULL	DC Power(W)
pow_acar	FLOAT(12)	NULL	AC Ampere (R)
pow_acas	FLOAT(12)	NULL	AC Ampere (S)
pow_acat	FLOAT(12)	NULL	AC Ampere (T)
pow_acvr	INT(11)	NULL	AC Voltage (R)
pow_acvs	INT(11)	NULL	AC Voltage (S)
pow_acvt	INT(11)	NULL	AC Voltage (T)
pow_acp	DOUBLE(22,0)	NULL	AC Power(W)
pow_pf	DOUBLE(22,0)	NULL	Power Factor
pow_totpower	DOUBLE(22,0)	'0'	Cumulative Power(W)
pow_freq	FLOAT(12)	NULL	Frequency (Hz)

Table 3. Cloud and Database Server specification

	Specification
Model	HPE ProLiant DL 380 Gen10
CPU	Intel Xeon S-4110(8core)
RAM	32GB DDR4 ECC RDIM
HDD	10 TB SATA3 (RAID)
OS	Windows Server 2019 Standard

계 시각적으로 표현해준다. Fig. 4는 전국 지역에 설치된 태양광발전소 현황을 클라우드에서 리스트 형태로 표현했다.

본 논문에서는 태양광 모니터링 시스템의 핵심기

능인 발전현황, 인버터, 트랜드에 초점을 맞춰 서술하였다. Fig. 5는 실험을 위해 구축한 가상 태양광발전소의 발전 현황을 보여준다.

Fig. 5의 ①은 발전소에 설치되어 있는 환경센서(경사일사, 수평일사, 모듈온도, 외기온도) 정보를 표시하는 영역이다. 현재 센서의 데이터값 뿐만아니라 센서의 작동 상태도 파악 할 수있다. ②는 종합발전 정보 영역으로 발전소 전체의 발전량 정보를 표시한다. ③은 인버터 정보 및 상태 영역으로 사용자는 현재 가동중인 인버터의 상태를 아이콘 변화에 따라 직관적으로 확인할 수 있다(Fig. 6참조).

Fig. 7은 개소에 설치된 개별 인버터 상태를 사용



Fig. 4. Installed list Visualization of PV Site based on Site Data Base.

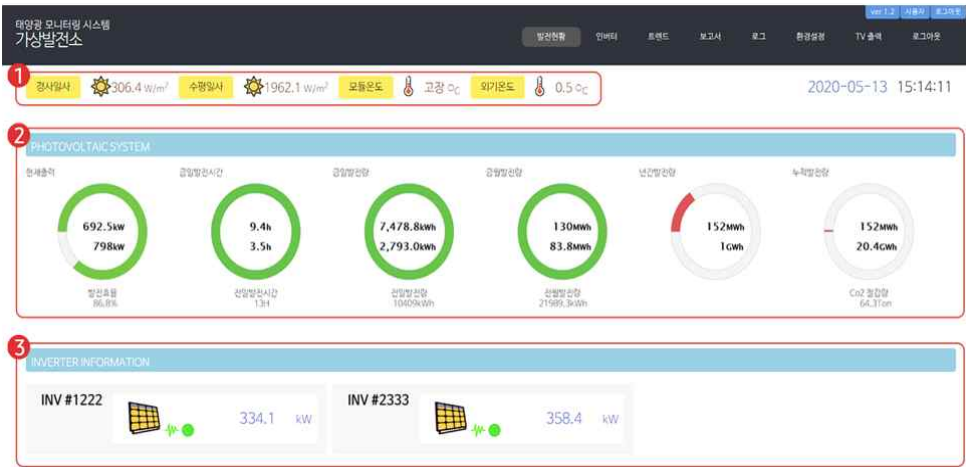


Fig. 5. Power generation status page based on installed site.

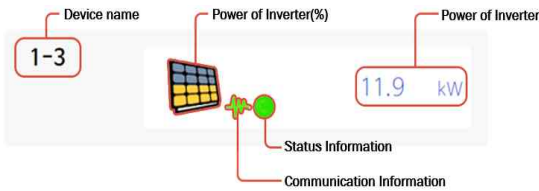


Fig. 6. Inverter information and status.

자에게 보여주는 상세 페이지를 나타낸다. 인버터의 상세정보, 발전통계, 전력상태 정보와 개소에 인버터에 연결된 채널별 접속반을 감시하는 기능을 제공한다. ①은 다수 인버터가 존재할 경우, 해당 버튼을 클릭하여 내용을 조회할 수 있으며, ②는 인버터의

일반정보, 통신상태, 동작상태를 보여준다. ③은 인버터 각각의 발전 통계를 표시하며, ④는 인버터의 DC, AC 전압 전류 유효전력과 인버터에 발생한 에러를 나타낸다.

Fig. 8은 해당 개소의 발전 현황 트렌드를 보여준다. 사용자의 니즈(needs)를 충족하기 위해 발전 데이터 표현 범위를 확장하는 개념으로 구성했다. Fig. 8(a)는 당일 또는 지정된 요일의 발전량과 환경센서 데이터를 표현한다. 시계열(Time Series)로 수집된 발전 데이터와 센서 데이터를 20분 단위로 구간을 나누고 발전량은 히스토그램으로 센서데이터는 선형그래프로 나타낸다. 시각화된 그래프를 통해 전력 생산량에 미치는 요인이 모듈 온도보다 외기온도와

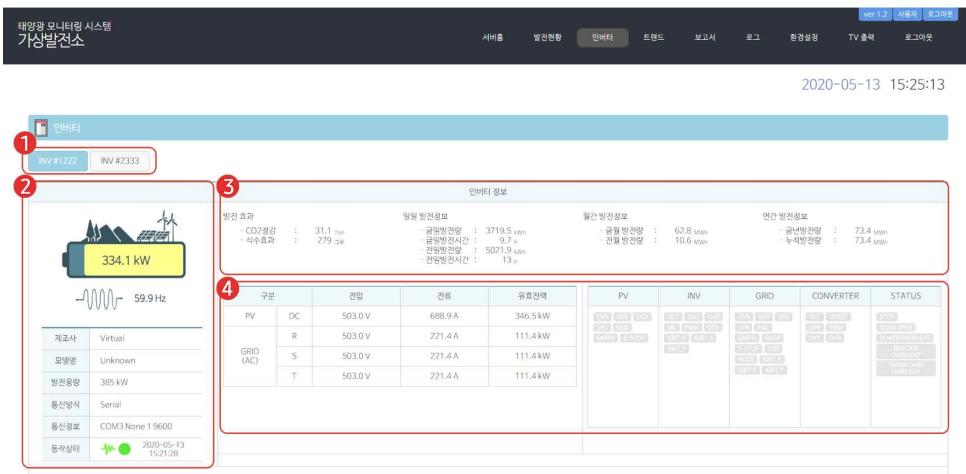
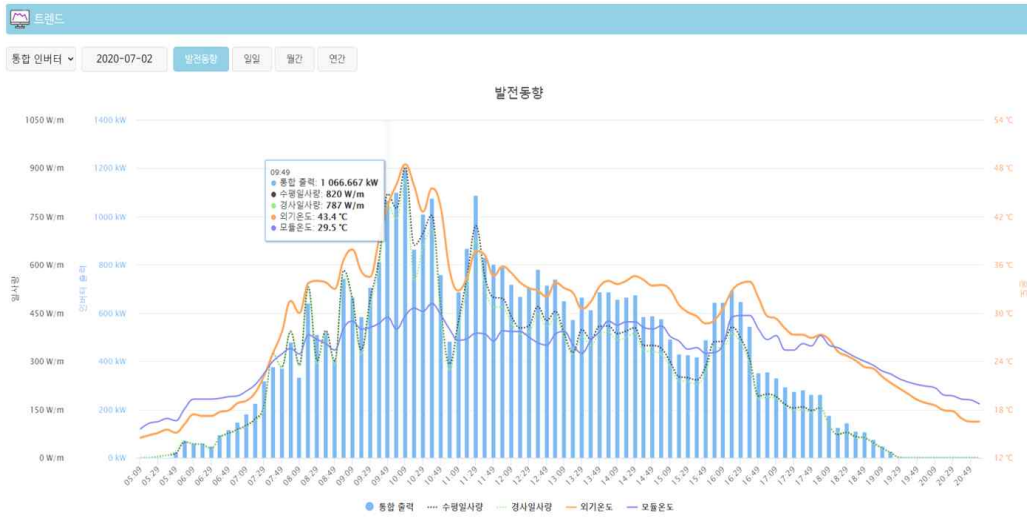
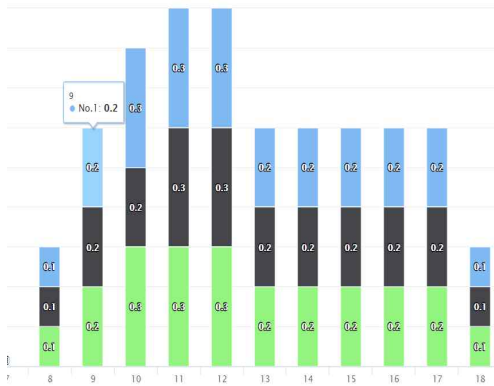


