

마이크로 그리드의 효율적인 에너지 소비를 위한 블록체인 기반 분산 AI 프레임워크

전정민^o, 강선무, 홍충선^{*}

경희대학교

{jmjeon0212^o, etxkang, cshong^{*}}@khu.ac.kr

Decentralized AI on Blockchain for efficient energy consumption in Micro-grid

Jeong Min Jeon^o, Sun Moo Kang, Choong Seon Hong^{*}

Kyung Hee Univ.

요약

마이크로그리드 개념의 등장으로 EMS(Energy management System)는 중앙집중형 에너지 공급시스템에서 ICT 융합기반 분산형 에너지 공급시스템으로 패러다임이 변화하고 있다. 이러한 패러다임의 변화와 함께, 미래 사회는 IoE(Internet of Energy)를 기반으로 에너지를 공유함으로써 에너지 사용 및 온실가스 사용을 최소화하는 제로 에너지 사회로 변화될 것이다. 이를 가능하게 하는 분산형 에너지공급시스템의 정착 및 확대를 위해서는 에너지 공유 및 거래를 위한 사용자의 자발적인 참여가 필요하며 에너지 거래 시, 신뢰성과 확장성이 보장되어야 한다. 이에 본 논문에서는 마이크로그리드 환경에서 에너지 거래 참여자가 제공하는 데이터 량에 따른 인센티브 메커니즘을 제안한다. 제안하는 인센티브 메커니즘은 AI와 블록체인 기술이 융합된 메커니즘으로써, 에너지 거래 데이터셋을 구축하기 위해 거래 참여자들에게 데이터 제공에 대한 동기를 부여한다. 또한 인센티브 메커니즘을 통해 확보된 데이터셋을 기반으로 Smart Contract 기반 지속적인 학습 모델 업데이트 프로세스가 구축되며, 이는 마이크로그리드 내에 전력 소비/공급을 구성하는 각 요소의 서로 다른 인공지능 모델 중 에너지 최대효율 인공지능 모델 생성을 할 수 있다.

I. 서론

4차 산업혁명의 대표적인 기술로 관심을 받는 블록체인 기술은 최근 에너지 분야에 적극적으로 적용되고 있으며, 에너지 부문 블록체인 관련 사업체가 전 세계적으로 2016년 09월 11개에서 2018년 1월 135개로 10배 이상 급증할 만큼 빠른 속도로 확산되고 있다 [1]. 블록체인이 융합된 에너지 분야 기술의 장점은 데이터의 무결성 및 신뢰성을 보장한다는 점이며, 더 나아가 에너지 거래 환경에서 활용되는 데이터를 실시간으로 공유하기 위한 분산화된 데이터 공유 시스템을 구축할 수 있다는 점이다. 이에 최근 관련 연구에서는 마이크로그리드 기반 에너지 거래 환경에서도 블록체인이 적용된 에너지 거래 모델이 고려되고 있다 [2], [3]. 하지만 이러한 거래 모델의 경우, 효율적인 에너지 거래 및 관리를 위해 사용자의 적극적인 참여가 무엇보다 중요하며 인공지능 기술을 접목시키기 위한 참여자의 데이터 확보가 필요하다.

이에 본 논문에서는 마이크로그리드 기반 에너지 거래 환경에서 사용자의 거래 참여 유도를 위한 인센티브 메커니즘을 제안한다. 사용자는 거래 참여 및 자신의 데이터를 제공함으로써 인센티브를 부여 받고 전체 에너지 거래 모델로 하여금 인공지능 기반 효율적인 에너지 공유 및 소비 체계를 구축할 수 있도록 한다. 인센티브 메커니즘은 Hyperledger fabric Alpha 2.0에서 제시한 FabToken을 활용하는데, 이는 Transaction 결과물의 합 개념인 Unspent Transaction Output (UTXO) 방식을 사용하며, 에너지 소비와 공급 거래 데이터 셋을 생산·공유한 사용자에게 Token을 제공함으로써 이루어진다. 또한, 인센티브 메커니즘과 더불어 인공지능 기술을 접목하여 Smart Contract 기반 학습 모델의 지속적인 업데이트를 가능하게 하는 프로세스를 구축함으로써 효율적인 에너지 소비와 생산을

유도하는 기법을 제안한다.

