

가상물리시스템 구현을 위한 RTDS와 OPAL-RT 사이의 연속적 데이터 송수신 방안

구동현*, Muhammad Ahsan Zamee*, 원동준*
 인하대학교 전기컴퓨터공학과*

Continuous Data Transmission between RTDS and OPAL-RT for Cyber Physical System

Donghyun Koo*, Muhammad Ahsan Zamee*, Dongjun Won*
 School of Electrical and Computer Engineering, Inha University*

Abstract - 급변하는 전력계통의 가상물리시스템(CPS : Cyber Physical System) 구현을 위해 실시간 시뮬레이터에 하드웨어를 연결한 HILS(Hardware-in-the-Loop-System) 기술을 사용한다. 고도화된 CPS 구현을 위해선 HILS을 통해 구현된 계통을 그대로 모사할 수 있어야 하며, 이를 위해선 HILS와 시뮬레이터 사이에 데이터의 송수신이 이루어져야 한다.

본 논문은 Database(DB)를 이용해서 RTDS에서 5초 데이터를 반복적으로 추출 후 해당 데이터를 OPAL-RT 시뮬레이터에서 실시간으로 출력하는 방안 관해 설명한다. 결론적으로 RTDS에서 데이터를 추출하는데 일정 시간이 걸리기 때문에 완벽한 실시간 데이터를 송수신하는 데에는 어려움이 있지만, 실시간에 가까운 데이터를 출력하는 것을 보여주었다.

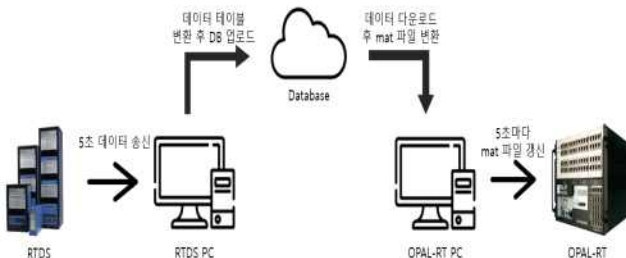
1. 서론

배전 계통에 분산 에너지 자원(DER : Distributed Energy Resources)이 대량 연계됨에 따라 배전 선로 용량 제한, 배전망 전압 및 주파수 불안정성 등을 관리하기 위해 새로운 운영 개념인 ADN(Active Distribution Network) 개념이 제시되었다. ADN은 배전망 성능을 향상하기 위해 정보통신기술(ICT)을 통해 다양한 제어 방법을 사용하며 이를 위해서는 CPS 기술 활용이 중요하다. [1]

급변하는 계통의 가상물리시스템을 구현하기는 쉽지 않다. 이를 위해 RTDS나 OPAL-RT 같은 실시간 시뮬레이터에 하드웨어를 연결한 HILS 기술을 통해 전력 계통을 구성하고 있다. CPS 구현을 위해선 HILS 기술을 통해 구현한 계통을 그대로 모사할 수 있어야 하며 이를 위해선 HILS 시뮬레이터의 출력 데이터를 실시간으로 수신할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 RTDS에서 구성한 간단한 회로의 출력 데이터를 OPAL-RT에서 실시간으로 받아보는 방안 관해 설명한다.

2. 본론

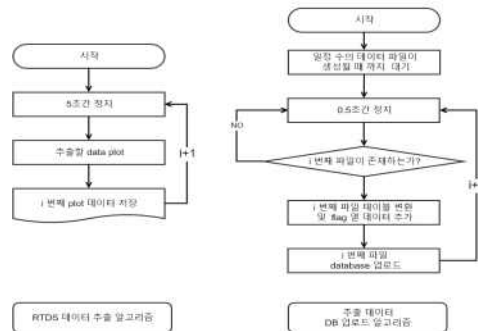
2.1 시뮬레이터 간 데이터 송수신 프로세스



〈그림 1〉 데이터 송수신 프로세스

논문에서 제시하는 데이터 송수신 프로세스는 RTDS에서 반복적으로 추출한 5초 데이터를 OPAL-RT에서 실시간으로 출력하는 것이다. 데이터는 RTDS, RTDS PC, OPAL-RT, OPAL-RT 순으로 이동한다.