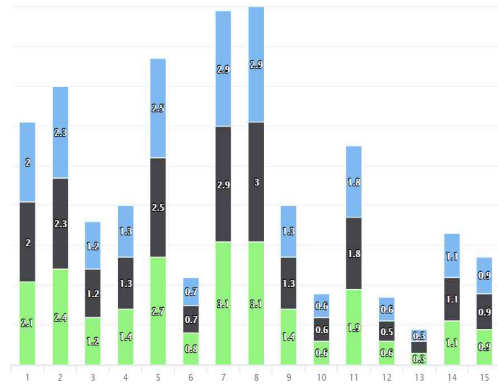
Fig. 7. Individual inverter and status page.



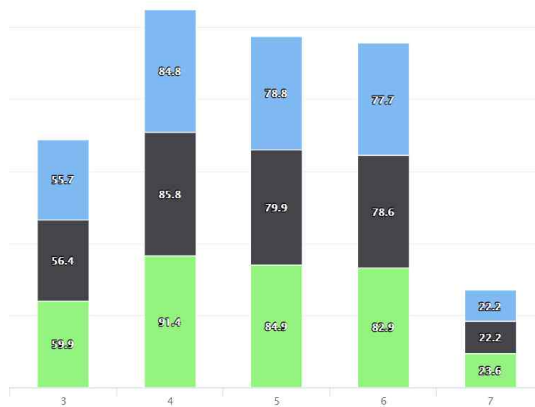
(a) Total information of power generation trend including environment sensor



(b) Daily graph



(c) Monthly graph



(d) Annual graph

Fig. 8. Power generation status(day, month, year) trend page based on installed site.

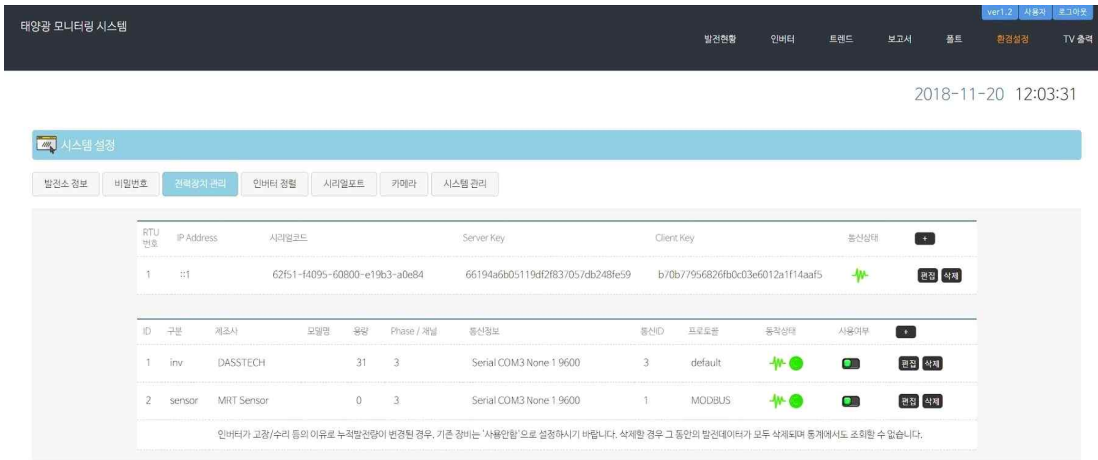


Fig. 9. PV system components installation and edit page.

수평 및 경사일사량이 더 많은 영향을 주는 것을 파악할 수 있다. Fig. 8 (b)~(d)는 개별 인버터에서 생산되는 발전량을 일자별, 월별, 년도 별로 나타낸다. 사용자는 누적 생산량 그래프를 참고 함으로써 인버터의 발전 상태를 파악하고, 수리 및 교체 등의 후속 조치를 취할 수 있다.

Fig. 9는 운영중인 발전소에서 사용중인 전력장치들의 설정정보를 확인할 수 있다. 구축된 발전소 설비에 인버터, 수배전반, 접속반, 환경센서를 증설할 경우 제조사 및 기기 종류에 상관없이 옵션 선택으로 간편하게 추가할 수 있다.

