

블록체인 기반 에너지 프로슈머간 소규모 전력거래를 위한 HEMS 시스템 활용 방안 연구

박종태*, 정수미*, 김성철*, 박택근*, 박재현*

*한전KDN(주) 전력 IT연구원

e-mail:core.0070@kdn.com

A Study on HEMS for BlockChain based small scale of power trading between e-Prosumers

Chong-Tai Park*, Jae-Hyun Park*, Su-mi Jung*

*KEPCO KDN Power IT Research Institute

요 약

본 논문은 블록체인 알고리즘을 탑재한 HEMS 시스템을 활용하여 전력의 생산과 소비를 동시에 수행하는 에너지 프로슈머들 간의 안전하고 신뢰성 있는 전력거래 시스템을 구현하기 위한 방안을 연구하였다. 신재생발전원의 가정내 보급이 증대하고 HEMS를 통해 국내 에너지관리가 보다 스마트해지고 전력정보의 실시간 취득이 가능해짐에 따라 동일 변대주 인근 배전선로와 연결된 에너지 프로슈머들간의 소규모 전력거래에 있어 블록체인 기반 기술 적용이 보다 용이해 질 것으로 예상된다. 또한, HEMS를 활용하여 블록체인 기반 P2P간의 전력거래에 있어 기술적 한계를 극복하기 위한 추가적인 연구 방향을 함께 제시하였다.

1. 서론

블록체인은 비트코인의 바탕이 되는 기술 체계이며, 비트코인은 블록체인을 ‘화폐’에 응용한 결과물로서 어떠한 분야에 블록체인 기술을 적용하느냐에 따라 코인 뿐만 아니라 다양한 서비스나 상품으로서 가치가 극명하게 달라 질 수 있다. 본 논문에서는 이러한 블록체인 기술을 가정용 에너지관리장치인 HEMS와 결합하여 에너지 프로슈머 시장에 적용하기 위한 방안을 제시 하였다. 에너지 프로슈머’는 에너지(Energy)에 생산자(Producer)와 소비자(Consumer)의 합성어인 프로슈머(Prosumer)로 이뤄진 용어로, ‘에너지 생산에 직접 참여하는 소비자’를 의미하며, 일반 전력소비자가 태양광 발전설비를 갖추어 자체적으로 전력을 생산할 경우에는 생산자가 되어 동일 변대주 인근의 타 전력소비자에게 전기를 판매 할 수 있다[1]. 이러한 에너지 프로슈머 정책은 정부 재생에너지 3020 이행계획에 맞추어 향후 전기사업법 개정과 더불어 발전 가능성이 높은 분야로 꼽히고 있어 이웃간 전력거래 체계에 있어 블록체인 기반의 에너지 프로슈머 전력거래 기술에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 국내외 관련 기술동향

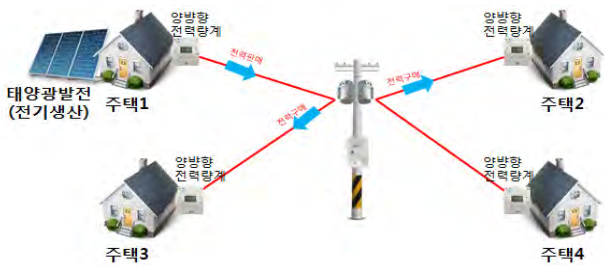
한국인터넷진흥원(KISA)에서는 블록체인 기반 소형 건물군 대상 에너지 블록체인 서비스를 개발 중이다. 에너지 블록체인은 영업장이나 매장에서 온도, 습도, 조도 등 실내 사용 조건과 전력 소비량 데이터를 수집하여 절감

효과 예측과 실제 절감량을 측정해 절감 기여율에 따라 책정된 크레딧(가상 화폐)을 블록체인에 장부화한 후 거래 가능하도록 하는 연구를 진행중이며, 블록체인 기반 에너지 정보 거래가 가능해져 누구나 에너지를 생산, 판매할 수 있도록 할 예정이다[2]. 또한, 과학기술정보통신부는 한국전력공사와 ‘블록체인 기반 이웃 간 전력거래 및 전기차 충전 서비스’를 구축중이다[3]. 또한, 영국의 신생회사 에너지 마인(Energi Mine)은 에너지를 절약하는 소비자들에게 토큰으로 보상하는 블록체인 기반 플랫폼을 출시하였고, 싱가포르 회사인 일렉트리파이(Electrify)는 싱가포르 정부가 전면 자유화 한 전력시장에서 가격 비교 시장을 운영하여 소비자와 생산자를 위한 블록체인 기반 교환소를 출시할 계획이다[4].