2.1.1 RTDS에서 DB로의 데이터 업로드 알고리즘

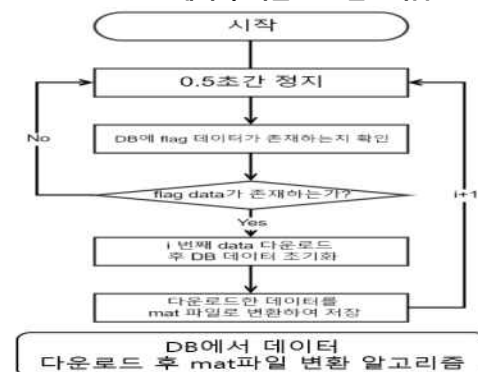


〈그림 2〉 RTDS에서 DB로 데이터를 업로드 하는 알고리즘

RTDS에서 생성된 데이터는 RSCAD 프로그램에서 data plot을 활용하여 추출하며, 추출된 데이터를 DB에 올리기 위해서 테이블 형식으로 변환한다. 이때 OPAL-RT PC에서는 DB에 데이터가 갱신되었는지를 확인해야 하므로 flag 데이터를 추가해서 업로드한다.

RSCAD에서 연속해서 데이터 추출 시 n 초 데이터를 뽑는 시간이 n 초보다 더 오래 걸리기 때문에 OPAL-RT에서 실시간으로 출력하는 데이터가 부족할 수 있다. 이를 방지하기 위해 일정 수의 데이터를 미리 추출 후 OPAL-RT 시뮬레이션을 동작한다.

2.1.2 OPAL-RT PC 데이터 다운로드 알고리즘



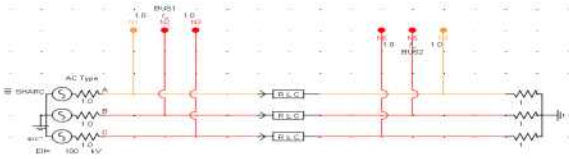
〈그림 3〉 OPAL-RT PC로 데이터를 다운로드 하는 알고리즘

OPAL-RT PC에서는 flag data를 통해 DB에 데이터가 갱신되는지 확인 후 다운로드를 한다. OPAL-RT에는 한 파일의 데이터가 끝날 때마다 새로운 파일의 데이터를 출력하는 OpFromFile 블록이 존재한다. 실시간으로 데이터를 출력하기 위해 위 블록을 사용할 것이며, 해당 블록이 mat 파일만을 인식하기 때문에 다운로드한 데이터를 mat 파일로 변경한다.

2.2 시뮬레이터 간 회로 구성도

본 절에서는 RSCAD의 구성 회로와 OPAL-RT에서의 OPFromFile 블록과 이를 구성하는 요소에 대해 설명할 것이다.

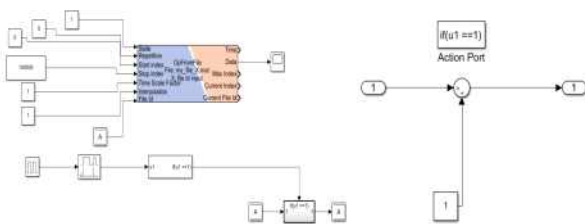
2.2.1 RTDS에서의 구성 회로도



<그림 4> 데이터를 추출할 RTDS 회로도

그림 4와 같이 데이터를 추출할 RTDS의 회로도에는 100kV, 30HZ 전원과 R,L,C 부하를 포함한 간단한 회로로 구성되어 있다. 본 연구에서 추출할 데이터는 2번 버스의 A상 5초 전압 데이터이며, 1개의 여분의 파일을 미리 추출한다.

2.2.2 OPFromfile 블록 설명 및 구성 요소

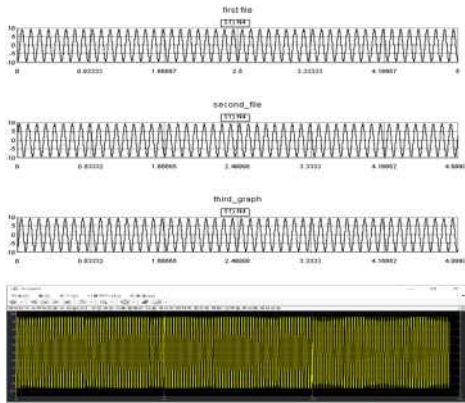


<그림 5> OPFromFile 블록 및 구성 요소

OPFromFile 블록은 mat 파일 이름을 숫자에 대해 오름차순으로 구성 시 (예를 들어 my_file0, my_file1) 한 파일의 데이터가 끝나면 바로 다음 숫자 파일의 데이터를 인식함으로써 실시간 출력이 이루어지게 한다[3]

