Journal of Korea Multimedia Society Vol. 23, No. 10, October 2020(pp. 1307-1317)
https://doi.org/10.9717/kmms.2020.23.10.1307

이기종 태양광 설비 지원을 위한 범용 RMC 게이트웨이 개발

임수창[†], 홍석훈[††], 박철영[†††], 송법성[††††], 김종찬[†††††]

Development of General-Purpose Remote Maintenance Controller Gateway for Multi-Modal Photovoltaic Equipment

Su-Chang Lim[†], Seok-Hoon Hong[††], Chul-Young Park[†††],
Beob-Seong Song[††††], Jong-Chan Kim[†††††]

ABSTRACT

In recent years, the PV plant is gradually increasing in korea and has begun to focus on PV system O&M(Operation and Management). The legacy PV system can hardly be gathering realtime information. That is why it is difficult for the facility to respond immediately to situations in which problems arise. This leads to economic losses due to reduced power generation. In this study, we implemented an RMC(Remote Maintenance Control) gateway that supports multi-area equipment(inverters, junction boxes, switchboards, environmental sensors) that are not limited to specific manufacturers. It provides a function to visualize the collected data. Users can easily check the power generation and operation status of PV system equipment. In the future, we will develop an algorithm capable of analyzing beta factors that cause equipment performance degradation, parts aging, and deterioration using data collected from facilities. We intend to use this algorithm as a fundamental technology for O&M by transplanting it to the RMC gateway.

Key words: PV System, Renewable Energy, Solar Energy, Operation and Management, Remote Terminal Unit, Modbus

1. 서 론

현대사회는 인구 증가와 기술 및 경제 발전으로 삶의 질을 유지하기 위해 더 많은 에너지를 요구하고 있다. 지속 가능한 방식으로 가정과 건물, 농업, 운송, 서비스 및 산업에 에너지를 제공하는 동시에 미래 세대를 위한 자원을 보장하는 것이 인류의 궁극적인 과제이다. 에너지 제공을 위해 화석연료를 사용함으로써 기후 변화, 지구 온난화, 대기오염 등의 환경문제는 필연적으로 발생한다. 이러한 문제를 극복하기

※ 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 : Sep. 21, 2020, Revision date : Oct. 5, 2020
Approval date : Oct. 19, 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)
[††††] iumict Co., ltd. (E-mail : iumict.co.ltd@gmail.com)
[†††††] Dept. of Computer Engineering, Sunchon National University
※ This research was financially supported by the Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE) and Korea Institute for Advancement of Technology(KIAT) through the National Innovation Cluster R&D program(P0006665_Fauly Identification and Monitoring Technology for Improving the Efficiency of Microgrid).

위해 많은 국가에서 저탄소 및 재생 가능 에너지원으로 전환하려는 관점에서 국가 에너지 정책을 검토하고 있다[1]. 풍력 에너지, 바이오 에너지 등 다양한 형태의 신재생 에너지 시스템의 활용은 모듈화되고 환경 친화적인 특성으로 인해 점점 더 대중화되었다[2]. 특히, 다양한 형태의 신재생 에너지 중에서 태양광 에너지는 많은 특성으로 인해 두드러진 위치를 차지하고 있다. 현재, 국내외에서 신재생 에너지 발전이 주목받고 있으며 태양광을 사용한 태양광 산업이 떠오르고 있다. 2019년 전 세계 태양광 발전량은 2018년 대비 8.3%가 성장한 약 115GW를 달성하고 있으며, 세계적 트렌드에 발맞춰 국내에서도 지난 10년간 태양광발전소가 점진적으로 증가하고 있다[3]. 신재생 에너지 의무사용 및 재생에너지 3020 정책 등을 발의하는 정부의 적극적인 보급 확대 노력과 건물 옥상 휴게소 및 하수처리장의 주차장 등의 유휴부지에 태양광 설비 설치를 우선 사항으로 하는 설치 규정에 힘입어 2020년 1/4분기 태양광 설치 용량은 전년 동기 대비 89%가 증가한 1.16GW를 달성하였다[4].

태양광발전은 태양광을 통해 전력을 생산하기 위한 것으로, 다수의 태양전지(solar cell)로 이루어진 어레이(array)들이 태양전지 모듈을 구성하고, 이를 이용하여 전기를 생산하는 시스템이다. 태양광 발전 시스템은 직류 전기를 발생시키는 태양전지 모듈과 직류 전기를 스트링(String)별로 모으는 접속반(Junction Box), 직류 전기를 교류로 변환하는 인버터로 구성되며, 설치 환경에 따라 환경센서, 송배전 시스템 등이 선택적으로 구성된다.

태양광 발전시스템을 구성하고 있는 설비의 상태는 전력 발전량에 영향을 미치기 때문에 운영 측면에서 시설 관리의 중요성이 중요하다. 태양광 등 신재생 에너지원 발전소가 증가함에 따라 그 시설관리의 중요성이 대두되어, 운영 및 유지보수(O&M, Operation and Management)에 관한 관심이 증가하고 있다[5, 6]. O&M 측면에서 가장 중요한 사항은 태양광 발전시스템의 발전 정보(DC 및 AC 발전량, 누적 발전량)와 설비의 작동 상태 정보를 실시간으로 취득하고 그 정보를 사용자에게 제공하는 것이다. 태양광 발전시스템의 정보를 실시간으로 수집하지 못할 경우, 시설에 즉각적인 대응할 수 없어 발전량 저해로 인한 경제적 손실을 야기한다[7].

