

블록체인 네트워크를 이용한 빅데이터 분석 기반 생산 · 소비량 인증 전력 거래 시스템에 관한 연구

김영곤[†] · 허걸 · 최중인

서울대학교 차세대융합기술연구원

(2019년 10월 4일 접수, 2019년 11월 13일 수정, 2019년 11월 20일 채택)

A Study on the Production and Consumption Authentication Power Trading System based on Big Data Analysis using Blockchain Network

Young-Gon Kim[†] · Keol Heo · Jung-In Choi

Advanced Institutes of Convergence Technology(AICT) Seoul National University

(Received 4 October 2019, Revised 13 November 2019, Accepted 20 November 2019)

요 약

이 논문은 에너지 클라우드 참여 프로슈머의 신뢰성 있는 생산 및 소비량 인증에 기반 한 개인 간 거래, 클라우드 간 거래, 그리고 소규모 분산전력 증개시장 참여 등의 다양한 에너지 프로슈머 비즈니스 모델에 필요한 생산 · 소비량 인증 기반 전력 거래 시스템에 관한 고찰이다. 이 시스템은 에너지 거래에 있어 가장 중요한 파라미터로 간주할 수 있는 거래 정산의 신뢰성을 확보하기 위한 것으로서 에너지 프로슈머로부터 수집되는 발전 · 소비 빅데이터 분석에 의한 인증 기반 블록체인 스마트 컨트랙트 체결을 위한 것이다. 이를 위하여 IoT AMI로부터 수집된 빅데이터 분석 시스템과 AMI와 연계 구성된 프라이빗 블록체인 네트워크를 적용한 생산량 인증 시스템 구성을 소개하고 블록체인 스마트 컨트랙트를 활용한 전력 거래 매칭 방식을 제안한다. 마지막으로 에너지 클러스터 거래 시스템 및 비즈니스모델을 알아본다.

주요어 : 전력거래, 블록체인, 빅데이터, 에너지 클라우드, 인공지능

Abstract - This paper is a review of the certification system required for various energy prosumer business models, including P2P energy trading and participation in small demand response programs, which are based on reliable production and consumption certification. One of the most important parameter in energy trading is ensuring the reliability of trading account balancing. Therefore, we studied to use big data pattern analysis based blockchain smart contract between trading partners to make its tradings are more reliable. For this purpose big data analysis system collected from the IoT AMI and a production authentication system using a private blockchain network linked with the AMI is discussed, using the blockchain smart contract are also suggested. Futhermore, energy trading system concept and business models are introduced.

Key words : energy trading, blockchain, big data, energy cloud, A.I

1. 서 론

최근 에너지 분야는 기존 단방향 에너지 흐름을 수용하는 인프라를 양방향 에너지 흐름을 수

용하는 새로운 인프라로 변환함과 동시에 이를 새로운 인터넷 연결 기술을 통해 모두 연결된 하나의 에너지 생산 소비 공간으로의 변환이 진행되고 있다. 이러한 새로운 수요 · 공급 방식에 의한 에너지 클라우드 네트워크로의 패러다임 전환은 다양하고 자유로운 에너지 거래 및 공유를 가능케 하여 모든 사회 구성원이 첨단 미래 스마트

[†]To whom corresponding should be addressed.

Tel : +82-31-888-9512 E-mail: hyper1003@snu.ac.kr

에너지 혜택을 누릴 수 있는 기회를 제공 할 것으로 예상된다. 즉, 기존의 일방적인 공급자로부터 소비자로의 흐름에서 벗어나 온라인 플랫폼에 연계된 소비와 생산이 가능한 프로슈머[1]는 에너지 사용은 줄이고 생산은 늘리는 방식으로 공급과 수요의 차이를 최소화하는 최적 운영을 통해 발생되거나 스스로의 생산·소비 패턴에 의해 발생하는 잉여 에너지 판매[2,3]를 통해 수익을 볼 수 있게 된다. 더불어 수요와 공급이 맞지 않는 경우에는 외부 에너지사업자와의 기존 거래의 방식으로 거래를 통해 필요한 에너지용량을 확보 할 수 있으므로 전체 그리드측면에서 중앙 집중형의 장점인 규모의 경제와 분산자원의 특징인 계통유연성 및 회복력이라는 장점 두 가지를 적절한 제어 관리를 통하여 취할 수 있게 되어 안정적이고 스마트한 에너지 공급이 가능하다. 또한 아파트 단지 등 공유 용지에 설치한 태양광 발전소 또는 연료전지 등의 시설 및 운영에 대한 일정 지분을 가지는 다수의 참여자들에 의해 생산된 에너지의 공유기술 및 관련 비즈니스모델 또한 활발히 연구되고 있다.

