한국컴퓨터정보학회 동계학술대회 논문집 제28권 제1호 (2020. 1)

블록체인 기반 신재생에너지 거래 연구

김재형[O], 민연아[*], 백영태[**]
[O]가천대학교 전기공학과,
[*]가천대학교 소프트웨어학과,
[**]김포대학교 멀티미디과
e-mail: babymoomoo@naver.com, yah0612@naver.com, hannae@kimpo.ac.kr

A Study on Blockchain-based Renewable Energy Trading

Jae-Hyeong Kim[O], Min-YounA[*], Baek-YeongTae[**]
[O]Dept. of electric engineering, Gachon University,
[*]Dept. of Software engineering, Gachon University,
[**]Dept. of Multimedia Kimpo University

● 요 약 ●

환경문제와 더불어 우리나라의 신재생 에너지에 대한 관심이 증가하고 있다. 현재 한전과의 상계거래 체결을 통해 관리되고 있는 태양광 에너지 관리는 친환경 신재생 에너지의 대표적 모델이다. 본 논문에서는 가정에서 발생하는 태양광패널의 잉여 전력량을 이웃과 거래하는 P2P(Peer to Peer)방식을 제안하였다. 제안하는 방식을 통하여 각 가구의 데이터를 활용하여 에너지에 대한 수요-공급량을 도출하고 균형거래가격을 결정하여 참여자 간 합리적 에너리 관리가 가능하다.

키워드: 신재생에너지(Renewable Energy), 블록체인(blockchain)

I. Introduction

정부의 신재생에너지 정책으로 인해 신.재생에너지에 대한 관심은 높아지고 있다. 태양광 패널이 설치되어 있는 대부분의 가정은 한전과 상계거래를 체결하고 있다. 상계거래는 전기요금 계산 시 월 부하 사용량에서 월 태양광 발전량을 차감하는 방식이다.

2019년 국내 태양광시장 동향에 의하면 2019년 1분기 국내 태양광 설치량은 615MW로 양호한 성장세를 지속하고 있으며, 올해 2GW 이상 설치될 것으로 예상되며 이를 통하여 신재생에너지의무사용(RPS : Renewable Portfolio Standard) 및 재생에너지 보급확대 노력을 확인할 수 있다. 올해 국내 태양광 설치량은 작년에 이어 2GW를 넘어설 것으로 예상되며, 이로 인해 국내 태양광 산업은 크게 활성화될 것으로 예상되고 있다.

본 연구에서는 향후 개발 가능한 가정간 태양간 직거래의 모델로써 블록체인 활용 태양광전력P2P 거래 환경을 구현하였다.

해당 연구를 통하여 향후 가정간,가정과 기업간 투명한 거래모델 제시가 가능하다.

II. Preliminaries

블록체인은 신뢰를 담보하는 제 의 기관 없이도 네트워크 참여자들이 공동으로 정보 및 가치를 검증,저장함으로써 신뢰성을 확보할 수 있는 분산원장 기술 중 하나이다.블록체인은 블록 들이 해시값(Block) (Hash))로 연결 되어 있고 블록에는 복수의 정보가 들어있다.

블록들은 시간별로 정렬되어 있고 개별 블록들은 이전 블록과 연결되어 있어서 하나의 블록을 변경하게 되면 다른 블록의 내용도 다 변하게 되므로 체인이 길어질수록 블록의 신뢰도가 증가하게 된다.블록에 들어갈 수 있는 데이터는 금융 거래정보뿐만 아니라 무역거래정보 에너지 사용정보 등 목적에 따라 ,다양화할 수 있다.

위조 및 변조를 방지하기 위해 전자 서명과 해시함수를 이용하는데 전자 서명은 디지털 서명이라고도 표현하고 전자 데이터의 타당성을 검증하기 위해 개인키와 공개키를 사용하고 해시함수는전자데이터를 무작위로 정해진 길이의 문자열로 변환한 값이다. 이로인해 거래에서 블록체인을 사용할 경우 거래의 안정도와 신뢰성이 높아진다.

특히, 신재생에너지 정책에 부응하는 다양한 에너지에 대하여 블록체인 기술을 도입함으로써 투명한 에너지 거래 시스템 구축 에너지 수요관리 효율화 등 새로운 부가가치를 창출할 수 있을 것으로 예상한

다.에너지 블록체인은 전력공급자와 소비자들 간에 자동적으로 전력 거래를 할 수 있게 함으로써 거래비용을 줄이고 에너지 거래정보를 분산원장에 공유함으로써 투명한 전력거래를 할 수 있게 한다.

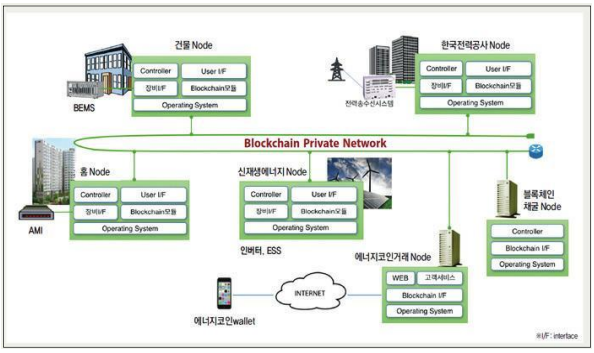

Fig. 1. example of energy blockchain

에너지 블록체인의 사례는 미국 중국 등을 통하여 활발하게 확인할 수 있다. 국내에서도 다양한 에너지의 투명한 거래와 정확한 관리를 우하여 블록체인 기반의 관리가 필요하다.