발전소 운영자가 태양광 발전시스템 현황을 파악하기 위한 모니터링 시스템이 개발되어 사용자들에게 제공되고 있다. 모니터링 시스템의 가장 중요한 요소는 특정 업체 및 기기에 국한되지 않고 사용자에게 정보를 제공해야 한다. 하지만, 태양광 설비에서 출력되는 데이터의 프로토콜이 규격화되어 있지 않고, 제작 회사별로 상이하기 때문에 모든 기기를 컨트롤하기 어렵다. 이러한 원인으로 대다수의 모니터링 시스템은 공급 업체 및 제조업체의 장비에 한정되어 있다. 이 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서 RMC(Remote Maintenance Controller) 게이트웨이를 구현하였다. RMC는 태양광발전소 현장별 표준 특성에 따라 다양한 형태의 국내외 태양광 설비의 발전 정보와 상태 정보를 표준화된 형태로 수집한다. 제안한 RMC 게이트웨이는 제약적인 기능을 해소하고 발전량 모니터링 및 유지보수 관리 측면으로 활용하여 O&M 시장에서의 새로운 모델을 제시했다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 RMC통신에 사용되는 프로토콜에 대하여 기술했다. 3장에서 구현한 RMC 게이트웨이의 특징과 제공하는 기능을 상세히 서술하고, 4장에서 결론을 맺는다.

2. 태양광 발전시스템

2.1 태양광 발전시스템 개요

Fig. 1은 태양광 발전시스템의 구성도를 보여준다. 시스템은 목적에 따라 크게 집광부, 변환부, 분배 및 활용부로 나눌 수 있다. 집광부는 어레이(Array)로 구성된다. 어레이는 셀(cell)의 집합인 모듈을 직·병렬로 연결한 형태이다. 변환부는 접속반, 인버터로 구성되어 있으며 직류(DC)를 교류(AC)로 변환한다[8]. 분배 및 활용부는 변환부에서 출력되는 교류를 상용 전기 공급망에 판매하거나, 사용자가 직접 사용

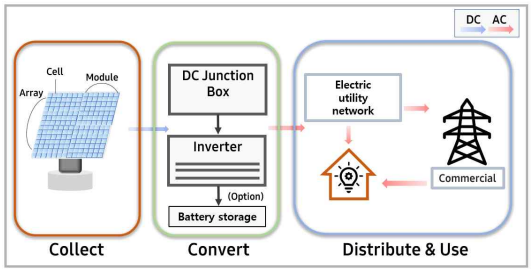


Fig. 1. PV System Overview.

할 수 있다.

태양광 발전시스템은 4가지 형태로 구분할 수 있다. 첫째, 상업 전력 계통과 상관없이 독립적으로 작동하는 독립형[9]. 둘째, 생산된 전력을 상용망과 공유하는 형식으로 설계된 계통 연계형(Grid-Connected PV System)[10]. 셋째, BIPV(Building Integrated Photovoltaic System)은 옥상, 외벽, 베란다, 차양, 패널 등 건물 외형에 태양광 설비를 설치하여 생산된 전력을 건축물에 바로 공급하는 발전시스템이다[11]. 마지막으로 하이브리드 태양광 발전시스템(Hybrid PV System)은 태양광 시스템의 내부적 요인 및 환경적 요인으로 발전량을 충분히 확보하지 못하는 경우 발전기와 같은 보조 수단을 사용하여 전력 공급을 원활하게 제공하는 형태이다.

태양광발전소의 핵심 설비는 태양광 모듈을 통해 생산된 전력을 변환하는 인버터이다[12]. 모듈은 태양광 에너지에서 DC(Direct current)를 생산하고, 인버터는 DC를 AC(Alternation current)로 변환한다. 사용자는 생산된 전기를 직접 사용하거나, 상용 전력망에 판매하여 수익을 창출할 수 있다. 태양광 발전시스템에서 생산되는 발전량은 발전에 직접적으로 영향을 주는 설비의 효율에 영향을 받는다. 설비 관리 측면의 O&M 시스템에 대한 투자가 이루어지지 않으면 발전 효율이 떨어진다. 태양광 발전소는 설치용량에 따라 무인과 유인으로 운영되고 있으며, 유인 관리에 최소한의 인원을 배치하여 운영하므로, 주로 모니터링 시스템에 의지하고 있다. 제한적 기능을 지닌 모니터링 시스템을 사용함으로써, 설비의 고장을 부분적으로 인지할 수 있으나 발전량 손실에 영향을 미치는 주요 요인들을 파악하기 힘들다. 발전소 운영자들은 발전소 현황을 실시간 파악하고자 하며, 이 수요를 충족하기 위해 인버터 제조 기업 및 접속반 제조 기업에서 주로 자사 설비에만 적용 가능한 태양광 모니터링 시스템을 제작하여 제공한다.