이러한 마을 또는 도시단위로 형성되는 에너지 클라우드는 제로에너지 즉, 모든 에너지 사용과 공급을 해당 클라우드 내에서 해결하는 것이 가장 바람직하므로 해당 클라우드 내 독자적인 대용량 분산전원의 설치 운영 뿐 만 아니라, 기존 소비만을 하였던 가정, 빌딩, 공장 등의 수용가 또한 분산전원을 설치하여 생산을 같이 할 수 있는 에너지노드로의 역할이 매우 중요하다. 이들이 다루어야 하는 주 에너지원은 전력 및 열(냉·난방) 에너지를 들 수 있다. 제로에너지를 달성하기 위한 방식은 크게 패시브 및 액티브방식으로 나눌 수 있으며, 패시브 제어[4]는 건축물의 단열 창호 설치 등을 예로 들 수 있고 액티브 방식에는 최적인 제어에 의한 발전자원 효율 극대화 및 생산

된 전력에너지의 거래, 공유 그리고 절감에 의한 수요전력(DR; Demand Response)시장 참여 등이 있다.

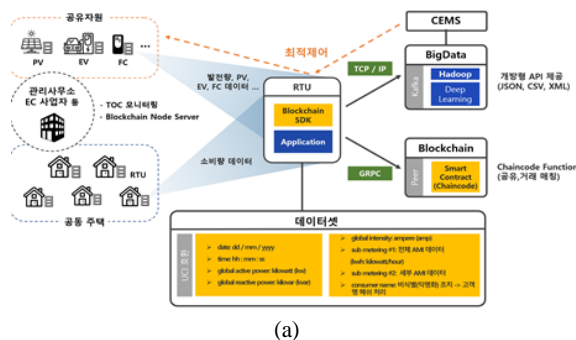
본 논문에서는 액티브 방식인 개인 간 거래, 클라우드 간 거래, 그리고 소규모 분산전력 중개시장 참여 등의 에너지 거래에 있어 가장 중요한 파라미터로 간주할 수 있는 거래 정산의 신뢰성을 확보하기 위한 방법으로 프로슈머로부터 수집되는 발전 및 소비 빅데이터 분석 기반 인증에 의한 거래주체 간 블록체인 스마트 컨트랙트 체결 방식을 제안하고 사물인터넷 지능형 검침 인프라 (IoT AMI , Internet of things Advanced Metering Infrastructure)로부터 수집 된 빅데이터 분석 시스템과 AMI 와 연계 구성된 프라이빗 블록체인 네트워크를 적용한 전력 거래 시스템 및 비즈니스 모델을 소개한다.

2. 생산 · 소비 패턴 분석에 의한 전력 거래 매칭 시스템

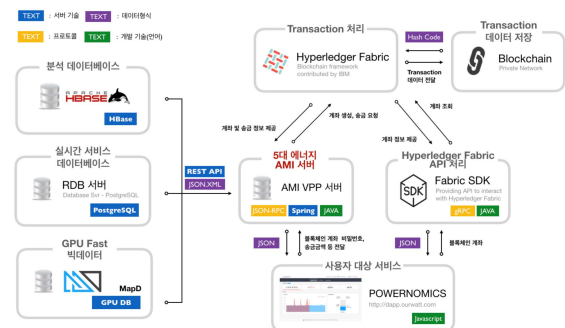
에너지 클라우드 네트워크 참여 프로슈머의 전력 거래 매칭 시스템은 블록체인 네트워크 에너지 거래시스템, 수집된 AMI 데이터 저장 및 분석에 사용되는 개방형 API 제공 빅데이터 시스템 그리고 스마트컨트랙트에 의한 이상 거래 감지에 의한 인증 정산 기술을 담당하는 생산·발전량 인증으로 구성된다.