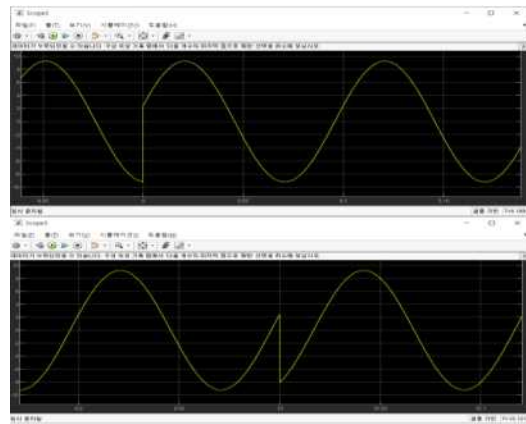
RTDS의 전압 데이터 시간이 5초이기 때문에 5초마다 다음 숫자 파일 이름을 인식하도록 해야 한다. 그림 5를 참고하면 PWM 블록과 rise edge 인식 블록, if 블록을 활용하여 5초마다 인식하려는 파일 이름의 숫자 부분이 1씩 증가하는 시스템을 구성하였다.

2.3 시뮬레이션 결과



<그림 6> RSCAD 3개 데이터파일 및 OPAL-RT 출력 결과

그림 6은 2.1.1 방식으로 추출한 3개의 RTDS 데이터파일과 해당 데이터를 15초 동안 OPAL-RT에서 출력한 결과이다. 이를 통해 RTDS에서 연속적으로 추출한 데이터가 OPAL-RT에서 실시간으로 출력이 이루어지는 것을 볼 수 있다.



<그림 7> OPAL-RT 출력 결과 확대 (5초, 10초 근방)

그림 7은 그림 6의 OPAL-RT 출력 결과에 대해 5초 및 10초 부분에서 확대한 그림이다. 해당 부분에서 정현파가 아님을 알 수 있다. 이러한 이유는 위에서 서술했듯이 RTDS에서 데이터를 추출하는데 일정 시간 걸리기 때문이며 해당 문제점을 해결한다면 실시간에 가까운 데이터 송수신이 가능할 것으로 보인다.

3. 결 론

Database를 활용하여 이 실시간 시뮬레이터 간 데이터를 송수신하는 연구를 하였다. 본 연구에서는 전압 1개 데이터에 대해서만 연구가 이루어졌지만, 전력 계통을 구현하기 위해선 더 많은 데이터의 송수신이 필요할 것으로 예상되며 이를 위해선 더 빠르게 데이터를 추출하는 방안을 찾아야 한다

앞으로 송수신된 데이터를 활용하여 파라미터(선로 파라미터 R, L, C 등)를 학습시켜 계통을 그대로 모사하는 연구를 할 예정이다. 최종적으로는 HILS에서 구현한 계통을 모사함으로써 보다 고도화된 CPS를 구현할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단-에너지클라우드기술개발산업의 지원에 의하여 이루어진 연구(No. 2019M3F2A1073)로서, 관계부처에 감사드립니다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술연구원(KEETEP)의 지원을 받아 수행한 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다. (No. 20210501010010)

[참 고 문 헌]

[1] Shi Zhan, LIU XINZHAN, HUANG YU, WANG YING "Real-Time Active Power Control Method of Regional Power Grid Considering Wind Power Fluctuations under CPS Framework", IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, VOL. 33, NO. 6, NOVEMBER 2018
 [2] M. D. Omar Faruque, Thomas Strasser, Georg Lauss "Real-Time Simulation Technologies for Power Systems Design, Testing, and Analysis", IEEE Power and Energy Technology Systems Journal, VOLUME 2, NO. 2, JUNE 2015
 [3] Armand Keyhani, Bhuvana Ramachandran "Real-time simulation of demand side management and vehicle to grid power flow in a smart distribution grid", 2017 IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT)