

블록체인 네트워크를 이용한 소규모 분산전력 거래플랫폼의 정산소요시간에 관한 연구

김영곤[†] · 허걸 · 최중인 · 위재우*

서울대학교 차세대융합기술연구원, *(주)컴퍼니위

(2018년 11월 14일 접수, 2018년 12월 12일 수정, 2018년 12월 14일 채택)

A Study on the Accounts Balancing Time of Small Distributed Power Trading Platform Using Block Chain Network

Young-Gon Kim[†] · Keol Heo · Jung-In Choi · Jae-Woo-Wie*

Advanced Institutes of Convergence Technology(AICT) Seoul National University,

*CompanyWe

(Received 14 November 2018, Revised 12 December 2018, Accepted 14 December 2018)

요 약

이 논문은 블록체인[1] 기술을 활용한 소규모 분산전력자원 거래 플랫폼에서의 정산소요시간에 대한 고찰이다. 먼저 연구에 적용한 “AMI 인프라를 활용한 국민 VPP 에너지 관리 시스템 (AI 기반의 에너지 거래 플랫폼)”을 소개한 후, 테스트베드 환경 내 IoT 전력 빅데이터[2] 분석으로 인증된 프로슈머의 발전(감축)량에 근거하여 지급되는 블록체인 암호화폐 코인의 정산과정 그리고 소요시간에 대하여 알아본다. 더불어 기존 람다 아키텍처에 MapD[3]를 적용한 GPU Fast 빅데이터 전력 빅데이터 분석 시스템 구성을 제시 한다.

주요어 : 블록체인, 암호화폐, 에너지, 빅데이터, 전력거래, VPP

Abstract - This paper is a review of accounts balancing time in small distributed power trading platform using blockchain technology. First, the national VPP energy management system using the AMI applied to this study is introduced and then the accounts balancing time and process of the cryptocurrency coin payment which based on the power generation of pro-consumer certified by power big data analysis in a test bed environment is discussed. Furthermore the configuration of a power Big Data analysis system with GPU Fast Big Data that applies MapD to current lambda architecture is also introduced.

Key words : blockchain, cyptocurrency, energy, big data, energy trading, vpp

1. 서론

전력, 냉난방 등의 에너지 분야는 사회구성원의 기본 생존권을 유지하기 위한 기반시설로서 환경적으로 친화적이면서도 생산성이 높고, 안정적으로 공급이 유지되는 것이 매우 중요하다. 따라서 이에 대한 연구 및 개발 그리고 실증사업 등이 지속적으

로 수행 되어 오고 있다. 특히 최근 친환경 재생에너지원인 태양광, 풍력발전 등에 AICBM기술 기반 수요예측 알고리즘이 적용된 EMS 기술 및 전력변환기술(ESS)등이 활용되어 그 경제성이 증대되고 있다. 이러한 기술을 활용하면 생산 후 소비되지 못한 신재생 잉여 전력을 배터리에 충전 시킨 후 최적 수요 발생 시점에 방전시킬 수 있게 되어 가동률을 높일 수 있게 되므로 신재생 에너지 구축비용 대비 수익을 높일 수 있다. 이와 같은 맥락에서 소규모 분산 자원 구축이 꾸준히 증가하는 추세이며 저탄소

[†]To whom corresponding should be addressed.
Tel : +82-2-000-0000 E-mail: 000@00.00

친환경 전력 계통 유지에 크게 기여할 것으로 예상된다. 그러나 최근 한전구매계약(PPA: Power Purchase Agreement)을 체결하지 못한 소규모 요금상계형 [4] 자가용 태양광 발전 등에서 생산, 자체 소비 후 남는 잉여전력은 꾸준히 증가하고 있는 반면, 잉여발전량은 미 상계 처리로 보상이 이루어지지 않고 있어 소규모 분산전원의 투자대비 수익성 저하를 유발시키는 문제가 발생하고 있다. 이에 친환경 재생에너지 분산전원의 보급 확대 및 그 활용 극대화에 있어 걸림돌이 되는 위와 같은 난제들에 대한 해결 방안을 찾기 위한 전력망 운영 관련 제도적, 기술적 방안 등에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