3. 에너지 프로슈머 소규모 전력거래의 보안 대책

신재생발전설비의 보급이 점차 증가하면서 일반 가정에서도 전력생산이 가능하게 되어 평상시에는 자체 전력 소비에 활용하고 장시간 외출시와 같이 전력소비가 적을 경우 동일 변대주 인근 이웃 주민에게 직접 전력을 판매하는 경우 전력 판매자측에는 양방향 전력량계를 부설하여 순방향, 역방향 전력량을 계측하고 이를 근거로 전력회사에서 차감하여 월별 요금을 과금을 할 수 있다[1]. 중앙에 서버를 두고 전력거래를 관리하는 기관이 별도로 존재하지 않기 때문에 거래 수수료를 지불하지 않아도 되고 시장 참여 절차가 간소화 되어 참여자들의 적극적인 시장

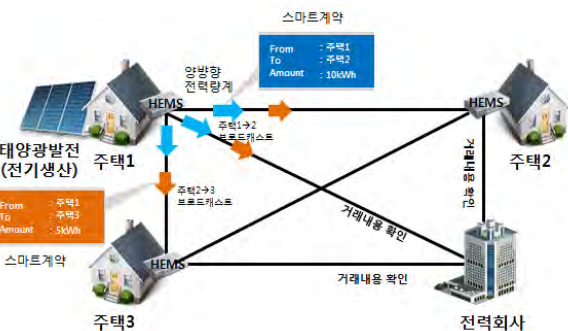
참여가 가능하여 신재생에너지원 보급의 촉진 및 전력거래의 활성화가 기대 된다. (그림1)에서와 같이 ‘주택1’에서 사용하고 남은 전기를 판매하고 ‘주택2’, ‘주택3’이 중간의 거래소를 경유하지 않고 P2P 형태로 직접 구매할 하는 소규모 이웃들간의 전력거래 시장이 형성되어 효율성은 증대되는 측면이 있으나 P2P(Peer-to-Peer)간의 사고 파는 거래(Transaction)량에 대한 무결성(위변조 방지), 부인방지 등 거래의 투명성과 보안성을 한층 강화할 필요가 있다. 이에 대한 해결방안으로 ‘블록체인’기술의 접목을 고려할 수 있다[6]. 블록체인 기술은 각각의 개별 정보를 네트워크에 분산시키고 이를 연결, 관리하는 기술이다. 정보가 중앙기관에 통합되지 않고 블록 형태로 분산되기 때문에 정보의 임의의 변경은 불가능하기에 적은 투자비용으로 에너지 프로슈머간 안전한 전력거래가 가능하다.



(그림 1) 에너지 프로슈머 소규모 전력거래 개념

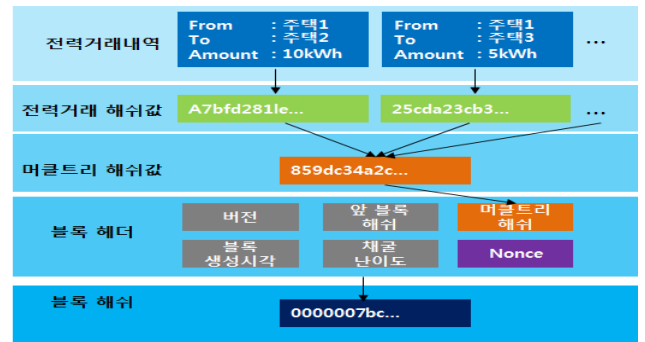
4. 블록체인 기술 적용 방안

소규모 전력거래에는 컨소시엄 블록체인 방식을 채택하여 거래의 신속성을 확보하고 컨소시엄에 소속된 참여자가 관리의 주체로 역할을 하며, 전력거래에 참여하기 위해 별도의 관리 기관을 둘 수 있다. (그림2)에서와 같이 각 가정에 별도의 HEMS (Home Energy Management System)를 설치하여 블록체인 알고리즘을 탑재하고, 실시간 전력량을 측정하여 사고 파는 거래량을 측정할 수 있어야 한다. 일반적으로 HEMS는 가정의 에너지관리 기능을 수행하는 장치로 조명, 가전기기, 냉난방설비, 전력량 정보를 수집하여 모니터링 및 제어하고 신재생 분산형 전원의 연계를 통해 가정내 에너지 생산·소비를 최적화하는 스마트 홈의 핵심 장치이다. 소규모 전력거래에 참여하고자 하는 고객은 블록체인 알고리즘이 탑재된 HEMS를 설치하여 시장에 참여하게 된다.



