

마이크로그리드 환경에서 다중 에이전트 시스템 설계

임유진*, 김학만**, 유형준**
 *수원대학교 정보미디어학과
 **인천대학교 전기공학과
 e-mail: yujin@suwon.ac.kr

Conceptual Design of Multi-Agent System for Microgrid

Yujin Lim*, Hak-Man Kim**, Hyeong-Jun Yoo**
 *Dept. of Information Media, University of Suwon
 **Dept. of Electrical Engineering, University of Incheon

요 약

마이크로그리드 (microgrid)의 성능을 최적화하기 위해서는 마이크로그리드를 구성하는 분산 시스템간 협력적인 제어 기능이 요구된다. 멀티에이전트 (multi-agent) 시스템은 이러한 마이크로그리드의 분산 제어를 위한 해결책 중 하나이다. 본 논문에서는 중앙 집중방식 멀티에이전트 시스템을 기반으로 마이크로그리드의 효율적인 제어를 위한 시스템을 설계하였다.

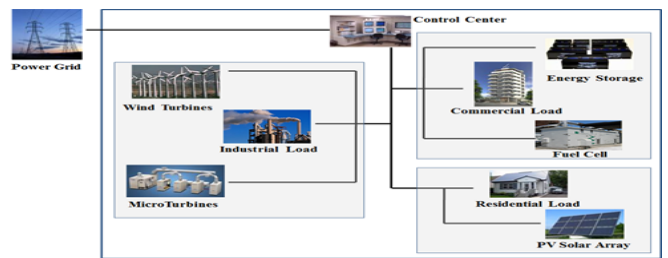
1. 서론

최근 전력의 수요 증가와 화석 연료의 원가 상승으로 인하여 신재생 에너지에 대한 관심이 증가하고 있다. 이러한 신재생 에너지의 효율적인 활용을 위한 하나의 해법으로 마이크로그리드 (microgrid)가 주목받고 있다 [1]. 마이크로그리드는 작은 지역사회에 안정적인 전력 공급을 제공할 수 있는 해법으로, 그림 1과 같이 분산 전원 (distributed generator), 분산 저장 (distributed storage), 부하 (load) 및 제어 장치 (control center) 등으로 구성된다. 마이크로그리드의 성능을 최적화하기 위해서는 마이크로그리드를 구성하는 분산 시스템간 협력적인 제어 기능이 요구된다. 에이전트 (agent) 시스템은 이러한 마이크로그리드의 분산 제어를 위한 좋은 해결책 중 하나이다. 에이전트 시스템은 자율성 (autonomy), 사회성 (social ability) 및 지능성 (intelligence) 등의 특성을 가지는 하드웨어 또는 소프트웨어 객체로, 특정한 목적을 위해 사용자를 대신해서 작업을 수행하는 자율적 프로세스이다 [2]. 그러나 마이크로그리드를 위한 멀티에이전트 시스템 (Multi-Agent System: MAS)은 정형화된 구조가 없어 MAS의 올바른 동작을 위해서는 목적에 맞는 MAS 구조를 설계하여야 한다. 본 논문에서는 마이크로그리드 시스템의 효율적인 제어를 위하여 MAS 구조를 설계한다.

2. 마이크로그리드 시스템

마이크로그리드는 제어 대상이나 목표에 따라 계통 연계형 (grid connected) 또는 독립형 (islanded)으로 구분한다. 마이크로그리드의 운용 목표는 MGOCC (Microgrid Operation & Control Center)라 불리는 제어 장치를 통하여 전력 생산과 소비의 균형을 맞추는 것

이다. 또한 부하의 전력 요구사항을 만족시키면서도 전력원의 사용을 최적화하는 것을 목적으로 한다.



(그림 1) 마이크로그리드 구조

계통 연계형 마이크로그리드는 계통과 연계되어 운용되므로 부하 변동 시 계통으로의 연결을 통하여 전력의 균형을 쉽게 맞출 수 있다. 또한 전력 계통 구축이 어려운 지역이나 독립적 발전원을 가지는 지역사회에 이용될 수 있는 독립형 마이크로그리드는 최근 많은 주목을 받고 있다. 독립형 마이크로그리드는 부하 변동 시 계통 연결을 통하여 전력 수급을 맞출 수 없기 때문에, MGOCC를 통한 분산 시스템들의 동작 제어를 통하여 전력 균형을 맞추어 한다. 따라서 보다 지능적인 제어를 위한 에이전트 시스템이 요구된다.

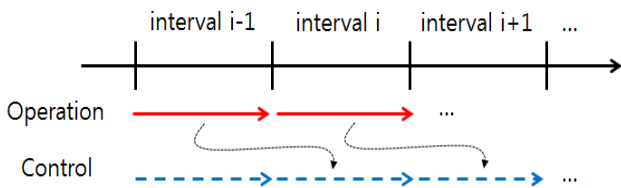
마이크로그리드에 적용될 수 있는 멀티에이전트 구조는 표 1과 같이 중앙 집중방식과 분산방식을 고려할 수 있다 [3]. 중앙 집중방식은 감독 (supervisor) 에이전트가 시스템 내의 다른 에이전트들로부터 필요한 정보를 수집하여 의사 결정 (decision making)을 수행한다. 이러한 방식은 의사 결정이 신속하며 경제적 효율성이 높다. 반면, 분산방식은 다수의 에이전트가 의사 결정에 참여하는 방식으로 중앙 집중방식에 비하여 보다 융통성있고 적응적으로 환경 변화에 대처

할 수 있다. 이를 위해서는 에이전트들은 각기 자신의 의사를 결정할 수 있는 능력을 가지고 있어야 한다. 본 논문에서는 독립형 마이크로그리드 시스템을 위한 중앙 집중방식 멀티에이전트 시스템을 설계한다.