위에서 언급한 미 상계 잉여전력을 해당 자원 운영 주체에 이윤으로 되돌려줌으로써 경제성을 극대화 시킬 수 있는 방안 중 하나는 소규모 분산자원 중개시장[3]이라는 전력거래 생태계를 조성하고 해당 분산자원을 중개시장에 참여시켜 잉여전력 판매를 통한 이윤창출이 가능하도록 하는 것이다. 이를 위해 중개사업자들이 모집한 다수의 소규모 분산자원에 대한 통합관제, 수요예측, 거래정산, 수용가간 직거래 등을 서비스 할 수 있는 도구로서 소규모 분산자원거래 플랫폼 등의 기술적 도구 개발이 필수적이다. 또한 소액 위주¹⁾의 거래가 예상되는 소규모 분산자원의 거래는 쉽고, 안전하고 특히 실시간적인 신속성을 가짐으로써 참여자원들의 거래를 통한 흥미를 촉발시킬 수 있게 되어 시장 활성화를 통한 분산자원의 효과적인 확대가 가능할 것으로 예상 할 수 있다.

본 논문에서는 사용자에게 편리한 웹기반 거래시스템 적용으로 사용이 쉽고, IoT AMI 빅데이터 분석을 통한 발전(감축)량 인증 및 블록체인 암호화폐를 활용한 정산시스템 활용으로 신속하고 안전한 거래가 구현될 수 있도록 연구 개발 중인 “AMI 인프라를 활용한 국민 VPP 에너지 관리 시스템 (AI 기반의 에너지 거래 플랫폼)”을 소개한 후 플랫폼 내 정산에 활용하기 위하여 사용한 암호화폐의 정산과정 및 소요시간을 알아본 후 발전(감축)량 인증을 위한 MapD 적용 GPU Fast 전력 빅데이터 시스템 구조를 제시한다.

2. 배경지식 및 관련연구

이 장에서는 먼저 분산자원 중개시장 및 거래 플랫폼과 블록체인 기반 에너지 거래 원장 체계를 관리 위한 배경지식 및 연구 내용을 알아본 후 전력

빅데이터 분석 시스템 구성을 소개한다.

2-1. 분산자원 중개시장 및 소규모 분산전력 거래 플랫폼

분산자원 중개시장이란 전력거래소가 운영하는 시장으로서 Fig. 1. (a) 와 같이 시장 참여 주체들은 태양광, ESS, 전기차 등 분산자원 및 중개사업자 그리고 전력거래소이다. 소규모 분산자원은 중개사업자와 연계하여 전력시장 참여가 가능 하게 되어 잉여생산전력의 이웃 간 판매, 수요관리(이하 DR)자원 참여 등 프로슈머로서의 다양한 비즈니스 활동을 중개사업자를 통해 할 수 있게 되어 더 높은 이윤창출이 가능하게 된다. 이때에 중개사업자들은 모집한 다수의 소규모 분산자원에 대한 통합관제, 수요예측, 에너지 cash 정산, 수용가간 직거래 등의 서비스를 제공, 활용함으로써 사업성을 높이고 더 많은 자원을 모집, 운영 할 수 있는 기술적 기재와 운영 능력이 필수적이다. 이러한 측면에서 이후 소개 할

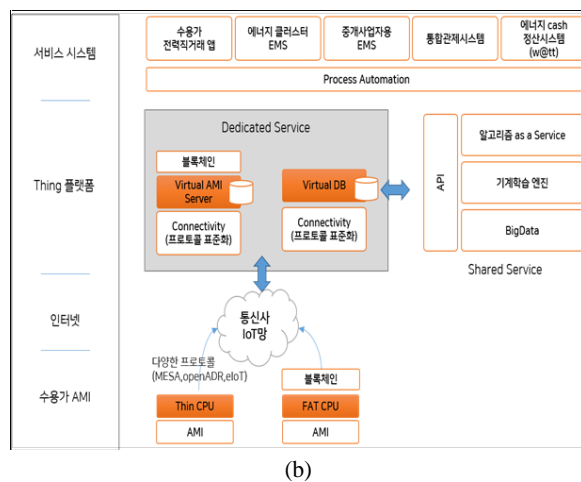
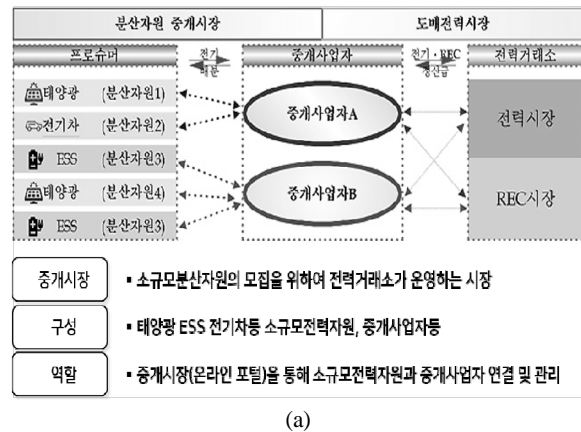