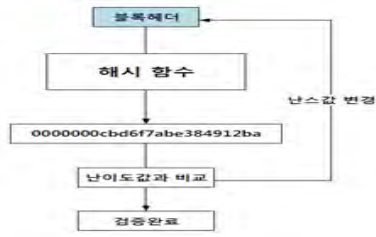
(그림 2) HEMS 활용 블록체인 기반 전력거래

HEMS는 소규모 전력거래에 있어 블록체인의 노드로 참여하여 주기적으로 블록을 생성하고 해쉬를 검증하게 된다. 또한, HEMS에는 오픈소스인 이더리움 플랫폼이 탑재되어 비트코인과 마찬가지로 P2P 네트워크상에서 거래 이력을 블록체인에 기록하는 한편 스마트계약 그 자체나 실행 이력도 기록할 수 있고, 블록이 생성되면 블록에 저장된 스마트계약이 자동 실행된다. 스마트계약이나 송금 이력은 블록에 저장되므로 정당성을 확보하게 된다. 특히, 스마트계약의 내용에는 각 가정 전력 구매량, 판매 가능한 전력량, 거래가격, 고객정보 등을 입력할 수도 있다. ‘주택1’에서 남은 전기를 ‘주택2’, ‘주택3’으로 판매할 경우 ‘주택1’에 설치한 HEMS가 ‘주택2’, ‘주택3’의 HEMS로 거래정보를 Broadcast 방식으로 전송하게 되고 이러한 과정을 통해 각 노드들은 분산된 환경에서 거래 내역을 공유하게 된다. 각각의 전력거래 내역들은 주기적으로 블록을 통해 담겨지게 되는데 이 블록은 블록 헤더와 거래 정보, 기타 정보로 구성되며, 블록 헤더는 버전, 앞 블록해쉬, 머클트리 해쉬, 블록생성시각, 채굴난이도, nonce 이렇게 6개의 정보로 구성된다[5].



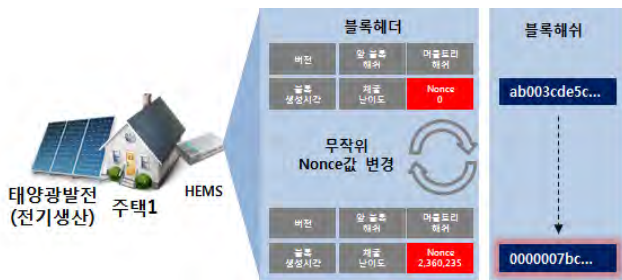
(그림 3) 블록해쉬 계산

(그림3)에서 여러건의 전력거래 내역은 해쉬 알고리즘을 통해 전력거래 해쉬값 형태로 변환되고, 여러개의 전력거래 해쉬값은 다시 한번 해쉬를 통해 머클트리 해쉬값으로 계산된다. 여기서 머클트리는 향후 거래내역의 검증을 위해 역산할 경우 진위여부 및 위변조 여부를 판독하게 되는 주요한 역할을 하게되는 일종의 트리구조로서 거래내역별 해쉬값들의 퍼즐을 맞추는 과정을 통해 최종 해쉬값을 맞추면 정상 거래로 판단하게 된다. 머클트리 해쉬값은 블록헤더를 구성하는 요소로서, 머클트리 해쉬값이 변경되면 블록 해쉬가 변경되고, 블록 해쉬의 변경은 다음 블록의 블록 해쉬 변경으로 연쇄적으로 이어지게 된다. 그리고 블록 해쉬는 작업 증명(Proof of Work)의 과정을 통해 nonce 값을 찾아내야 구할 수 있으므로, 전력거래 정보를 위조하기 위해서는 해당 블록부터 그 이후의 모든 블록을 순서대로 다시 계산해야 하기 때문에 사실상 위변조가 불가하다[5].