본 논문에 2장에서는 마이크로 그리드의 개념과 FabToken에 대한 내용을 다루고, 3장에서는 시스템 모델과 제안하는 메커니즘에 대해 설명한다. 마지막으로 4장에서는 본 논문의 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 관련연구

2.1 마이크로그리드의 개념.

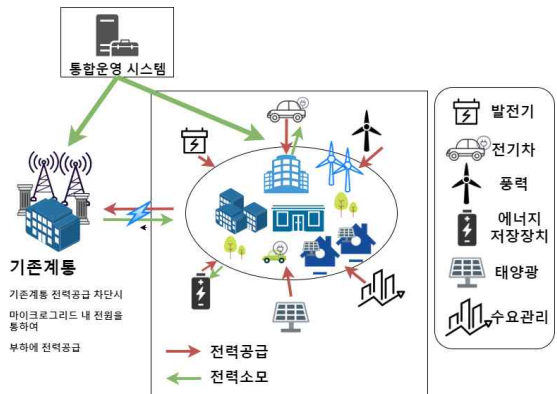


그림 1 마이크로 그리드 개념도

마이크로그리드는 명확히 정의된 전기적 범위 안에서 상호 연결된 '수용가'와 DER (Distributed Energy Resources)의 그룹으로 계통에 대하여 하나의 제어 가능한 개체이며, 계통으로부터 연결 및 독립을 할 수 있는 분산 에너지 전력 시스템이다. 다시 말해, 마이크로그리드는 지역화된 전

력망으로 수용가와 풍력, 태양광 등 분산 에너지 자원(DER)을 연결한 것이다. 전체 전력 계통과 독립적(off-grid)으로 동작하여 전력의 지급자족이 가능하며, 필요에 따라 계통의 연계(on-grid)되어 동작할 수도 있는 전력망이다[4]. 따라서 본 논문에서는 마이크로그리드 환경에서 자발적인 참여자 유도를 위한 인센티브 매커니즘과 최대 에너지 소비 효율을 낼 수 있는 인공지능모델 생성을 위한 업데이트 프로세스를 제안한다.

2.2 FabToken

Fabric 2.0 Alpha release 버전에서는 패브릭 채널에서 자산을 토큰으로 쉽게 표현할 수 있는 기능을 사용자에게 제공한다. FabToken은 UTXO모델을 사용하여 Hyperledger Fabric에서 제공하는 ID 및 멤버십 인프라를 사용하여 토큰을 발행, 전송 및 사용하는 토큰 관리시스템이다 [5]. 이 FabToken을 사용자에게 제공함으로써 사용자의 참여 동기를 부여할 수 있고 확보된 데이터셋을 통해 효율적인 에너지 소비를 위한 더 발전된 인공지능 모델을 생성할 수 있다.

III. 제안사항

3.1 시스템 모델

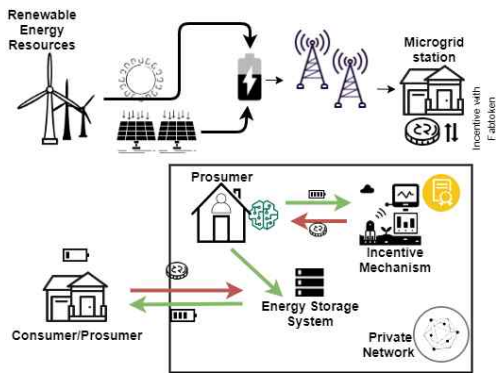


그림 2 시스템 모델

본 논문은 그림 2와 같이 Hyperledger fabric¹⁾ 허가형 블록체인을 활용한다. 재생에너지 자원을 마이크로그리드를 통해 ESS (energy storage system)에 저장되고 사용자에게 제공한다. 기계학습을 통한 효율적인 소비 또는 공유가 발생할 때 발생하는 거래를 블록에 저장한 후 데이터셋을 구축한다. 구축된 데이터셋을 필요한 비즈니스 모델 기업/정부에 제공하면 본 논문에서 제안하는 인센티브 매커니즘을 통해 FabToken을 받는 구조이다. 허가형 블록체인에 많은 시나리오에서 네트워크 구성 및 피어 환경에서 인센티브 매커니즘이 없으면 비즈니스 구성원은 새로운 네트워크에 참여할 가능성이 작다. 본 논문에서는 비즈니스 거래기반 인센티브 매커니즘을 설계한다.