2-1. 블록체인 네트워크 에너지 거래 시스템

에너지 클라우드[5] 네트워크 참여 프로슈머의 전력 거래 매칭 시스템[6]은 Fig.1.(a) 에서와 같이 공동주택 및 공유자원내의 태양광발전(PV ; Photo Voltaic), 전기자동차(EV ; Electric Vehicle), 연료전지(FC ; Fuel Cell)등의 분산 발전자원의 실시간 IoT AMI 데이터를 수집 후 블록체인 네트워크와



(a)



(b)

Fig. 1. (a)Blockchain network trading system diagram (b)data flow diagram

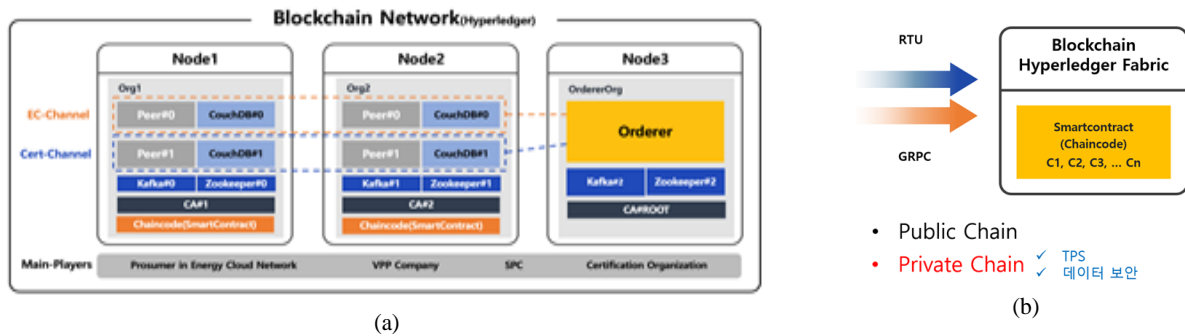


Fig. 2. (a)Blockchain network node diagram (b)smart contract(Chaincode) diagram



Fig. 3. (a)Testbed server (b) Grafana network monitoring screen shot

빅데이터로 연계하는 원격터미널장치(RTU ; Remote Terminal Unit)를 이용한 데이터 수집 부분, Kafka 스트리밍 방식 정의된 데이터셋형식으로 저장되는 빅데이터시스템, 프라이빗 블록체인 네트워크로 구성된 공유·거래 매칭 부분 그리고 클라우드 에너지관리시스템 (EMS ; Energy Management System)으로 구성된다. 블록체인 네트워크는 오픈소스 기반 허가형 하이퍼레저 패브릭 플랫폼을 적용하였고 신속한 거래 정산이 요구되는 전력 거래 특성을 고려하였다.

하이퍼렛저 프라이빗 블록체인 네트워크 테스트 베드는 Fig.2.(a), Fig.3.(a)와 같이 서버 3대를 노드로 활용하여 Docker(Swarm)기반으로 구축하였다. 이 시스템은 에너지 클라우드 사업자, SPC 사업자, 공중 기관 등 3개 유형의 기관이 허가형 블록체인 네트워크로의 참여가 가능할 뿐만 아니라 노드 운영도 가능한 구조로 개발되었고 인증기관 계층 구조로 네트워크 보안 및 안정성을 향상시킬 수 있도록 하였다. 또한 에너지 트랜잭션 블록사이즈를 거래의 발생 건수, 트랜잭션 예상 도달 비율을 감안하여 최적화 하고 프라이빗 허

가형 블록체인의 특징을 활용해 BTF(Byzantine Fault Tolerance)적 검증이 아닌 인증기관 및 보증 정책으로 합의 및 보증을 활용함으로써 퍼블릭 블록체인의 느린 정산 속도를 극복할 수 있는 구조로 구축하였다. 거래 정산 알고리즘을 수행하는 스마트컨트랙트는 Fig.2.(b)와 같이 Chaincode를 사용하였다.