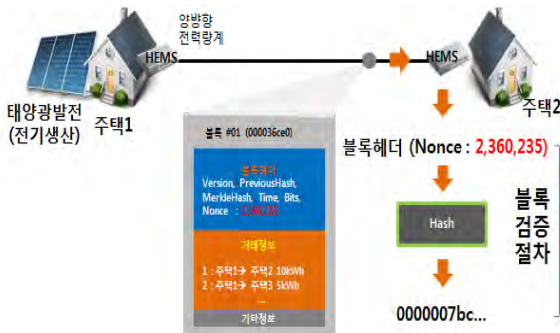
(그림 4) 작업증명(Proof of Work)

이 nonce 값을 입력값 중의 하나로 해서 계산되는 블록 해쉬값이 특정 숫자보다 작아지게 하는 값을 말하는데 해쉬 함수의 특성상, 어떤 특정 해쉬값을 결과로 나오게 하는 입력값을 찾으려면, 역산을 하는 방식으로는 찾을 수 없고, 결과가 나올 때까지 무작위로 입력값을 계속 바꿔가면서 찾아낼 수 밖에 없다. (그림 4)의 '블록 헤더'란에 포함된 6가지 정보 중에서 이 nonce 값을 1씩 증가시키면서 반복적으로 계산한 블록 해쉬값이 특정 숫자보다 작은 값이 나오면, 그 때의 nonce 값으로 계산한 블록 해쉬가 그 블록의 블록 해쉬로 확정되고, 블록 해쉬라는 식별자를 얻은 그 블록은 새로운 블록으로서 블록 체인에 추가되며 작업이 완료 된다. 블록 해쉬가 특정 숫자보다 낮게 나올 때의 nonce 값이 바로 작업 증명을 나타내는 nonce 값이다.



(그림 5) 블록생성을 위한 nonce 값 계산

(그림5)는 HEMS에서 순차적으로 nonce 값을 찾아 목표 Hash값이 나오도록 계산하는 과정을 나타낸다. (그림6) HEMS에서 수신한 블록내에 포함된 nonce값을 이용해 블록헤더 정보와 함께 해쉬 함수를 통해 목표값 보다 작은 값이 계산되는지 검증을 하게 되고 검증결과가 맞으면 해당 블록을 신뢰하고 원래의 블록에 계속 이어 연결해 나가게 된다.



(그림 6) 수신 노드의 블록 검증 절차

이러한 nonce 값을 구하는 작업에는 많은 횟수의 해쉬 계산이 필요하며, 그런 계산은 각 가정에 설치된 HEMS를 통해 처리되기에 하드웨어 리스소의 소모가 불가피하다. 이러한 막대한 양의 해쉬 계산 처리 비용은 일종의 보상인 수수료 형태로 참여 고객에게 수수료 형태로 지급될 수 있다. 컨소시엄 블록체인 방식을 통해 제한된 지역내의 HEMS 장치들은 전력거래 과정에서 보안성을 확보하게 되고 P2P간의 거래정보를 공유함으로써 거래의 투명성을 확보 하게되어 전력거래 시장 참여자간의 자발적 참여도가 부여될 수 있다.

5. 결론

블록체인 기반 P2P 전력거래가 활성화 된다면 현 전력 시장과는 전혀 다른 양상으로 전개될 것으로 보이며, 전력 부하, 전력시장 참여자 경쟁 구도, 거래시스템 등이 큰 변화를 겪게 될 것이다. 정부의 전력 신산업 육성을 위한 노력이 증대되고 관련 법·제도의 개선을 통해 점차 개인이 직접 전력을 생산하고 판매하는 전력 공유의 시대로 변화해 갈 때 블록체인은 기반기술로 확고한 자리매김을 할 것이다. 다만, 블록체인은 편의성과 보안성 보장 측면에서 무한한 가능성을 갖고 있으나, 본 논문에서 제시한 블록체인 기반 에너지 프로슈머들간의 소규모 전력거래에 있어서 HEMS 단말장치들 상호간 전력 거래정보의 신뢰성있는 전파를 위한 PKI기반 전자서명 기술, HEMS 기기 인증 강화 방안, 순방향 및 역방향 계량데이터에 대한 노드들간의 상호 신뢰 문제, 스마트 계약시 전력 거래 체결 절차, Nonce값을 최초 계산한 노드에게 지급하는 수수료 처리문제, 컨소시엄 블록체인 방식에 있어서 노드 참여숫자의 제약에 따른 51% Attack의 취약점을 해소하기 위한 방안 등은 추가로 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 박찬국, 우리나라 P2P 전력거래 가능성 연구, 에너지경제연구원, 2016
- [2] 머니투데이, 블록체인 기반 에너지 서비스 플랫폼 개발, 2017
- [3] 과기정통부 '한진 블록체인기반 이웃간 전력거래' 보도자료, 2017.06
- [4] 이투뉴스, '블록체인은 전력의 인터넷이 될까', 2018
- [5] 오명용, 가깝게 알아 보는 블록체인 이야기 마이크로소프트웨어 2017년 10월호
- [6] 이찬혁, 김기형, 프로슈머 전력거래에서 Consortium 블록체인 활용 방안 연구, 아주대, 2017