3.2 분산 AI 인센티브 매커니즘

본 논문에서는 총 3 단계로 구성되어 있는 분산 AI 기반의 인센티브 매커니즘을 제안한다. 약속 단계(1 단계)에서는 인공지능 모델의 Loss function을 정의하고 에너지 소비자 또는 공급자는 Test Dataset 100개를 동일한 부분으로 나눈다. 그 후 100개의 암호화 해시를 Upload 한다. 스마트계약은 이러한 해시 중 10개를 임의로 선택한다. 에너지 거래 제공자가

10개의 부분 데이터 셋을 Upload 하고 그들이 일치하지 않으면 10개의 해시를 중단한다. 이 부분에서 시간제한에 의한 거절도 설계한다. 참여 단계(2 단계)에서는 스마트계약에서 초기 모델인 h0를 정의하고 포함한다. 참가자는 인증을 거친 후 참가자 자신은 데이터 셋을 제공한다. 모델은 h1부터 h0까지 업데이트한다. 마지막으로 보상단계(3 단계)에서는 제공자가 90개의 부분 데이터 셋을 Upload 한다. 정확한 데이터인지 검증은 마친 후, 검증이 완료되었다면 FabToken을 지급한다. 실패하였다면 스마트계약을 실행하지 않는다. 제안하는 인센티브 매커니즘을 통해 최대 효율을 낼수 있는 인공지능 모델생성을 할 수 있다.

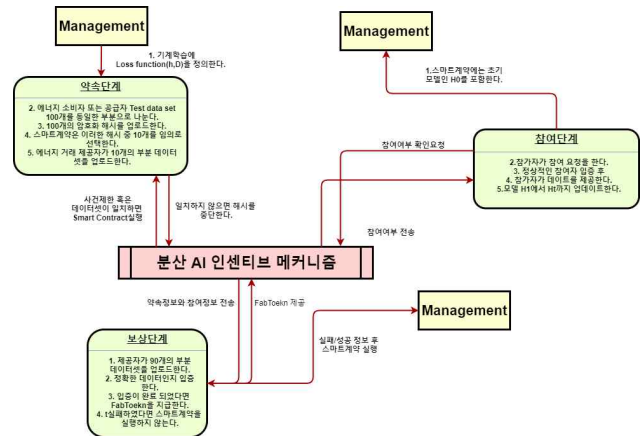


그림 3 분산 AI 인센티브 매커니즘 flow-chart

IV 결론

본 논문에서는 FabToken을 통해 마이크로그리드의 에너지 소비/공급 데이터를 기계학습 모델을 통해 최대효율을 내는 모델을 찾고, 참여자의 자발적인 참여를 유도하는 인센티브 매커니즘을 제안한다. 본 매커니즘을 활용하여 적절한 보상을 줌으로써 사용자의 참여를 유도하고 Smart Contract를 지속해서 업데이트되는 모델 호스팅이 가능하며 참여자가 적극적으로 데이터를 제공함으로써 데이터 셋을 확보하는 인프라를 효율적으로 구축할 수 있다.

향후 연구로는 Hyperledger fabric Alpha 2.0을 활용하여 블록체인 네트워크를 구축하고 매커니즘 구현 및 성능평가를 진행하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 70300038) *Dr. CS Hong is the corresponding author

참고 문헌

- [1] 박찬국. (2018). 블록체인, 에너지 부문 기회와 과제. 에너지경제연구원 수시연 구보고서, (), 1-118.
- [2] Jeon Min Jeon, Sun Moo Kang, Choong Seon Hong, "MicroGrid Energy Sharing Framework using Permissioned Blockchain," KNOM 2019.
- [3] M. L. Di Silvestre, P. Gallo, M. G. Ippolito, E. R. Sanseverino and G. Zizzo, "A Technical Approach to the Energy Blockchain in Microgrids," in IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 14, no. 11, pp. 4792-4803, Nov. 2018.
- [4] "Microgrid", <https://whatis.techtarget.com/definition/microgrid>.
- [5] "Hyperledger fabricdocs Documentation" "<https://buildmedia.readthedocs.org/media/pdf/hyperledger-fabric/latest/hyperledger-fabric.pdf>

1) 본 논문에서 제시한 매커니즘은 Hyperledger Fabric에 국한되지 않고, Ethereum과 같은 다른 블록체인 플랫폼에도 적용될 수 있다.