테스트베드는 Fig.3.(a)에서와 같이 빅데이터 클러스터 내 3대의 서버에 구축하여 테스트 하였고, Channel 및 Private Data 기능 구현으로 개인정보 보호 기능을 고려하면서 Fig.3.(b)의 그림과 같이 블록체인 탐색기(Blockchain Explorer), 그라파나(Grafana), 프로메테우스(Prometheus) 등 모니터링 및 성능측정 툴 체인을 설치하여 활용하고 있다.

2-2. 전력 빅데이터 분석 시스템

전력 빅데이터 분석 시스템[7,8,9,10]은 Fig.4.(a)에서와 같이 2개의 매니지노드(Manage Node), 9개의 데이터노드(Data Node) 그리고 1개의 엣지노드 (Edge Node)로 구성된 12개의 노드(Node)도 구성 된다. 이 구성 요소는 단일 시스템처럼 동작할

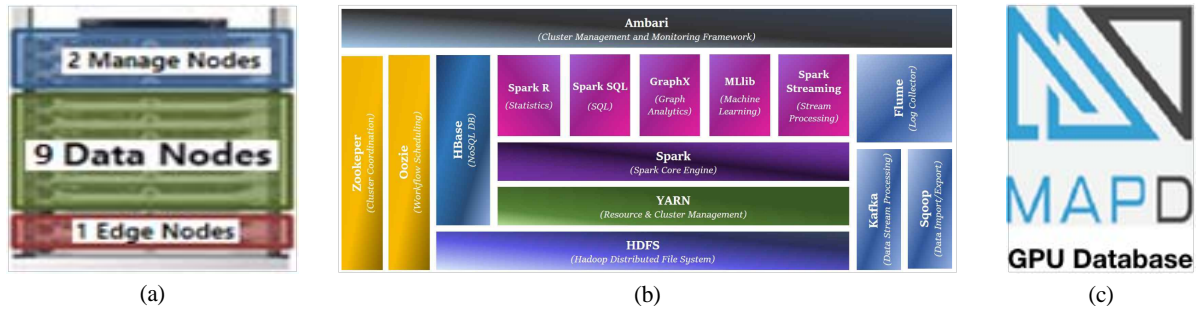


Fig. 4. (a)Big Data Server Cluster Configuration (b)Framework Diagram (c) MapD

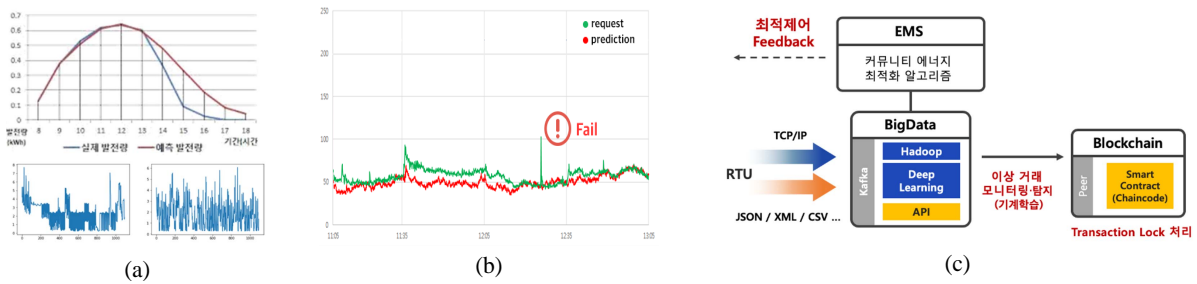


Fig. 5. (a)Energy prediction (b)Abnormality detection (c)trading matching system diagram

수 있는 가상 서버 클러스터 구조이며, 각 노드의 컴퓨팅 자원과 상태를 관리하는 매니지먼트, 데이터를 저장하고 처리하는 데이터노드 그리고 외부 네트워크 간 인터페이스 역할을 하는 엣지노드로 이루어져 있다. Fig.4.(b)에서와 같이 오픈소스 프레임워크인 하둡 기반으로 설계되어 년 또는 수 개월 단위의 비 실시간 분석에 사용하고 월단위의 실시간 분석에는 Fig.4.(c)의 MapD를 적용한 GPU Fast 빅데이터 분석방식이 사용되어 상위관제시스템 어플리케이션의 분석요청에 신속한 대응이 가능한 구조이다.

