

IEEE 2030.5 네트워크 프로토콜을 이용한 실시간 Hardware-in-the-Loop (HIL) 분산 에너지 자원 시스템 시뮬레이터

김진산¹, 노영태^{1,*}, Taesic Kim²

인하대학교¹, Texas A&M University-Kingsville²

jskim@nsl.inha.ac.kr, *ytnoh@inha.ac.kr, taesic.kim@tamuk.edu

Real-Time Hardware-in-the-Loop (HIL) Simulator for Distributed Energy Resources (DER) using IEEE 2030.5 Network Protocol

Jin San Kim¹, Young Tae Noh^{1,*}, Taesic Kim²

Inha University¹, Texas A&M University-Kingsville²

요 약

본 논문은 최근 분산 에너지 자원의 표준 네트워크 프로토콜로 선정된 IEEE 2030.5를 이용하여 분산 에너지 자원들을 실시간 시뮬레이션할 수 있는 Hardware-in-the-Loop (HIL) 시뮬레이터를 제안한다. 파워 인버터를 기반으로 하는 분산 자원들은 Matlab/Simulink에서 생성되었으며, OPAL-RT를 연동하여 실시간 분산 자원 시뮬레이션 모델을 제작하였다. 각 분산 자원 네트워크 레이어를 라즈베리파이로 구현하였고 분산 자원 컨트롤 서버를 구축하였다. 그리고 IEEE 2030.5의 클라이언트와 서버 프로토콜을 라즈베리 파이와 컨트롤 서버에 각각 구현하여 실시간 분산 자원 통신을 모사하였다.

I. 서론

분산 에너지 자원 (Distributed Energy Resources, DER)이란 배전 시스템에서 인버터를 활용해 제어 가능한 자원이다[1]. 최근 탄소 중립정책의 일환으로 신재생 에너지원 및 전기 자동차의 증가 등으로 인해 배전 시스템의 안정성이 더욱 중요해져 분산 에너지 자원에 대한 스마트한 관리와 제어가 더욱 필요하게 되었다. 일례로 미국의 California Public Utilities Commission (CPUC)은 발전 및 저장 시설을 설치하려는 고객들에게, 전력 회사의 배전 시스템에 연결할 발전 시설에 대한 상호 연결 및 계량요건 사항 등을 담은 Electric Rule 21을 준수하도록 요구한다[2]. CPUC는 2016년에 IEEE 2030.5 프로토콜을 기본 프로토콜 (Default protocol)로 정하였다. 하지만 해당 프로토콜을 이용하여 분산 에너지 자원관리와 제어 및 보안에 관한 실질적인 연구는 많이 진행되고 있지 않은 상황이다. 본 논문에서는, HIL (Hardware-in-the-Loop) 시뮬레이션 기법을 활용하여 IEEE 2030.5 네트워크 프로토콜을 준수하는 분산 에너지 자원 시스템 테스트베드를 구축하고자 한다.

II. 본론

그림 1은 제안된 실시간 분산 에너지 자원 시스템 테스트베드를 보여준다. 테스트베드에는 실시간 HIL 분산 에너지 자원 시뮬레이션 모델, IEEE 2030.5를 사용하는 분산 에너지 자원 클라이언트 디바이스 및 분산 자원 관리 시스템 (DERMS 또는 DER Aggregator)으로 이루어져 있다.

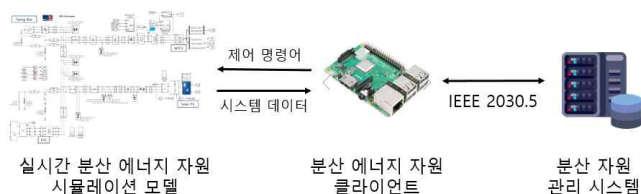


그림 1 실시간 분산 에너지 자원 시스템 테스트베드

분산 에너지 자원 모델은 태양광 시스템, 풍력 시스템, 에너지 저장 장치 시스템 및 부하 등이 배전 시스템에 연결된 시뮬레이션 모델로 Matlab/Simulink에서 생성되었으며, OPAL-RT와 연동해 실시간 분산 에너지 자원 시뮬레이션 모델을 제작하였다. 모델에서 만들어진 시스템 데이터는 IEEE 2030.5 기반 네트워크를 통해 분산 자원 관리 시스템으로 보내지고 분산 자원 관리 시스템으로부터 받은 제어 명령어를 실행하도록 하였다. IEEE 2030.5를 사용하는 네트워크는 라즈베리 파이 4를 이용하여 각각의 분산 자원의 네트워크 디바이스/게이트웨이와 분산 전원 관리 시스템을 모사하였고 해당 프로토콜을 준수하는 클라이언트-서버 프로그램을 Python 3.9.5를 이용하여 구현하였다. IEEE 2030.5 프로토콜의 특성에 맞추어 REST API를 구현하였으며, HTTPS/TLS 1.2의 TLS_ECDHE_ECDSA_WITH_AES_128_GCM_SHA256 암호화 스위트를 적용했다.

III. 결론

본 논문에서는 IEEE 2030.5 네트워크 프로토콜을 준수하는 HIL 분산 에너지 자원 시뮬레이터를 구축하였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 글로벌핵심인재양성지원사업의 연구결과로 수행되었음 (2020-0-01540)

참 고 문 헌

- [1] North American Electric Reliability Corporation, "Distributed Energy Resources Task Force Report", Feb. 2017.
- [2] California Public Utilities Commission, Rule 21.