Fig. 1. (a)중개시장 구성도(출처 : 산업통산자원부) (b)소규모 분산전력 거래 플랫폼

1) '18년 7월 현재 RPS 등록 중개거래 대상 발전소의 86%가 100kW 미만임.

에너지 관리 시스템 및 거래 플랫폼의 역할이 매우 중요할 것으로 예상된다.

소규모 분산전력 거래 플랫폼이란 전력거래소가 운영하는 전력중개시장에 참여하는 중개사업자가 사용하게될 거래 플랫폼으로서 중개사업자 및 참여자의 수익성 확보를 위한 기술적 도구이며 주요 구성요소는 Fig. 1. (b)에서와 같이 서비스 시스템, Thing 플랫폼, AMI 로 구분된다. 첫째로, 서비스 시스템은 중개사업자 및 참여자원이 편리하고 친숙한 UI로 사용할 수 있는 웹기반 소프트웨어이다. 이것은 에너지 클러스터 내 생산 전력 직거래를 담당하는 수송가 전력직거래업, 에너지 클러스터 단위의 EMS, 분산전원(태양광, ESS, AMI) 집합자원 EMS, 중개사업자가 에너지클러스터와 집합자원을 관리하는데 필요한 통합관제 시스템과 거래를 통한 이윤을 정산해 주는 전력직거래 cash 시스템으로 이루어진다. 두 번째로 Thing 플랫폼은 블록체인 기반 에너지 거래 원장 체계 관리, 기계학습 및 인공지능 엔진, 빅데이터 분석 엔진, API 엔진 및 Virtual AMI Server 등으로 구성된 코어부분으로 API 엔진을 통하여 상위계층 서비스 시스템에서 활용할 수 있도록 되어 있다. 마지막으로 AMI 파트는 분산전원 집합자원의 방대한 양의 AMI 계량정보를 IoT망을 통하여 Thing 플랫폼의 빅데이터 서버에 수집 될 수 있도록 하여 발전(감축)량 인증에 의한 안전한 거래의 근거가 될 수 있도록 한다.

2-2. 블록체인 기반 에너지 거래 원장 체계 관리

블록체인 기술은 분산 네트워크 내 거래 내역을 기입한 공유원장의 상태변화를 모든 노드가 참여 가능한 상호 합의 알고리즘에 의해 블록형태로 저장하고 관리하는 기술로 각각의 블록들은 해시를 사용하여 연결되므로 위변조가 사실상 불가능하며 공개키 암호화 및 합의에 참여하는 노드의 분산화로 보안성이 높다. 더불어 누구나 거래 장부를 확인할 수 있으므로 부인방지 및 거래투명성이 보장되고 저비용, 빠른 거래 체결 등의 장점이 있는 반면 네트워크 의존도가 높고 합의알고리즘 방식 별로 고속 컴퓨팅연산에 의한 자원 소비, 거래시간의 지연, 개인 거래 정보 노출 등의 단점도 존재한다. 이러한 블록체인의 특징을 활용한 대표적인 블록체인 플랫폼 [5]은 비트코인, 이더리움, R3코다, 하이퍼레저 패브릭등을 예로 들 수 있다. 앞에서 설명한 바와 같이 소액위주의 거래가 많이 발생할 것으로 예상되는 소규모 분산자원 중개시장에서의 거래는 저비용이면서 안정적인 발전(감축)량 인증에 의한 실시간 거래 및 정산이 중요하며 이와 같은 맥락에서 Fig. 2. (a)와 같은 구조로 에너지 블록체인 거래 원장 체계를 관리