태양광 발전은 20년 이상의 장기적 운영에 초점을 맞추고 있어서, 10년 이상 노후화된 태양광발전소가 설계수명 이상으로 안정적인 성능을 유지하도록 발전소의 성능 저하 요인/고장을 조기에 발견하고 대처하는 능동적인 시스템이 필요하다. 본 연구에서는 특정 기기에 한정하지 않고 국내외에서 제작된 태양광 설비를 웹 기반 시각화 시스템 구축을 통해 태양광발전소를 모니터링할 수 있는 O&M에 특화된 RMC 게이트웨이를 구현했다.

2.2 모드버스(Modbus) RTU 통신 프로토콜

태양광 시스템은 설비의 열화 상태에 따라 전력 생산에 지대한 영향을 주기 때문에 모니터링을 통해 관리 및 운용이 필요한 시설이다. 태양광 시스템은 솔레이터, 인버터, 접속반, 수배전반 등에서 출력되는 데이터를 통신 프로토콜을 통해 유선 또는 무선으로 데이터 취득하여 모니터링할 수 있다. 유선 통신에 있어서 수많은 통신 프로토콜의 표준 및 기술이 존재한다. 통신 프로토콜은 원격지 또는 로컬 환경에서 데이터 교환에 사용되는 규칙 규격이다. 대표적으로 사용되는 프로토콜은 모드버스가 존재한다.

Modicon에 의해 1970 년대 후반에 개발된 모드버스는 산업용 전기 장치를 연결하는데 사용되는 공개 시리얼 통신 프로토콜이다[13]. 주로 RS-232와 RS-485와 같은 직렬 회선을 통해 전자 장치간에 정보를 전송한다. 모드버스 프로토콜은 이산 아날로그 I/O 정보를 전송하고 산업 제어 및 모니터링 장치간에 데이터를 등록하기 위한 산업 표준이 되었다.

모드버스 장치는 Fig. 2처럼 마스터-슬레이브 접근 방식을 사용하여 통신한다. Fig. 2에서 마스터(Master)는 실제 산업제어시스템의 HMI(Human Machine Interface), MMI(Man Machine Interface) 등의 제어 소프트웨어에 해당하고 슬레이브(Slave)는 PLC(Programmable Login Controller)와 같은 현장 장치를 제어하는 제어 하드웨어에 해당한다. 물리적 버스에는 최대 255개의 슬레이브 호스트가 있을 수 있으며, 각 호스트는 마스터 호스트로부터 데이터 프레임을 수신하고 프레임의 주소 코드 필드를 통해 프레임 수용 여부를 결정한다. 모드버스 방식은 모드버스 TCP/IP, 모드버스 Serial, 모드버스 plus로 구분된다. 산업현장에서는 모드버스 Serial이 주로 사용되고 있다. 이 방식은 RS 232, RS 422, RS 485기반의

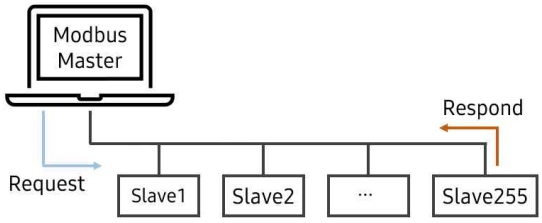


Fig. 2. Communication Architecture of Master and Slave.

		Protocol Data Unit (PDU)			
start	Slave ID	Function Code	Data	CRC	End
3.5 byte	1 byte	1 byte	0 up to 252 byte(s)	2 bytes	3.5 byte
	Application Data Unit (ADU)				

Fig. 3. Frame format of 모드버스 RTU.

모드버스로 나눠지고, 전송 방식에 따라 RTU(Remote Terminal Unit)과 ASCII(American Standard Code For Information Interchange)로 구분할 수 있다.

일반적으로 RTU(Remote Terminal Unit)는 SCADA 시스템에서 원격지 데이터를 수집해 전송 가능한 형식으로 변환한 뒤 주 장치로 송신하는 장치를 일컫는다. RTU는 신호감지 또는 측정을 위한 입력 채널, 제어와 지시 및 경고를 위한 출력 채널 그리고 통신 포트등을 갖추고 있다. SCADA란 Supervisory Control and Data Acquisition의 약어로 원방감시제어데이터 수집시스템이라고도 한다. SCADA 시스템은 통신 경로상의 아날로그 또는 디지털신호를 사용하여 원격장치의 상태정보데이터를 RTU를 사용하여 수집, 수신, 기록, 표시한다. 발전, 송배전, 석유화학 플랜트, 제철공정 시설, 공장자동화 시설, 선박 등 여러 종류의 원격지 시설 장치를 중앙 집중식으로 감시 제어하는 시스템이다[14].