2-3. 빅데이터 분석에 의한 생산·소비량 인증에 의한 정산

에너지 클라우드 참여 자원간의 거래는 소액위주 거래가 예상되므로 저렴한 거래 정산비용 및 신뢰성 있는 정산이 필요하다. 이를 위해 블록체인 네트워크 거래 시스템으로 저렴한 정산이 가능토록 함과 동시에 에너지 빅데이터 시스템과 연계된 분석에 의한 발전량, 소비량 거래 매칭 이상 감지 기능을 제안한다. 이 방식은 아래 Fig.5.(a)와 같이 인공지능 알고리즘을 활용하여 거래 요청 자원의 생산·소비량을 예측하고 참조하여 Fig.5.(b)

와 같이 거래 요청 값과 예측 값을 비교하는 알고리즘을 적용한 Fig.5.(c)와 같은 거래 정산 시스템을 제안한다. 이로써 이상 거래 파악에 의한 거래 매칭 정산 스마트컨트랙트를 수행하여 보다 신뢰성 있는 정산이 이루어 질수 있다. 예를 들어 판매자의 지역 날씨, 발전·소비 패턴 등 다양한 파라미터에 의한 예측결과의 범위를 크게 벗어나는 거래요청을 시스템적으로 정지 또는 지연에 의한 재 시도를 시키는 것이 가능하다. 예측 알고리즘은[11] 프로슈머의 전력 사용량 데이터셋을 각각 실시간, 단기, 중기 및 장기 예측을 나타내는 분별, 시간대별, 일별 및 주별로 분류하여 다양한 목적에 적합한 전력수요 예측 모델로 구성하게 되며, 정교한 전력 사용량 예측을 위해 1)EECP-CBL 모델을 검토 중이다. EECP-CBL은 다양한 평가 지표인 MSE(Mean Square Error), RMSE (Root Mean Square Error), MAE(Mean Absolute Error) 및 MAPE(Mean Absolute Percentage Error) 에서 최근 제안된 예측 모델보다 더욱 우수한 예측 성능을 보일 것으로 예상하고 있다.

1) EECP-CBL(The Electric Energy Consumption Prediction model utilizing the combination of CNN and Bi-LSTM) CNN(Convolutional Neural Network), Bi-LSTM(Bi-directional Long Short-Term Memory)