한다. 이 구성에는 블록생성시간, 스마트계약의 안정성, 시장점유율 및 개발환경지원 등을 고려하여 이더리움 플랫폼을 적용하였고 주요 기능 및 동작 방식은 다음과 같다. IoT망을 통하여 최소 5분 단위로 수집되는 AMI계량 정보는 통합관제센터 등에서 실시간 데이터 정보 시각화 등에 사용되는 RDB서버, HBase 기반의 빅데이터 분석용 데이터베이스 그리고 실시간 빅데이터 분석에 사용되는 기존 람다 아키텍처에 MapD를 적용한 GPU Fast 빅데이터 전력 빅데이터로 수집, 저장, 분석되어진다. 이후 REST API 및 JSON-RPC 방식을 통하여 이더리움 Geth 엔진과 연계되어 블록체인 거래 원장이 처리되며 테스트 용으로 구성된 private network상에 분산 저장되어진다. AMI VPP서버는 Fig2. (b)와 같은 구조로 전력 빅데이터 시스템을 사용하여 거래정산의 근거가 되는 발전량에 근거한 스마트 계약에 의한 거래가 이루어질 수 있도록 한다. 사용자 서비스는 Web3.js를 사용하여 이더리움[6]기반의 Transaction 및 Dapp 화면에 데이터 표현 작업을 처리한다.

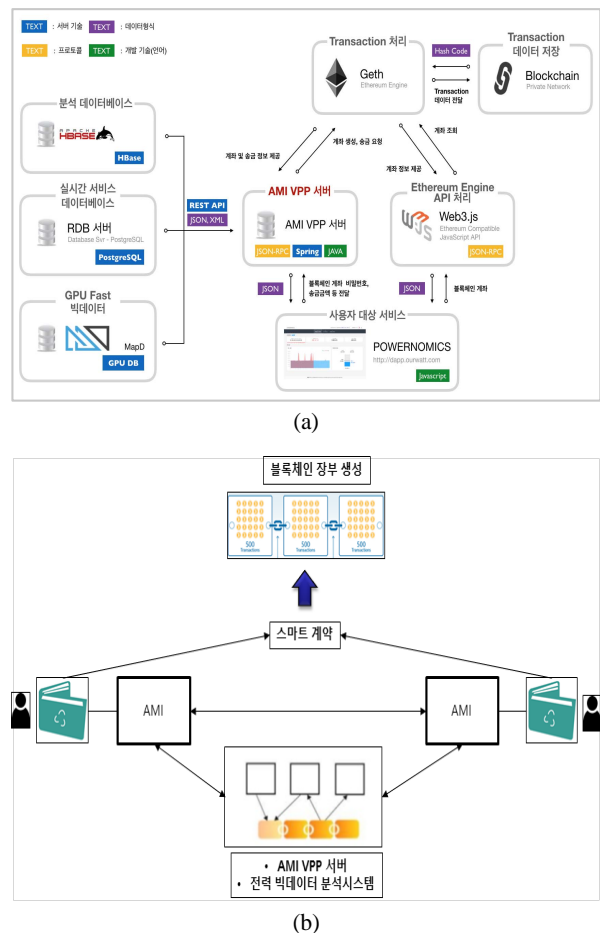
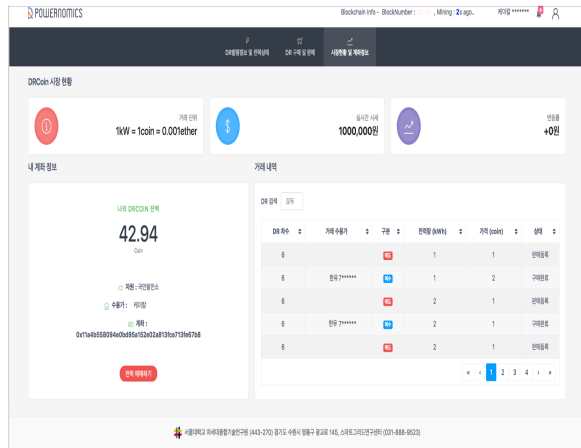


