

# 마이크로 에너지 네트워크 최적화 및 HILS 기반의 테스트

이지혜\*, 유형준\*, 김남대\*, 전창조\*, 김학만\* 임용훈\*\*, 이재용\*\*  
\*인천대학교 전기공학과  
\*\*한국에너지기술연구원  
e-mail : hmkim@incheon.ac.kr

## Optimization of Microgrid Energy Network and Test on HILS System

Ji-Hye Lee\*, Hyeong-Jun Yoo\*, Nam-Dae Kim\*, Chang-Jo Jeon\*, Hak-Man Kim\*, Yong Hoon Im\*\*,  
and Jae Yong Lee\*\*  
\*Incheon National University  
\*\*Korea Institute of Energy Research

### 요 약

마이크로 에너지 네트워크란 건물군 내 에너지 수요를 최소한의 비용으로 충족시키기 위하여 다양한 에너지원으로 구성되어 있는 네트워크이다. 본 논문에서는 마이크로 에너지 네트워크의 최적 운용을 위한 마이크로 에너지 네트워크 EMS (Energy Management System)의 핵심 기능을 구현하고, 이를 HILS (Hardware-in-the-Loop Simulation) 시스템을 이용하여 추후 실제 마이크로 에너지 네트워크에 대한 적용 가능성을 검토하고자 한다.

### 1. 서론

최근 빌딩간에 에너지를 효율적으로 사용하기 위하여 실제로 유럽, 미국, 중국 등을 중심으로 마이크로 에너지 네트워크 실증단지를 구축, 운영하고 있으며 이를 통하여 이 기술의 실용화를 계획하고 있다[1]. 마이크로 에너지 네트워크란 특정 건물군 내 에너지를 효율적이고 통합적으로 운영하는 기술로서, 전력 뿐만 아니라 열 에너지도 산업 경쟁력을 강화하기 위하여 거래 형태의 사업으로 발전 될 것으로 예상되고 있다.

따라서 본 논문에서는 전력과 열 에너지 네트워크 망이 연계된 마이크로 에너지 네트워크의 최적 운용을 위한 수리적 모델을 수립하고, 마이크로 에너지 네트워크 EMS의 핵심 기능을 구현하고자 한다. 또한, 제안된 모델의 타당성을 검증하고자 HILS (Hardware-in the Loop Simulation) 시스템을 이용하여 실제 마이크로 에너지 네트워크에 대한 적용 가능성을 검토하고자 한다.

### 2. HILS 시스템

다양한 공학분야에서 이론 모델과 실제 시스템이 아날로그 및 디지털 신호를 실시간으로 주고 받음으로써 실제 시스템의 동특성을 해석할 수 있는 기법을 HILS 시스템이라 한다. 이러한 HILS 시스템은 실제 시스템을 사용함으로써 실제와 유사한 환경에서 시스템의 성능을 검증할 수 있어

시뮬레이션 결과에 대한 신뢰도를 향상시킬 수 있다. 또한 시간적, 비용적 문제를 최소화할 수 있기 때문에 전력시스템, 자동차 등 다양한 분야에서 연구가 진행되고 있다[2].

### 3. 마이크로 에너지 네트워크 EMS

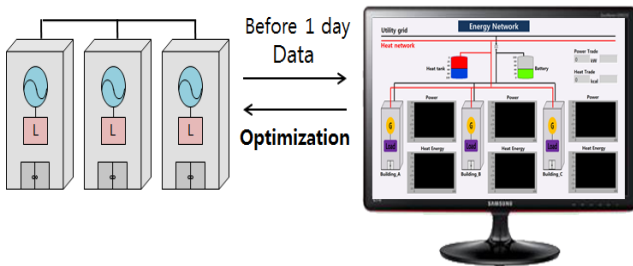
마이크로 에너지 네트워크란 에너지 수요를 최소한의 비용으로 충족시키기 위하여 다양한 에너지원으로 구성되어 있는 네트워크이다. 마이크로 에너지 네트워크의 효율적인 운용을 위해서는 최적화에 기반한 최적운용이 필수적이며 이는 EMS에 의하여 이루어지고 있다.

EMS란 에너지 소비 패턴과 예측 데이터를 기반으로 실시간 상황에 따라 에너지를 효율적으로 관리할 수 있는 시스템이다[3]. EMS의 주요 기능은 네 가지로 구분할 수 있으며, 이는 각각 다음과 같은 사항을 수행하고 있다.

- 데이터 취득 및 감시: 기존의 데이터를 기반으로 실 시간적인 에너지 소비 상황을 분석
- 예측: 간헐적으로 생산되는 신재생 전원과 부하 예측 데이터를 기반으로 데이터베이스 구축
- 최적화: 에너지 네트워크의 최적 운용을 위하여 수리적 모델 수립
- 제어: 최적 데이터를 각 발전원에 전달함으로써 마이크로 에너지 네트워크의 전반적인 효율성 향상

본 논문에서는 그림 1과 같이 건물군을 대상으로 에너지 생산 비용을 최소화하는 EMS 프로토타입을 구축하였으며, 운용절차는 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. BEMS(Building Energy Management System)를 통한 매 시간 구간의 건물 데이터 수집
2. 전력과 열의 거래가격 정보와 건물 내부의 발전단가를 고려하여 EMS(Energy Management System)를 통한 최적화 수행
3. 최적운용계획을 각 BEMS에게 통보
4. 각 BEMS는 EMS로부터 받은 최적 운용 계획에 근거하여 건물 운용계획을 재 수립