III. The Proposed Scheme

본 연구에서 P2P거래를 시뮬레이션 하기 위해서 다음과 같은 방식으로 진행하였다.

구분	내용
하드웨어 시뮬레이션	전력거래 상황을 제어하기 위한 마이크로 그리드 구축 필요, 모의환경을 구축하여 거래 시뮬레이션 진행.
Equilibrium price	수요와 판매에 대한 만족을 극대화 하기 위한 정확한 수식기반 균형가격 제시 필요, 균형가격 도출 진행.

equilibrium price는 수요-공급와 곡급곡선의 접점을 통하여 구하였다.사용한 변수는 다음과 같다.

Table 1. Variable of equilibrium price

변수	정의	변수	정의
E_i	판매자i의 판매량	R_n^{buy}	구매자n의 이익
E_j^{dem}	구매자j의 수요량	$E_{n,con}$	구매자 n의 월 전력 소비량
Ns	총 판매자수	$E_{n,buy}$	구매자 n의 P2P거래 구매량
Nb	총 구매자수	P_{eq}	P2P거래의 균형가격
ϵ	수요,공급그래프의 곡률	R_{total}	판매자 집단의 총 수입
P_n	누진n단계의 전력량 요금	R_m	판매자m의 수입
$J_{original}$	P2P거래에 참여하지 않았을 때의 비용	J_{P2P}	P2P거래에 참여했을 때의 비용

공급 곡선은 가격이 높아짐에 따라 판매량이 늘어나는 특성을 지닌 우상향 그래프이며 아래와 같이 지수함수로 나타냈다.

$y = e^{\varepsilon_1 x} + a$ (x축 범위 : $0 \le x \le E_{total}$, y축 범위 : $P_2 \le y \le P_3$)로 일반적인 공급 그래프지만 그래프의 범위를 누진재 요금 2~3단계 사이로 제한하여 전력에 적용할 수 있도록 적용하였다.

이때 $a = P_2 - 1$, $\varepsilon_1 = \dfrac{\ln(P_3 - a)}{E}$이다.

수요 곡선은 가격이 높아짐에 따라 구매량이 줄어드는 특성을 지닌 우하향 그래프이며 아래와 같이 지수함수로 나타냈다. 역시 범위를 제한하여 전력에 적용할 수 있도록 하였다.

$y_{dem} = \dfrac{1}{\varepsilon_2 x + b}$ (x축 범위 :$0 \le x \le E^{dem_{total}}$, y축 범위 : $P_2 \le y \le P_3$)

이때 $b = \dfrac{1}{P_3}$, $\varepsilon_2 = \dfrac{1}{E^{dem_{total}}(P_2 - b)}$ 이다.

이 두 그래프를 python의 fsolve 함수를 하용하여 equilibrium price를 구하였다.

구매자 이익도출을 위한 식은 다음과 같다.

$$R^{buy_n} = J_{original} - J_{P2P}$$

$$J_{original} = 7{,}300 + 200P_1 + 200P_2 + (E_{n,con} - 400)P_3$$

$$J_{P2P} = 1{,}600 + 200P_1 + 200P_2 + (E_{buy})P_{eq}$$

누진제 3단계구간(450kWh초과)를 대상으로 하고 있기 $J_{original}$은 거래에 참여하지 않았을 때 전기요금 계산 식이고 J_{P2P} 는 거래에 참여하였을 때 전기요금 식이다.

2단계처럼 낮추어 주기에 2단계식에서 p2p거래에 참여하였을 때 산 전력만큼이 식에 더해졌다. 이 둘의 차이를 통해 전력구매자의 이득을 구한다.

판매자 이익을 도출하기 위한 식은 다음과 같다.

$$R_m^{sup} = R_{total}^{sup} \times \left(E_m^{sup} / \sum_{i=1}^{Ns} E_i^{sup} \right)$$

파이썬을 통해 구현한 equilibrium price는 다음과 같다.

Fig. 2. equilibrium price

IV.Conclusions

신재생 에너지 발굴이 활발하게 진행됨에 따라 신재생 에너지 중 하나인 태양광을 보다 투명하고 정확하게 관리하기 위하여 본 논문에서는 블록체인 기술 기반 P2P거래를 제안하였으며 이 과정에서 균형가격과 equilibrium price에 대한 효율적 도출식을 제시하였다.

향후 현실적인 적용이 가능한 실제 모델로의 적용이 필요하다.

REFERENCES

[1] Choi Jung-hoon, Kim Dae-soo, Lee Won-poong, Won Dong-jun, “P2P electricity trading pricing and power trading structure proposal using demand-supply curve,” 2019

[2.] Campbell R. McCobbell, Stanley L. Brue, Sean M. Flynn, “Economics,” 「Mc Graw Hill, 」

[3] Woo Cheong-won, “A Study on the Introduction of Energy Blockchain,” STEPI 222, 2018

[4] Jae-Yong Lee, “Start of electricity trade demonstration project between prosumer neighbors,” Korea Electric Power Culture Company, 2018

[5] Kang Jung-hwa, “The Solar Industry Report for the First Quarter of 2019,” 2019