

위치증명기반 블록체인 네트워크를 활용한 사물 간 에너지 직거래 시스템에 관한 연구

김영곤[†] · 허걸 · 최중인*

서울대학교 차세대융합기술연구원, *서울대학교 융합과학기술대학원
(2020년 5월 6일 접수, 2020년 8월 17일 수정, 2020년 8월 19일 채택)

A Study on the M2M Energy Trading System Using Proof of Location Blockchain Network

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

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

*Graduate School of Convergence Science and Technology, Seoul National University

(Received 6 May 2020, Revised 17 August 2020, Accepted 19 August 2020)

요 약

이 논문은 네트워크로 연계된 에너지 클라우드, 에너지 커뮤니티 그리고 스마트시티에 참여한 프로슈머 머신들 간의 전력 직거래에 있어 위치증명방식이 적용된 블록체인 네트워크 기반 거래 시스템에 대한 고찰이다. 이 시스템은 위치증명기반 블록체인 네트워크 기술을 활용하여 자율 이동 중 전력 구매에 의한 배터리 재충전으로 장거리 이동이 가능해 질 수 있는 물류 배송 드론, 전력 구매와 판매가 모두 가능한 자율주행 전기 자동차 그리고 고정형태로 전력생산 및 판매가 가능한 태양광 가로등 및 전기충전기들 간의 전력 거래 시 인간의 개입 없이 머신들 간 최적 전력거래 매칭 및 정산 신뢰성을 제공 할 수 있다. 또한 다수이면서 서로 다른 공간에 존재하기 때문에 발생하는 다양한 거래 가격, 정책 그리고 인센티브들이 산재할 것으로 예상되는 에너지 클라우드를 경유하는 자율 운행 머신들 간의 사물 간 전력 직거래 비즈니스 모델을 소개한다.

주요어 : 위치기반증명, 블록체인, 빅데이터, 기계학습, 에너지 클라우드

Abstract - This paper examines a blockchain network-based transaction system using location proofing in power direct transactions between networked energy clouds, energy communities, and prosumer machines participating in smart cities. It utilizes location-based blockchain network technology, which enables long-distance travel with recharging by power purchases during autonomous movements, autonomous electric vehicles that can purchase and sell electricity, and solar street lights that can be produced and sold in fixed form. In addition, it is possible to provide optimum power transaction matching and settlement reliability between machines without human intervention in power transactions between electric chargers. It also introduces a business-to-object business model between autonomous machines that exist in multiple and different spaces and through energy clouds that are expected to be scattered with various transaction prices, policies, and incentives.

Key words : Proof of location, blockchain, big data, machine learning, energy community

[†]To whom corresponding should be addressed.

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

1. 서론

최근의 에너지 공급·소비 생태계는 인터넷 연결 기술 발전 및 신재생 에너지원의 보급으로 등장한 에너지 프로슈머의 지속적인 참여, 급증하는 에너지 수요로 인한 에너지 생산 및 공급 주체가 부담해야 하는 비용 부담 증가, 저탄소 에너지 공급 의무 확대, 공유경제로의 전환 등등 다양한 파라미터들로 인하여 에너지 클라우드 형태로 진화하고 있다. 이와 더불어 자유로운 에너지 거래와 공유가 가능해짐에 따라 다양한 유형의 비즈니스 모델이 나타나고 있다. 예를 들어 태양광 발전 잉여전력의 개인 간 거래, 클라우드 간 거래, 그리고 소규모 분산전력 중개시장 참여 등의 거래 모델을 들 수 있고, 공유모델로는 아파트 단지 등 공유 용지에 설치한 태양광 발전소 또는 연료전지 등의 시설 및 운영에 대한 일정 지분을 가지는 다수의 참여자들에 의해 생산된 에너지의 공유 및 판매가 있을 수 있다. 이러한 에너지 클라우드로 연계된 에너지 커뮤니티, 스마트 시티 들은 서로 다른 공간에 존재하면서 다양한 거래 가격, 정책 그리고 인센티브들이 산재할 것으로 예상된다. [1,2]