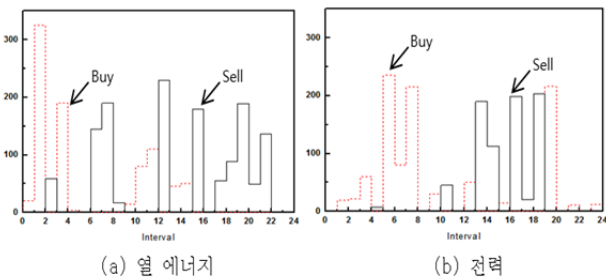


(그림 1) 마이크로 에너지 네트워크 EMS 운용 절차

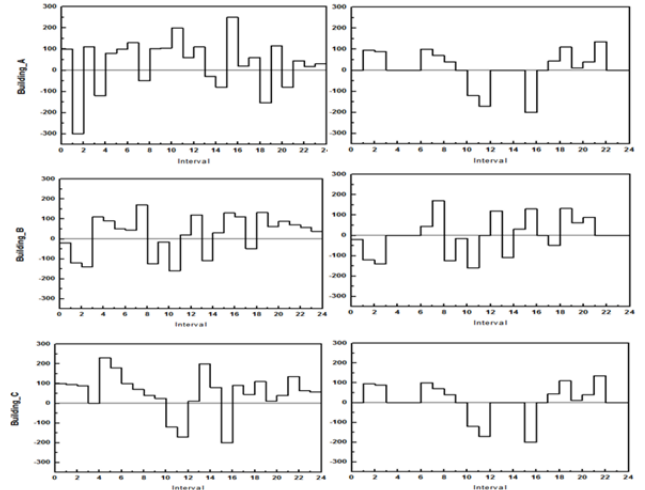
#### 4. 시뮬레이션

본 논문에서의 마이크로 에너지 네트워크 EMS는 Visual C++과 CPLEX(ILOG)를 이용하여 개발되었다. 또한, 이를 검증하기 위하여 마이크로 에너지 네트워크를 실시간 디지털 시뮬레이터인 OPAL-RT에 모델링하고 수식모델을 통하여 얻은 최적 데이터를 CompactRIO를 통하여 데이터 통신이 가능한 HILS시스템을 구축하였다.

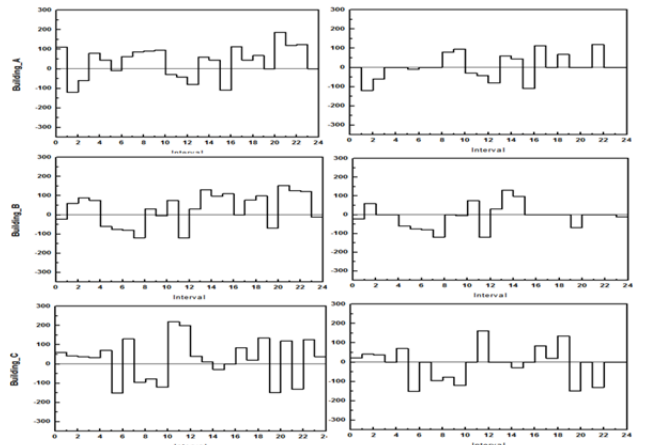
그림 2,3은 BEMS로부터 받은 건물 데이터를 EMS를 통하여 최적화를 수행하고 그 결과를 나타낸 그림이다. 최소한의 비용으로 건물군의 수요량을 충족시키면서 열과 전력의 구간별 거래 가격과 생산 단가를 고려하여 그림 4와 같이 구간별 최적 거래량을 결정하였다. 이는 마이크로 에너지 네트워크의 최적 운용이 거래가격과 생산 단가를 고려하여 계획됨을 알 수 있다.



(그림 4) 최적 거래량



(a) BEMS로부터 받은 건물 데이터 (b) 최적화된 열 생산량  
(그림 2) 열 에너지 부분 시뮬레이션 결과



(a) BEMS로부터 받은 건물 데이터 (b) 최적화된 전력 생산량  
(그림 3) 전력 부분 시뮬레이션 결과

#### 5. 결론

본 논문은 마이크로 에너지 네트워크의 최적 운용을 위하여 수리적 모델을 정식화하고, 이를 실시간 디지털 시뮬레이터인 OPAL-RT를 이용하여 HILS시스템을 구축하였으며 최종적으로는 마이크로 에너지 네트워크 EMS의 실제 시스템에 대한 적용가능성을 검토하였다.

추후 연구로는 시간에 따라 출력량이 일정하지 않은 신재생 전원을 포함하여 그에 따른 연구를 수행할 계획이다.

#### 참고문헌

[1] Energy Networks Association. [Online]. Available: <http://www.energynetworks.org>.  
 [2] 유형준, 김학만, 유현재, 유현석, 박재세, 이병하, “OPAL-RT기반 HILS시스템을 이용한 마이크로그리드 모델링 및 제어,” 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 821-823, 2012.  
 [3] G. Celli, F. Pilo, G. Pisano, G. G. Soma, “Optimal Participation of a Microgrid to the Energy Market with an Intelligent EMS,” Proceedings of 2005 IPEC Power Engineering, Vol. 2, pp.663-668, Dec. 2005.