모드버스 RTU는 모드버스 데이터 전송 방법 중 시리얼 통신을 이용하여 데이터를 전송하는 OSI 2계층에서의 프로토콜이다. 모드버스 RTU 데이터 프레임은 슬레이브의 주소, 기능 코드, 데이터 필드, 데이터 오류 검출을 위한 CRC 값으로 이루어진다. 하나의 마스터는 최대 247개의 슬레이브를 가질 수 있으며 기능 코드는 슬레이브의 작업의 종류를 결정하는 코드이다. 모드버스 RTU는 Fig. 3과 같다.

대표적인 데이터 전송방식은 모드버스 RTU 형식이지만, 국내외 다양한 기종의 태양광 설비의 데이터 포맷은 제작 업체에 따라 자체 개발한 프로토콜 형식을 사용한다. 단일 규격으로는 데이터를 해석할 수 없다. 이러한 제약사항을 해결하고자 장비종류 회사에 상관없이 데이터를 해석할 수 있는 RMC 게이트웨이를 개발하였다.

3. RMC 게이트웨이를 사용한 실시간 모니터링 시스템 구조

신재생 에너지 사업의 확대·보급에 따라 태양광 발전시스템의 유지 보수 측면의 O&M(Operation and Maintenance) 관련 기술의 필요성이 증가하고 있다. 운영자의 현장 조사를 통한 발전소 감시가 아닌 원격 관리를 통해 발전소의 장치별 상태 분석 및 제어를 위한 관련 기술의 개발이 필수적이다.

O&M에 있어 설비의 종류 및 제작 업체가 서로 상이한 태양광 설비에서 출력되는 데이터 양상에 따라 각 부품의 노후, 열화 등의 성능 저하 요소에 대한 다양한 분석이 가능한 운영 시스템이 중요하다. 현재 태양광 설비 기반의 O&M의 산업적 접근 단계는 모니터링을 통해 단순히 설비 데이터를 사용자에게 제공하는 수준에 불과하다. 따라서 태양광 시설의 실시간 상태 감시와 관련된 기술 및 솔루션을 제공하고자 RMC(Remote Maintenance Controller)를 구현하였다. 구현한 RMC 게이트웨이와 기존 RTU 제품의 하드웨어 특징과 기능적 특성 차이를 Table 1에서 보여준다.

Fig. 4는 제안하는 RMC 게이트웨이 시스템의 개

Table 1. performance comparison of proposed RMC Gateway and other products

	Proposed RMC	Other Companies Equipments
Power	Inner DC/AC Converter	220V AC
External Communication Method	Ethernet/Wireless/LTE	Ethernet
Main Function	System check/Control	Shallow Watch
Server Connector	Cloud DB/ R-Engine	DB record
Service	Routine Inspection Report / Real time test/Condition Monitoring	Inquiry/Print/ Condition Monitoring
Applicable Device	Inverter/Junction box/ Environment Sensor/ Distribution switchboard	Limited Manufacture company Inverter

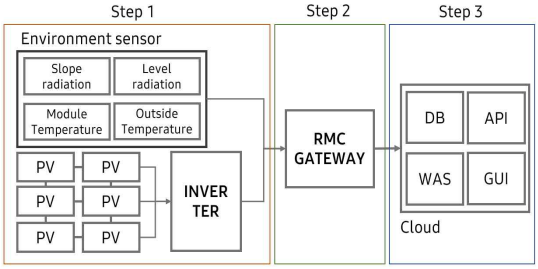


Fig. 4. System Architecture.

념도를 보여준다. RMC 게이트웨이는 실시간으로 데이터를 수집하고(1단계), 수집된 데이터를 균일한 형태로 가공하고 데이터 수집 클라우드서버로 전송한다(2단계). 모니터링 서버는 데이터를 수집 및 저장하는 DB서버와 웹서버로 이루어져있다. 네트워크를 통해 전송받은 데이터를 MariaDB에 저장하고, 웹페이지에서 사용자에게 보여준다(3단계).

4. RMC 게이트웨이 구현 및 기능

4.1 RMC 게이트웨이 설계

RMC 게이트웨이는 Fig. 5에 명시된 확장보드(Extended-Board)와 데이터처리 및 전송역할을 하는 베이스보드(Baseboard)로 구성되어있다. 설치 현장에 따라 장치별 요구 사양과 통신규격에 따른 범용 제품 설계를 위하여 확장 보드는 Fig. 6처럼 PCB Artwork를 설계하였다.

확장보드는 태양광 설비와 연결된 Converter를 통해 데이터를 전송받고 이 데이터를 소형 LCD모니터를 통해 정보를 출력한다. 이와 동시에 외부 입출력 포트(General-Purpose Input/Output)와 연결된 베이스보드로 데이터를 전송한다.

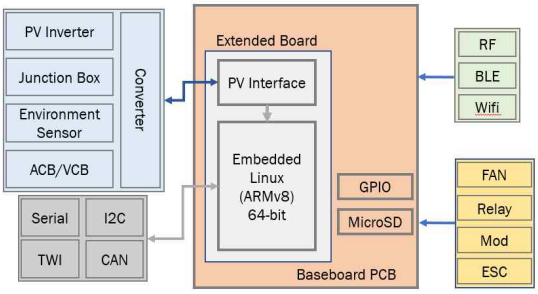


Fig. 5. Configuration of RMC(Remote Maintenance Controller) Gateway.