<표 1> MAS 시스템 비교.

	중앙 집중방식	분산방식
특징	하나의 감독 에이전트를 통하여 시스템이 제어됨. 하나의 장치에 의해 의사가 결정됨.	하나의 감독 에이전트가 없으며 다수의 에이전트들이 의사 결정에 참여함.
플러그 앤 플레이 (plug & play)	감독 에이전트를 통해 에이전트의 추가와 삭제가 이루어짐.	특정 조건의 만족 여부에 따라 에이전트의 추가와 삭제가 결정됨.
생존성 (survivability)	전체 시스템이 감독 에이전트에 의존적임.	시스템 제어를 특정 에이전트에 의존하지 않음.
신뢰성 (reliability)	감독 에이전트 오류 시 시스템 붕괴 위험.	전체 시스템이 하나의 에이전트에 의존하지 않음.
동기화 (synchronization)	제어 명령이 순차적으로 발생함.	제어 명령이 비동기식으로 동시에 발생할 수 있음.

본 논문에서 제안하는 마이크로그리드 시스템은 다음과 같은 에이전트들로 구성된다: 분산전원 에이전트, 분산저장 에이전트, 부하 에이전트, MGOCC 에이전트. 본 논문에서는 전력 균형을 위한 에이전트간 상호협력 기능을 중심으로 각 에이전트를 정의한다. 각 에이전트들은 구간 기반 (interval based)으로 동작하며, 그림 2 와 같이 다음 구간 즉, interval i 에서의 제어 (control)를 위한 계획 수립 (operation)을 위하여 각 에이전트는 이전 구간 즉, interval $i-1$ 에서 정보를 교환한다.



(그림 2) 구간 기반 제어

분산전원 에이전트: 분산 전원 시스템들은 에이전트를 통하여 다음 구간의 전력 생산 예상량 및 생산 단가를 MGOCC 에게 알린다. 또한 MGOCC 가 결정하는 다음 구간의 전력 생산량을 기반으로 전력 생산을 제어하고 모니터링한다.

분산저장 에이전트: 분산 저장 시스템들은 에이전트를 통하여 현재 자신의 전력 저장량과 저장 가능 용량을 MGOCC 에게 알린다. 또한 MGOCC 가 결정하는 다음 구간의 전력 충전 및 충전량, 또는 전력 방전

및 방전량을 기반으로 동작한다.

부하 에이전트: 부하 시스템들은 에이전트를 통하여 다음 구간의 전력 필요량을 MGOCC 에게 알린다. 전력 부족 시 MGOCC 는 부하 에이전트에게 부하 차단 (load shedding)의 양을 결정하여 알리고, 부하 에이전트는 각 부하 요구의 우선 순위를 고려하여 전력 수요를 제어하고 모니터링 한다.

MGOCC 에이전트: MGOCC 에이전트는 다음 구간 운용 계획 수립을 위하여 분산 시스템들로부터 관련 정보를 수집한다. 수집된 정보를 기반으로 에이전트는 의사 결정을 시작한다. 전원공급량이 전력수요량에 비하여 많다면 분산전원 에이전트를 통하여 전력 생산량을 줄이고, 분산저장 에이전트를 통하여 전력 충전을 시행한다. 반대로, 전원공급량이 전력수요량에 비하여 적다면 분산저장 에이전트를 통하여 전력 방전을 시행하고, 부하 차단을 시작한다. 이때 시스템 전체의 이득을 최대화하면서도 공평한 부하 차단을 결정하는 것이 중요하다. 이를 위하여 최근, 게임이론 [4]을 적용하는 연구가 진행되고 있다. 이는 시스템을 전력을 위해 경쟁하는 분산 시스템들의 집합으로 보고, 부하들이 자신의 부하 요구를 위하여 서로 경쟁하고 충돌함으로써 전체 시스템 성능이 저하될 수 있다는 점에 주목하였다. 일단, MGOCC 에이전트의 의사 결정을 통해 다음 구간 운용 계획이 확정되면 MGOCC 에이전트는 확정된 계획을 해당 에이전트들에게 알림으로써 분산 시스템이 제어된다.

3. 결론

본 논문에서는 중앙 집중방식 멀티에이전트 시스템을 기반으로 마이크로그리드의 효율적인 제어를 위한 시스템을 설계하였다. 향후, 마이크로그리드의 성능을 최적화하기 위해 게임이론에 기반한 분산 시스템간 협력적인 제어 기능 개발을 진행할 것이다.

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No. 20111020400220)

참고문헌

[1] N. Hatziargyriou, H. Asano, R. Iravani, and C. Marnay. "Microgrids," IEEE Power Energy, vol. 5, no. 4, pp. 78-94, 2007.
 [2] M. Wooldridge. "An Introduction to Multiagent Systems," 2nd Edition, A John Wiley and Sons, Ltd, Publication, 2009.
 [3] C. M. Colson and M. H. Nehrir. "Algorithms for Distributed Decision-Making for Multi-Agent Microgrid Power Management," IEEE Power and Energy Society General Meeting, pp. 1-8, July 2011.
 [4] W. W. Weaver and P. T. Krein. "Game-Theoretic Control of Small-Scale Power Systems," IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 24, pp. 1560-1567, 2009.