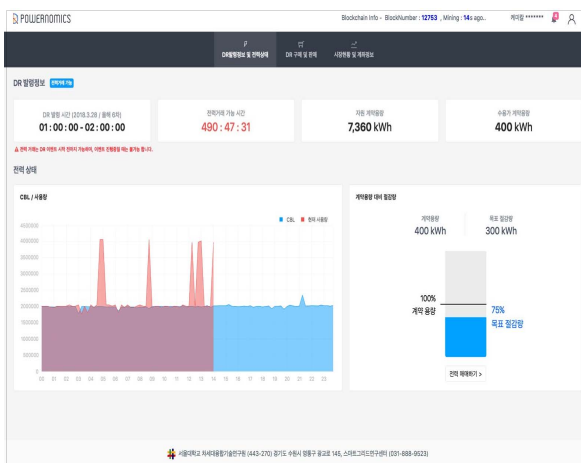
Fig. 2. (a) 에너지 블록체인 거래 원장 관리 구성 (b)발전량 인증 구성

Fig3. (a) 는 사용자 서비스의 이더리움 기반 DR Coin 지급 화면으로 중개사업자가 발령한 DR 이벤트에 대하여 프로슈머간의 거래내역, 보유 자산현황 및 이더리움 계좌정보 등을 모니터링 할 수 있으며 이더리움의 실시간 시세를 기반으로 현재 보유한 DR Coin의 가치를 분석하고 변동률을 파악할

수 있다. 사용자 서비스에서 DR 발령정보 및 전력 상태 모니터링 화면은 Fig3. (b)와 같은 구조로 이루어져있다. 본 모니터링 화면에서 해당 수용가는 참여중인 이벤트에 대한 기간, 계약용량 등 이벤트 정보를 파악할 수 있고 DR 시장에서 거래한 전력 내역, 실시간 CBL 대비 현재 사용량을 비교, 분석하며 다양한 전력 상태를 모니터링 한다. 서비스 사용자는 실시간 블록체인 계기판을 통해 현재 마이닝 진행 중인 블록넘버 및 마이닝 속도 정보를 확인할 수 있다. 사용자는 전력 빅데이터 시스템으로부터 분석된 CBL패턴과 예상 절감량 등에 근거하여 DR 발령 전에 중개사업자 네트워크에서 발전(감축)량 기반 개인 간 거래를 할 수 있게 되어 DR 계약전력의 부족분에 대한 구입, 또는 잉여 절감량 판매 등을 통하여 수익을 낼 수 있고, 중개사업자 또한 전력거래소와의 계약전력을 안정적으로 만족 시킬 수 있게 된다.



(a)

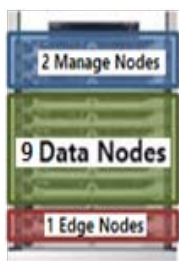


(b)

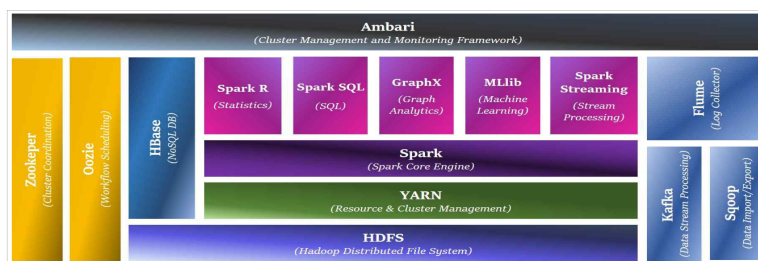
Fig. 3. (a) 사용자서비스 DR 거래 화면 b) DR발령정보 및 수용가 전력상태(CBL, 절감량)

2-3. 전력 빅데이터 분석 시스템

전력 빅데이터 시스템의 서버 클러스터[7][8]는 Fig. 4.(a) 에서와 같이 2개의 매니지노드(Manage Node), 9개의 데이터노드(Data Node) 그리고 1개의 엣지노드 (Edge Node)로 구성된 12개의 노드(Node)도 구성되고 단일 시스템처럼 동작할 수 있는 가상 서버 클러스터 구조이며, 각 노드의 컴퓨팅 자원과 상태를 관리하는 매니지노드, 데이터를 저장하고 처리하는 데이터노드 그리고 외부 네트워크 간 인터페이스 역할을 하는 엣지노드가 있다. Fig.4.(b)에서와 같이 오픈소스 프레임워크인 하둡 기반으로 설계되어 년 또는 수개월 단위의 비 실시간 분석에 사용하고 월단위의 실시간 분석에는 Fig.4.(c)의 MapD를 적용한 GPU Fast 빅데이터 분석방식이 사용된다. 이를 통하여 상위관계시스템 어플리케이션의 다양한 분석요청에 적절한 대응이 가능하게 된다.