그러므로 이들 공간을 경유하면서 생산·소비를 수행하는 주체는 이동 경로에 따른 위치증명기반 정산이 필요하며 특히 인간의 개입 없이 자율적으로 이동하면서 배터리 충전·방전에 의한 전력거래가 가능한 자율주행 전기 자동차, 드론 등의 물류 배달 장치는 물론 설치 장소에 고정된 형태로 에너지를 생산하는 태양광 가로등, 전기 자동차 충전소, 소규모 태양광 발전소 내 충전장치들이 머신들 간 통신에 의한 의사결정으로 생산·소비 예측 기반 최적 전력거래 매칭이 가능하고 이동 경로 위치 증명 정보 기반 정산으로 복잡한 클라우드들 간의 정산에 사용할 플랫폼이 필요할 것으로 판단된다. 또한 사물 간 거래를 위한 통신은 저 전력, 저비용, 저사양의 무선통신 사용이 불가피 하므로 무선통신의 취약성에 대한 대책이 필요하고, 더 나아가 에너지 거래 정산에 의한 머신 소유자의 금융 신뢰도 하락은 물론 금전적인 피해를 발생 시킬 수 있는 고의적인 네트워크 공격 및 거래 정산 정보 해킹 등에 대한 고려가 필수이다. 이를 위해 디바이스 인증, 서버인증, 암호화, 부인방지기술, 상호호환성, 인증 효율성에 대한 연구 노력과 더불어 높은 네트워크 보안성과 합의 알고리즘에 의한 사실상 해킹이 불가능한 정산 신뢰를 제공하는 오픈소스 기반 블록체인 네트워크 기술의 등장으로 M2M(Machine to machine) 전력 거래 시스템 구축 기반 기술이 발전되어 가고 있다.

본 논문에서는 이러한 맥락에서 이동이 가능한 자율주행 머신과 정지형 머신간의 M2M 에너지 거래에 있어 위치증명기반 (PoL ; Proof of location) 기술을 블록체인 네트워크에 적용함으로써 위치 증빙에 의한 정산은 물론 고 신뢰 암호화 거래 네트워크를 보장하는 사물 간 에너지 직거래 시스템을 제안한다. 더불어 서로 다른 공간에 존재하면서 다양한 거래 가격, 정책 그리고 인센티브들이 산재할 것으로 예상되는 에너지 클라우드들을 경유하는 자율 운행 머신들 간의 사물 간 직거래 비즈니스 모델에 대하여 알아본다.

2. 위치증명기반(PoL) 블록체인 네트워크 기반 전력 거래 매칭 시스템

에너지 클라우드로 연계된 커뮤니티 또는 스마트 시티들 간을 자율주행에 의해 인간의 개입 없이 이동하는 머신들 간의 에너지 거래를 위해 본 시스템은 블록체인 네트워크 기술에 위치 증명 방식을 적용한 오픈소스 기반 FOAM[3] 플랫폼, 생산·소비 예측을 위한 개방형 빅데이터 시스템 그리고 인공지능 기계학습에 의한 최적 전력거래 매칭 알고리즘 구동 API 서버로 구성된다.

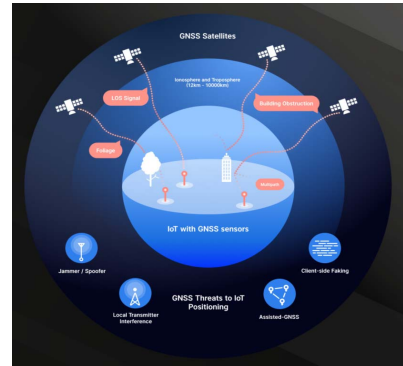
2-1. 기존 위치 공간 지도 서비스의 문제점

기존의 위치 인증 서비스의 문제점은 다음과 같다. 1)물리적 주소, 집약 공간 또는 스마트컨트랙트 내 좌표에 대한 표준 부재 2)사용자 경험 정보의 블록체인 네트워크 연계 표준이 없고 3)전력거래 스마트 컨트랙트 등의 어플리케이션이 위치 공간 정보를 이용하고 검증할 수 있는 상호호환성을 가지면서 공유된 언어로 제작된 개방형 API가 존재하지 않는다.