RMC 게이트웨이에서 수집하는 데이터의 종류는 환경센서, 인버터, 접속반과 같은 태양광 설비와 관련된 데이터 이다. RMC 게이트웨이가 마스터로써 1:N 통신을 통해 태양광 설비를 감시하며 운전 상태를 확인하거나 제어하는 용도로 사용 된다. RMC 게이트웨이는 다수의 태양광 설비의 통신 프로토콜과 모니터링 서버간의 통신 프로토콜을 이용하여 데이터를 송·수신한다. Fig. 7은 RMC 게이트웨이가 태양광설비의 다양한 데이터를 수집하여 서버로 전송하고 사용자에게 실시간으로 시각화하여 모니터링 하는 과정을 나타낸 순차 다이어그램(Sequence Diagram) 이다.

RMC 게이트웨이에서는 연결된 설비(환경센서, 인버터, 접속반 등)들의 ID와 설비에 해당하는 프로토콜 형태에 맞추어 설비에 요청한다. 설비에서는 5초 주기로 9600bps 통신 속도에 맞춰 해당하는 데이

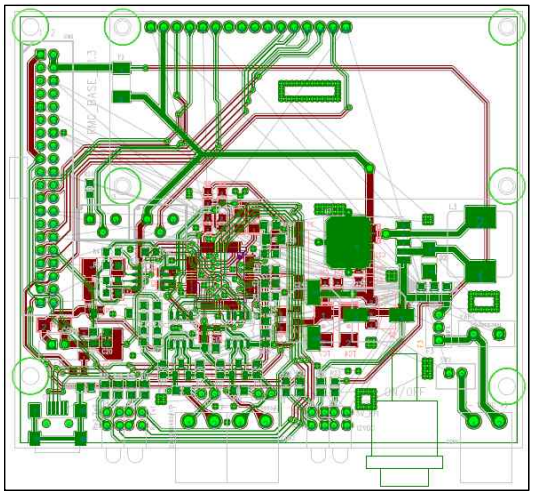


Fig. 6. PCB Artwork of Extended-Board.

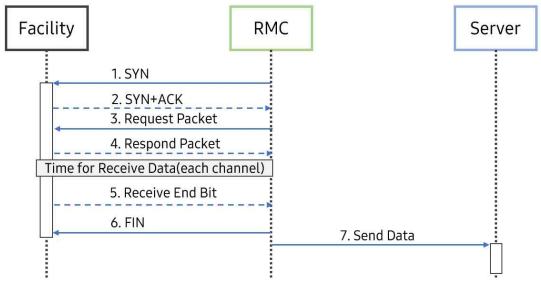


Fig. 7. Sequence Diagram for Communication of Facility, RMC, and Server.

터를 출력한다. 이 데이터들은 Converter를 거쳐 확장보드(Extended-Board)로 전송된다. 수집되는 데이터의 예로, 인버터에서 수집되는 데이터는 상태정보, 누적발전량 및 인버터의 오류정보로 구성되며, 기상 관측을 위한 환경센서는 경사일사(Slope radiation), 모듈온도(Module Temperature), 수평일사(Level radiation), 외기온도(Outside Temperature)로 구성된다.

설비의 데이터는 대부분 모드버스 프로토콜로 제공된다. 제작 업체에 따라 TCP/IP 및 UDP로 구현해 놓아 비교적 간단하게 수집 가능하다. 하지만 제작업체 및 설비의 종류에 따라 프로토콜 형식이 서로 상이하다(Table 1, Table 2). 동일한 프로토콜 해석 방식으로는 데이터를 올바르게 취득할 수 없다.

제조사의 정보를 기반으로 데이터를 수집했다. RMC 게이트웨이에 업체 및 설비에 해당하는 프로토콜을 해석할 수 있도록 소프트웨어를 구축하였다. 소프트웨어를 사용하여 다양한 기종의 국내외 태양광 설비 데이터를 표준화된 형태로 인코딩하여 수집할 수 있다.

RMC 게이트웨이는 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. 데이터를 저장하기 위한 테이블 스키마를 Fig. 8에서 보여준다.

Fig. 9는 데이터를 수집하고, 일련의 규칙으로 데이터를 변환하는 RMC 게이트웨이의 동작 로그이다. 특정 사이트의 기기정보에 해당하는 변환 방법을 자동으로 선택하여 16진수 데이터를 10진수로 변환한다. 특정 기기에 한정되지 않고 국내외에서 생산되는 다 기종 인버터에 적용 가능하다는 장점이 있다.

4.2 RMC 게이트웨이 및 시각화를 위한 GUI 구현

원격 유지관리를 위한 RMC 게이트웨이는 클라우드 서버 연계형 MDDC 관리 소프트웨어 플랫폼을 구축하였다. 또한, 현장 데이터 저용량화를 위한 유지 보수 처리 데이터 프로토콜을 개발하여 이식하였다. Fig. 10은 4.1절에서 설계한 RMC 게이트웨이의 구현된 모습이다.

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 4는 태양광 모니터링 시스템의 서버 사양을 나타낸다.