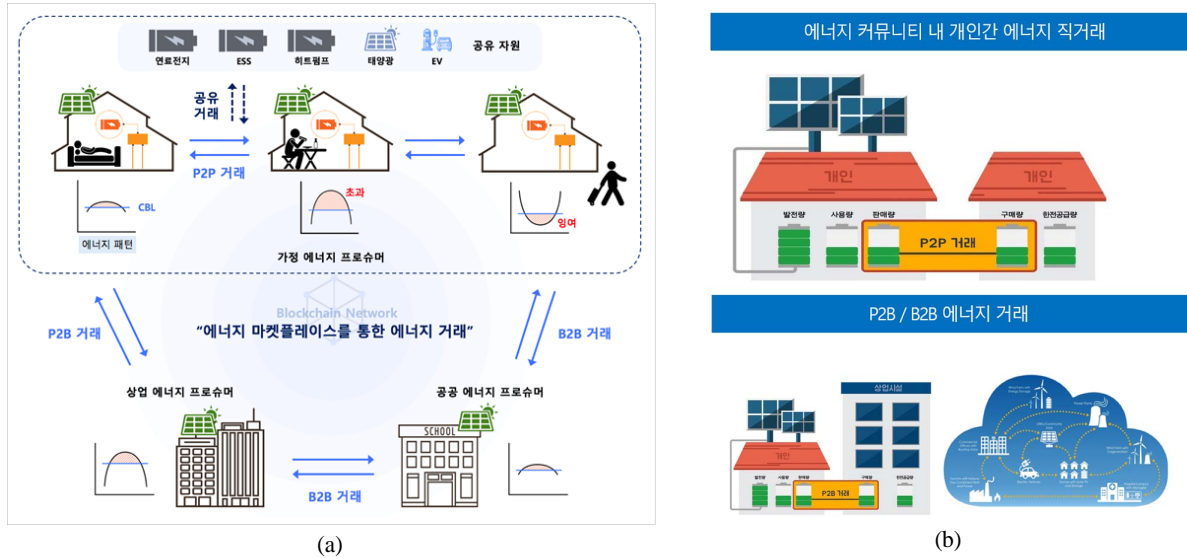


Fig. 6. (a)Concept for energy trading by pattern (b) Business model(draft)

3. 에너지 클라우드 거래 비즈니스모델 개념

에너지 클라우드 거래는 Fig.6.(a)에서와 같이 프로슈머의 고객기준부하 대비 소비·발전 패턴 간에 발생하는 잉여 및 부족 에너지의 활용에 관심이 집중된다. 예를 들어 높은 일사량으로 태양광 패널에서의 발전량이 소비를 초과하여 잉여가 발생한 참여자원은 반대로 부족한 상태인 자원에 에너지를 Fig.6.(b)의 P2P 개인 간 거래 및 P2B/B2B거래를 통하여 거래를 가능케 함으로써 판매자, 구매자, 클라우드 운영자 모두가 이익을 볼 수 있는 모델이 성립될 뿐만 아니라 전력망 공급자는 급증하는 전력수요를 안정적으로 공급하기 위한 막대한 그리드 투자를 지연 또는 중지 시킬 수 있게 되는 효과를 볼 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결론 및 향후계획

허가형 블록체인 네트워크인 하이퍼렛저 시스템과 에너지 빅데이터 시스템을 연계 하여 인공지능 예측기법에 의한 생산·소비 패턴 기반 고신뢰 전력 거래 정산 시스템을 제안하였다. 이 시스템을 활용하면, 소 용량, 소액거래가 예상되는 에너지 클라우드 참여자들의 다양한 거래를 저비용, 고신뢰로 정산 처리가 가능하게 되므로 에너지 클라우드 운영자 및 참여자의 이윤 극대화시킬 수 있게 되므로 신재생 에너지 확대에 기여할 수 있을 것으로 기대 된다.

향후계획은 제안한 시스템의 실증테스트를 통

한 다양한 유형의 에너지 거래 비즈니스 모델에 대한 지속적인 연구를 수행할 예정이다.

5. 부록

본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20171210201170)

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음.(과제번호 19PIYR-B153318-01).

References

1. 예기평, 2019, 산업기술 R&D 전략 보고서(요약본) 에너지프로슈머 전략투자 분야
2. 김형진, 2018.5, 블록체인 기반 최신 플랫폼에 대한 조사, 정보과학회지 36(5), pp. 28-33
3. 장현국, 삼정회계법인, 산업통상자원부, 2015, 전력상계거래 실태조사 및 개선방안
4. 최경석, 2019, 커뮤니티단지 기반 제로에너지건축 기술별 민감도 분석, 건축환경설비 Vol.13 No.4
5. Jonas Schlund, 2019, A distributed ledger based platform for community-driven flexibility provision, <https://doi.org/10.1186/s42162-019-0068-0> Energy Informatics
6. 김영곤, 2018.12, 블록체인 네트워크를 이용한 소규모분산전력 거래플랫폼의 정산소요시간에 관한 연구, 에너지공학 27(4), pp. 86-91

7. Jungin Choi, 2015, Development of the Big Data Management System on National Virtual Power Plant, 10th International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing (3PGCIC), pp. 100-107
8. Apache Hadoop. <https://hadoop.apache.org/>
9. Apache Spark. <https://spark.apache.org/>
10. MapD. <https://www.omnisci.com/cloud/>
11. S.W. Baik et al., 2019, Improving electric energy consumption prediction using CNN and Bi-LSTM, Applied Sciences, Vol. 9, p. 4237