4. 결 론

PV System의 RTU(Real Time Unit)는 인버터, 접속반, 수배전반, 환경센서 등의 기기에서 전송하는 헥스(Hex) 데이터로 이루어진 로우(Raw) 데이터를 수집한다. 데이터 스트림에는 기기의 상태정보(정상 작동, 에러 등), 현재 발전량, 누적발전량, 환경센서로 측정된 값들이 저장되어 있다. 기기 제작회사별로 통신규약(Protocol)이 일정하지 않다. 제작 회사에서 제공되는 통신 매뉴얼에 따라 변환 규칙을 적용하여 데이터를 가공해야 한다.

본 논문에서 구현한 태양광 모니터링 시스템은 특정 기기에 한정하지 않고 이기종 태양광 설비를 지원한다. RTU에 구축한 데이터 변환 소프트웨어와 DB에 등록된 각 인버터 정보를 사용하여 입력 데이터를 단일 규격으로 변환한다. 변환 데이터는 개소(Site)

별 DB서버와 클라우드 서버에 저장된다. 측정된 데이터를 사용하여 예측된 발전량과 개소의 발전현황 및 기기상태를 시각화하여 사용자에게 정보를 제공한다. 본 시스템은 단순 모니터링을 위한 용도가 아닌 데이터 분석을 할 수 있도록 API(Application Programming Interface)를 제작하여 업체들에게 제공한다. 설비에서 수집되는 데이터의 형태를 분석하여 설비 성능저하, 부품 노후화, 열화를 발생시키는 베타적 요인에 대해 분석이 가능하도록 소프트웨어 측면의 기능을 추가적으로 제공하고 있다. 본 태양광 모니터링 시스템의 기대효과로 설비에 발생된 문제를 현장 점검을 통해 발견 하는것이 아닌 모니터링 시스템을 통해 실시간 파악이 가능하므로 태양광발전소의 관리효율을 극대화 할 수 있으며 빠른 후속 조치를 취하므로 경제적 손실을 최소화시킬 수 있을 것이다.

향후 연구는 본 시스템을 통해 PV System 모니터링 기능 및 O&M(Operation & Maintenance)으로 활용함으로써 신재생 에너지 산업 확산 및 O&M 시장에서의 새로운 모델을 제시하고 ICT기반 O&M 기간 기술 요소로 활용하고자 한다.

REFERENCE

[1] J.C. Kim, J.H. Huh, and J.S. Ko, "Improvement of MPPT Control Performance Using Fuzzy Control and VGPI in the PV System for Micro Grid," *Sustainability*, Vol. 11, No. 21, pp. 1-27,