Table 2. Protocol Configuration of DassTech's Inverter

Request Packet (Out → Inverter)						
	HEADER			CMD		
Name	SOP	CODE	ID	Option1	Option2	Address
Size	1 byte	1 byte	3 bytes	1 byte	1 byte	1 byte

Respond Packet (Inverter → Out)							
	HEADER					DATA	CHECKSUM
Name	SOP	CODE	Address	Length	ID		
Size	1 byte	1 byte	1 byte	2 bytes	3 bytes	~20 bytes	2 bytes

Table 3. Protocol Configuration of HexPower's Inverter

Request Packet (Out → Inverter)							
Name	ENQ	ID	CMD	START	COUNT	CHECKSUM	EOT
Size	1 byte	2 bytes	1 byte	4 bytes	2 bytes	4 bytes	1 byte
Respond Packet (Inverter → Out)							
Name	ACK	ID	CMD	START	DATA	CHECKSUM	EOT
Size	1 byte	2 bytes	1 byte	4 bytes	4×COUNT bytes	4 bytes	1 byte

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 운영자에게 시각적으로 표현해준다. Fig. 11은 전국 지역에 설치된 태양광발전소 현황을 클라우드에서 리스트 형태로 표현했다.

RMC 게이트웨이에서 수집된 데이터를 사용자에게 제공하기 위하여 사용자 편의성을 고려한 GUI를 설계하였다. Fig. 12는 RMC 게이트웨이를 통해 수집된 데이터를 사용하여 표현한 발전 현황 페이지이다. Fig. 12의 발전소는 본 논문에서 구현한 RMC 게이트웨이가 장착된 사이트이다. ⓐ는 발전소에 설치되어 있는 환경센서의 정보(일사량, 온도)를 표시하는 영

#	이름	종류	데이터정렬방식	보기	Null	기본값	설명	추가	실행
1	pow_idx	int(11)			아니오	없음		AUTO_INCREMENT	변경 삭제 더보기
2	pow_id	int(11)			아니오	없음			변경 삭제 더보기
3	pow_date	date			예	1970-01-01			변경 삭제 더보기
4	pow_time	time			예	00:00:00			변경 삭제 더보기
5	pow_dcv	double			예	0			변경 삭제 더보기
6	pow_dca	double			예	0			변경 삭제 더보기
⋮									
37	pv_uvr	tinyint(1)			아니오	0			변경 삭제 더보기
38	pv_spd	tinyint(1)			아니오	0			변경 삭제 더보기
39	pv_mcb_open	tinyint(1)			아니오	0			변경 삭제 더보기
40	pv_earth	tinyint(1)			아니오	0			변경 삭제 더보기
41	pv_emer_stop	tinyint(1)			아니오	0			변경 삭제 더보기
42	inv_oct	tinyint(1)			아니오	0			변경 삭제 더보기
43	inv_old	tinyint(1)			아니오	0			변경 삭제 더보기
44	inv_ohr	tinyint(1)			아니오	0			변경 삭제 더보기
45	inv_mc	tinyint(1)			아니오	0			변경 삭제 더보기

Fig. 8. Data schema of inverter collected by RMC Gateway.

Fig. 9. Encoded operation log from solar facility data with RMC Gateway.

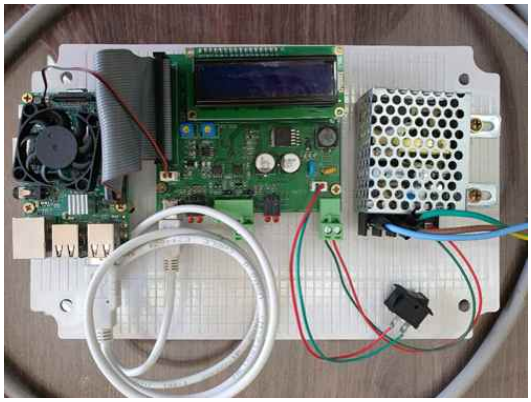


Fig. 10. Configuration of Environmental for RMC Gateway, Main Processor, and ADD-ON BOARD.

Table 4. System Development Environment

Category	Description
Server Construction	Tomcat Server(WAS)
Databases	MariaDB
Language	C#, Java, PHP, HTML

역이다. 센서의 데이터값 뿐만아니라 센서의 작동 상태도 파악 할 수 있다. 게이트웨이가 설치된 개소는 민자로 환경센서가 설치되어있지 않아, 화면에 표시되지 않는다. ⓑ는 종합발전정보를 표시하는 영역으로 발전소에 설치된 모든 인버터의 발전량 정보를 합산하여 표시한다. ⓒ는 개별 인버터 정보 및 상태 영역으로 사용자는 아이콘 변화에 따라 현재 운전중인 인버터의 상태를 직관적으로 확인할 수 있다.