(a)



(b)



(c)

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

Table 1. 항목별 정산시간 측정 결과

항목	내용	구분	측정값(초)		비고
			10가구	100가구	
감축량 인증 절차	DR프로그램 종료 후 수용가의 감축량을 전력 빅데이터 분석을 통하여 산출	빅데이터 분석	12	113	
정산프로그램	인증된 절감량을 이더리움 스마트계약에 전송 (마이닝시간 포함)	스마트 계약	14	28	
	이더리움 확정시간	확정시간	180	180	
총 소요 시간			206	321	

3. 분산자원 전력거래 정산 시간

3-1. DR 프로그램 참여 정산 과정

본 연구에서 테스트한 DR 프로그램 정산 시간이란 Fig. 3. 에서 소개한 사용자서비스를 이용하여 테스트 수용가를 자원으로 등록 시키고 특정시간에 DR 프로그램을 발령 시킨 후 해당 DR 종료 시점부터 분산전력 거래플랫폼내의 정산프로그램을 통해 인증된 각 수용가의 발전(감축)량에 근거하여 중개사업자가 블록체인 암호화폐 이더리움 코인을 인센티브로 지급을 완료하는 시점이다. 이와 같은 정산과정을 좀 더 상세히 기술하면 1) DR 자원 등록에 의한 이더리움 스마트 계약 체결 2) DR 발령 및 참여 3) 수용가 감축 수행 4) AMI 전력사용량 빅데이터 분석에 의한 절감량 인증 5) 스마트계약과 절감량에 근거한 인센티브 코인 지급 6) 사용자 전자지갑 화면을 통한 계좌 정보 확인 등의 절차를 통해 마무리 되며 아래 Table 1에서 위의 각 단계별 과정의 4) 5) 6)항의 소요 시간 측정결과를 나타내었다.

3-2. 테스트 환경

- 가) 서버사양, OS: CentOS release 6.8, CPU : 2.2 GHz Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2420 v2 @ 2.20GHz Memory :4GB 1600 MHz DDR3, HDD : 3.9TB
- 나) 클라이언트사양, OS: macOS High Sierra, CPU : 2.7 GHz Intel Core i5 Memory :16GB 1867 MHz DDR3, HDD : 251GB

3-3. 정산 시간 측정 결과

4. 결론 및 향후계획

고 신뢰, 실시간 정산이 핵심인 소 용량 분산자원 거래 플랫폼에 전력 빅데이터시스템을 이용한 감축량 인증, 블록체인 스마트 계약을 융합 하는 것이 효과적임을 확인 할 수 있었다. 이로써 소액위주의 잉여전력량 판매가 발생할 것으로 예상되는 소규모 프로슈머에게 실시간으로 생산된 전력량의 거래 및 정산을 통한 이윤을 제공 함으로써 실시간적 거래 이익 발생 확인에 따른 프로슈머의 플랫폼 참여 흥미를 극대화 시킬 수 있다는 점에서 거래플랫폼이 신재생에너지 보급 확대에 기여할 수 있을 것으로 기대 된다.

향후계획은 실증사이트 구축 후 분산자원 네트워크상의 프로슈머와 중개사업자간의 전력거래 필드 테스트를 통한 안정성, 신뢰성과 개인 간 감축량 선물 거래, 미 상계 전력량의 거래 등 다양한 유형의 거래에 대한 지속적인 연구를 수행할 예정이다.

References

1. S. Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System," <http://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, 2009.
2. Mijeom Kim, Jungin Choi, Jaeweon Yoon, 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
3. MapD. <https://www.omnisci.com/cloud/>
4. 장현국, 삼정회계법인, 산업통상자원부, 2015, 전력상계거래 실태조사 및 개선방안
5. 김형진, 2018.5, 블록체인 기반 최신 플랫폼에 대한

조사, 정보과학회지 36(5), pp. 28-33

6. <https://www.ethereum.org/>

7. Apache Hadoop. <https://hadoop.apache.org/>

8. Apache Spark. <https://spark.apache.org/>

5. 부 록

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