- 2019.
- [2] S.T. No, "Comparison of Measured and Predicted Photovoltaic Electricity Generation and Input Options of Various Softwares," *Journal of Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, Vol. 14, No. 6, pp. 87-92, 2014.
- [3] P. Fratni, E. Moretti, and E. Belloni, "Energy and Economic Evaluation of Solar Photovoltaics Plants: Influence of Different Input Parameters," *Proceeding of International Conference Efficiency, Cost, Optimization, Simulation, and Environmental Impact of Energy Systems*, pp. 1-14, 2012.
- [4] S.H. Kim, S.W. Kim, B.H. Seong, M.G. Lee, S.B. Oh, and C.G. Hwang, "Relation between Module Temperature and Power in the 1MW Rooftop Photovoltaic Power Plant," *Proceeding of the Fall Conference of the Korean Institute of Electrical Engineers*, pp. 154-155, 2014.
- [5] D.K. Won, B.S. Lee, and H.C. Ju, "Analysis on Status and Trend of Supporting Policies for Renewable Energies," *Journal of Korea Society of Innovation*, Vol. 12, No. 3, pp. 83-115, 2017.
- [6] W.C. Cha, J.H. Park, U.R. Cho, and J.C. Kim, "Design of Generation Efficiency Fuzzy Prediction Model Using Solar Power Element Data," *Journal of the Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, Vol. 63, No. 10, pp. 1423-1427, 2014.
- [7] F. Wang, Z. Zhen, B. Wang, and Z. Mi, "Comparative Study on KNN and SVM Based Weather Classification Models for Day Ahead Short Term Solar PV Power Forecasting," *Applied Sciences*, Vol. 8, No. 1, pp. 1-23, 2018.
- [8] H.J. Lee, "Moving Average of the Current Weather Data for the Solar Power Generation Amount Prediction," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 19, No. 8, pp. 1530-1537, 2016.
- [9] J.H. Lee, *Controller Design of Photovoltaic Microinverter Systems for High Efficiency*, Doctor's Thesis of Ajou University Graduate School, 2018.
- [10] S.T. Jang, Y.M. Park, T.K. Sung, C.B. Jung, B.C. Kim, and M.S. Kim, "Analysis of Power Conversion Efficiency of Inverter for Photovoltaic Power Generation System," *Proceeding of the Winter Conference of the Korean Institute of Electrical Engineers*, pp. 421-424, 2014.
- [11] U.K. Das, K.S. Tey, M. Seyedmahmoudian, S. Mekhilef, M.Y.I. Idris, W.V. Deventer et. al., "Forecasting of Photovoltaic Power Generation and Model Optimization: A Review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 81, pp. 912-928, 2018.
- [12] M.H. Chung, "Comparison of Estimation Methods by Different Photovoltaic Software and Performance Evaluation," *Journal of Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, Vol. 19, No. 6, pp. 93-99, 2019.
- [13] C.K. Park, "Study on the Obsolescence Forecasting Judgment of PV Systems Adapted Micro-inverters," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 18, No. 7, pp. 864-872, 2015.
- [14] W.S. Kim, S.J. Park, and S.R. An, "Analysis of the Status of Safety Management of Photovoltaic Power Generation Facilities," *Current Photovoltaic Research*, Vol. 7, No. 2, pp. 38-45, 2019.
- [15] C.A. Hossain, N. Chowdhury, M. Longo, and W. Yaïci, "System and Cost Analysis of Stand-alone Solar Home System Applied to a Developing Country," *Sustainability*, Vol. 11, No. 5, pp. 1-13, 2019.
- [16] E. Roman, R. Alonse, P. Ibañez, S. Elorduizapatarietxe, and D. Goitia, "Intelligent PV Module for Grid-connected PV Systems," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 53, No. 4, pp. 1066-1073, 2006.
- [17] I. Cerón, E. Caamaño-Martín, and F.J. Neila, "State-of-the-art' of Building Integrated Pho-

tovoltaic Products,” *Renewable Energy*, Vol. 58, pp. 127-133, 2013.

[18] Y.J. Lee and Y.S. Kim, “Prediction and Accuracy Analysis of Photovoltaic Module Temperature in Summer Using Data Mining Techniques,” *Journal of the Korean Solar Energy Society*, Vol. 37, No. 1, pp. 25-38, 2017.



임 수 창

2015년 순천대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
 2017년 순천대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
 2019년 순천대학교 컴퓨터공학과 박사수료

2020년 (주)티이에프 기업부설연구소 선임연구원
 관심분야: 컴퓨터비전, 영상처리, 딥러닝, 객체추적, 시계열분석



홍 석 훈

2005년 순천대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 2007년 순천대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 2006년 (주)파루 신재생에너지기술센터 선임연구원

2010년 (재)광양만권 u-IT연구소 책임연구원
 2011년~현재 (주)티이에프 대표이사
 관심분야: 신재생에너지, 신재생 O&M 시스템, 인공지능, 데이터분석



박 철 영

2010년 순천대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
 2012년 순천대학교 정보통신공학과 졸업(공학석사)
 2017년 순천대학교 정보통신공학과 졸업(공학박사)

2018년~현재 (주)티이에프 기업부설연구소 소장
 관심분야: 기계학습, 시계열 분석, IoT



조 현 옥

2003년 동서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(전문학사)
 2007년 한국방송통신대학교 컴퓨터과학과(이학사)
 2012년 순천대학교 대학원 정보통신공학과 졸업(공학석사)

2019년 순천대학교 대학원 정보통신공학과 박사수료
 2020년 (주)티이에프 기업부설연구소 책임연구원
 관심분야: IoT, 빅데이터, 스마트 농업, 데이터 분석 및 예측



송 범 성

2005년 순천대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 2007년 순천대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 2015년 순천대학교 대학원 전자공학과 박사수료

현재 (주)이음아이씨티 대표이사
 관심분야: 자동제어 고장진단 및 예측, ICT 융합



김 종 찬

2000년 순천대학교 컴퓨터과학과 졸업(이학사)
 2002년 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(이학석사)
 2007년 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(이학박사)

2013년 서울대학교 자동화 시스템 연구소 선임연구원
 관심분야: 영상 처리, HCI, 콘텐츠, 컴퓨터그래픽스, 기계학습, 데이터 분석 및 예측