Fig. 13은 해당 개소의 발전 현황 트랜드를 보여준다. 사용자의 니즈(Needs)를 충족하기 위해 발전 데이터 표현 범위를 확장하는 개념으로 구성했다. Fig. 13(a)은 당일 또는 지정된 요일의 발전량과 환경센서 데이터를 표현한다. 계열(Time Series)로 수집된 발전 데이터와 센서 데이터를 20분 단위로 구간을 나누고 발전량은 히스토그램으로 센서 데이터는 선형그래프로 나타낸다. Fig. 13 (b)는 개별 인버터에서 생산되는 발전량을 일자별, 월별, 년도 별로 나타낸다. 사용자는 누적 생산량 그래프를 참고 하여 인버터의 발전 상태를 파악하고, 수리 및 교체 등의 후속 조치를 취할 수 있다.

현존하는 기존 RTU 시스템은 태양광설비에서 데이터를 수집 및 전송하는 통로역할인 단편적인 도구로 사용된다. 또한, 설비 제작 업체 및 공급업체에만 사용가능한 제약이 존재한다. 본 논문에서 제안한 RMC 게이트웨이는 이러한 제약사항을 탈피하여, 특정 기기에 한정하지 않고 국내외 다양한 태양광 설비에서 데이터를 수집하고 사용자에게 표현가능 한 일련의 규격으로 가공한다. 또한, 수집된 에너지 데이터를 분석하여 설비의 운영 상태 및 고장 현황을 실시간으로 사용자에게 표현할 수 있다. 추후, RMC 게

Fig. 11. Installed list Visualization of PV Site based on Site Data Base.

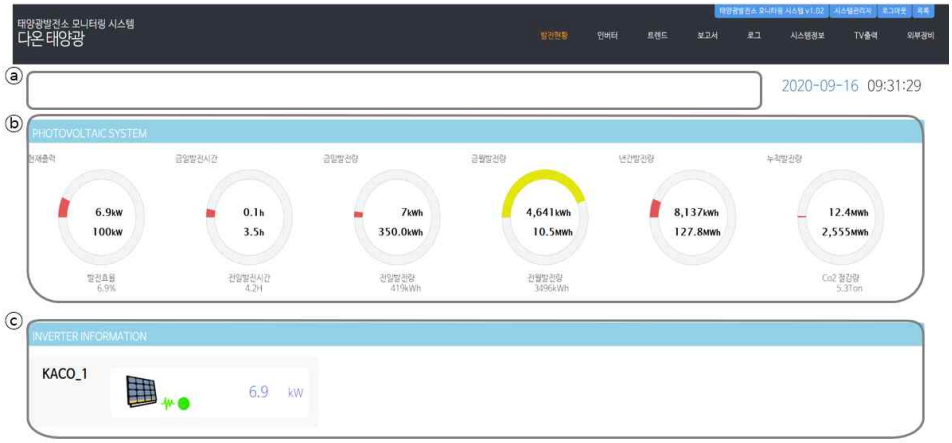
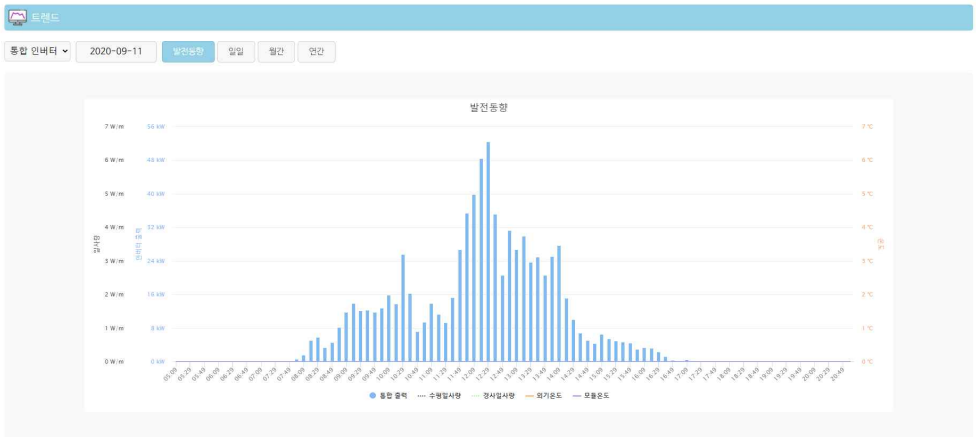
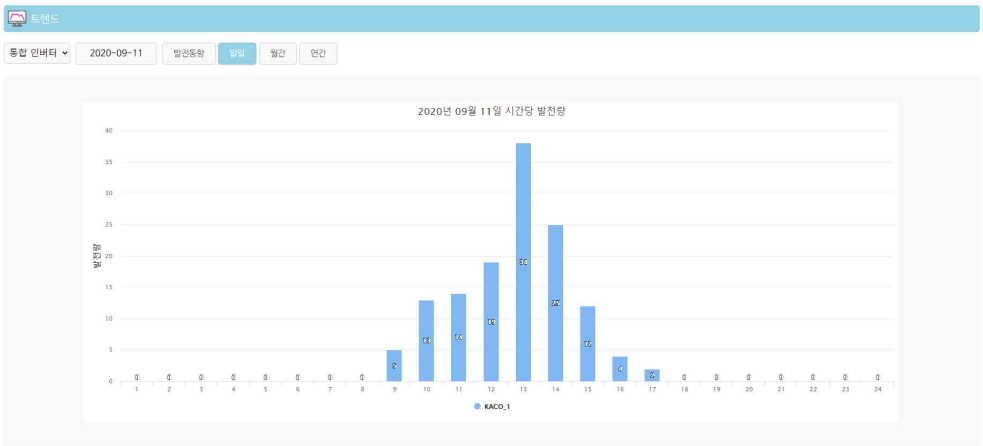


Fig. 12. Power generation status page based on installed site.



(a) Total information of power generation trend



(b) Monthly graph of power generation trend

Fig. 13. Power generation status (day, month, year) trend page based on installed site.

이트웨이에서 수집되는 에너지 데이터와 선형 모델 및 머신러닝 알고리즘을 활용하여 실시간 태양광 발전량을 예측할 수 있는 서비스를 제공하고자 한다.

4. 결 론

현재 O&M의 산업적 접근단계는 모니터링을 통해 태양광 발전설비의 발전량 출력 양상에 대한 관찰 수준에 불과하다. 신재생 에너지원 발전소가 증가함에 따라 이를 관리하는 관리시스템의 효율적인 운영 및 유지관리를 구현할 수 있는 새로운 O&M 운영기술이 필요하다. 신재생 에너지 플랜트의 상시 상태감시를 포함한 원격 관리 단말 및 게이트웨이에 대한 기술 개발이 필수적이다.

본 논문에서는 이러한 요구 사항을 만족시키기 위하여 O&M 시스템의 핵심인 RMC 게이트웨이를 구현 하였다. 태양광 발전시스템의 RMC(Remote Maintenance Controll) 게이트웨이는 태양광 설비에서 전송하는 발전 현황, 작동상태 등의 측정 데이터를 수집한다. RMC 게이트웨이는 특정 제작사에 한정하지 않고 이기종 태양광 설비를 지원한다. 수집된 데이터를 GUI를 통해 시각화하여 사용자에게 제공한다. 가장 큰 장점은 기본 네트워크 외에 추가로 IoT 망과의 연계를 통한 외부 통신 및 관리가 가능하므로, 내부 펌웨어의 원격 유지관리가 가능하고 시스템의 정상 동작 유무를 자체적으로 판단하여 상시 운영되도록 하는 시스템의 안정성 측면 강화하였다.

증가하는 분산전원 단지와 대용량 신재생 에너지 사이트 등 전체적인 신재생 에너지 발전소의 데이터를 바탕으로 성능을 분석하고, 실시간 감시하며 설비의 품질 및 신뢰도를 제공할 수 있는 ICT 기반 시스템으로의 진화가 필요하다.

향후 연구는 설비에서 수집되는 데이터의 형태를 분석하여 설비 성능저하, 부품 노후화, 열화를 발생시키는 베타적 요인에 대해 분석이 가능한 알고리즘을 RMC 게이트웨이에 이식하여 O&M(Operation & Management)으로 활용함으로써 신재생 에너지 산업 확산 및 O&M 시장에서의 새로운 모델을 제시하고 ICT기반 O&M 기간기술 요소로 활용될 것이다.

REFERENCE

[1] S. Hwangbo, K.J. Nam, J. Han, I.B. Lee, and C.K. Yoo, "Integrated Hydrogen Supply Networks for Waste Biogas Upgrading and Hybrid Carbon-Hydrogen Pinch Analysis Under Hydrogen Demand Uncertainty," *Applied Thermal Engineering*, Vol. 140, pp. 386-397, 2018.

[2] 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.

[3] S.H. Kim, S.W. Kim, B.H. Seong, M.G. Lee, S.B. Oh, and C.G. Hwang, "Relation between Module Tempertature 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.

[4] 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.

[5] 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.

[6] S.C. Lim, S.H. Hong, C.Y. Park, H.W. Cho, B.S. Song, and J.C. Kim, "Heterogeneous Equipment Support Monitoring System for Operation and Maintenance of Solar Power Plant," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 23, No. 9, pp. 1171-1180, 2020.

[7] G.H. Kim, "The Intelligent Solar Power Monitoring System Based on Smart Phone," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 20, No. 10, pp. 1949-1954, 2016.

[8] 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.

[9] 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.

[10] E. Roman, R. Alonse, P. Ibañez, S. Elorduiza-patarietxe, and D. Goitia, "Intelligent PV Module for Grid-connected PV Systems," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 53, No. 4, pp. 1066-1073, 2006.

[11] I. Cerón, E. Caamaño-Martín, and F.J. Neila, "'State-of-the-art' of Building Integrated Photovoltaic Products," *Renewable Energy*, Vol. 58, pp. 127-133, 2013.

[12] 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.

[13] Modicon, I. Modicon Modbus Protocol Reference Guide(1996), http://modbus.org/docs/PI_MBUS_300.pdf (accessed September 15, 2020).

[14] H.S. Hwang and Y.W. Seo, "A Development of Real-time Energy Usage Data Collection and Analysis System based on the IoT," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 22, No. 3, pp. 366-373, 2019.

임 수 창

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

2020년~현재 (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

송 법 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