먼저 위치 공간 정보 표준 관련 문제를 알아보면 현재 위도, 경도 및 최근의 geohash[4] 기법을 활용한 위치 공간 정보는 지구의 30% 정도에 불과하며 이들 정보 또한 구글, TomTom[5]등 폐쇄적이고 중앙 집중 형으로 독점을 하고 있는 실정이므로 합의에 의해 검증 할 수 있는 분산형 위치 공간 데이터의 활용이 어려운 점을 들 수 있다. 마지막으로 위치정보데이터의 활용에 있어 인간의 기억력, 검증에 의한 신뢰도, 머신가독성을 높이기 위하여 새로운 대안으로 등장한 What3words[6], Open Location Code[7], OpenStreetMap(OSM)[8]이 있으나 여전히 중앙형 정보 제공, 라이선스 비용, 오픈소스 프로젝트인 경우 경제적 인센티브 결여 등이 문제가 되고 있다. 구글에서 수행한 Fig.1.(a)의 Evaluation test에서 알 수 있듯이 많은 관련 표준들이 유사한 난

	example	unique	not proprietary	deterministic	verifiable	crypto-spatial
postal	Times Square, Manhattan, NY 10036	no	yes	no	no	no
long/Lat	40.758895, -73.9873197	yes*	yes	yes	yes	no
GEOHASH+ETH	XrCNFLtAaz25x1HUw6o5GLbtMDqc1Nn4xqX	yes	yes	yes	yes	yes
CSC	5AH71r9wTRp9eHsqR	yes	yes	no	yes	yes
geohash	dr5ru7k	yes*	yes	yes	yes	no
what3words	rocky.silver.funded	yes	no	no	no	no
xaddress	2399 OUT CASTS	yes	no	no	no	no
open location code	QZ57+H3	yes	yes	yes	yes	no
makany code	WWJT-89GN	yes	yes	yes	no	no
what3emojis	🏠👤👤	yes	yes	yes	no	no

(a)



(b)

Fig. 1. (a)Evaluation of Location Encoding System (b)GNSS Threats to IoT Positioning

제와 대면한 상태이다.

다음으로 사용자 위치 공간정보의 지속적인 연동에 의한 사용자 경험 정보 수집, 분석 그리고 시각화를 지원하는 표준 블록체인 톨 또한 없는 상태이다. 따라서 다양한 에너지 커뮤니티 지역 간 거래를 포함하는 에너지 마켓, 물류체인, 부동산시장, 이동장치, 위치기반게임 등 최근의 블록체인 프로젝트들이 각각 비효율적인 방식으로 이러한 난제를 해결하려 하고 있거나 솔루션이 나오기를 기다리고 있다.

마지막으로, 블록체인 네트워크 기반 스마트 컨트랙트를 활용한 에너지거래 정산에 활용할 수 있는 신뢰 할 수 있는 기반 위치 증명 서비스의 부재를 들 수 있다. Fig.1.(b) 와 같이 기존 광범위하게 사용되는 GPS 정보는 쉽게 위조될 수 있는 취약한 보안성, 통신 장애 또는 오류 발생, 고층건물 등에 의한 수신 장애, 실내 위치 공간 정보 제공에 부적합하고 높은 전력소비 등의 문제로 보조 수단으로 활용이 가능하다.[9]

2-2. 위치증명기반(PoL) 블록체인 지도 플랫폼 FOAM 소개

본 연구에서 적용하고자 하는 FOAM은 탈 중앙 방식 지리 공간 데이터를 제공할 수 있는 개방형 프로토콜로서, 합의방식에 의한 신뢰성 있는 위치 정보 지도 제작 등 다양한 어플리케이션에 적용이 가능하다. 더불어 블록체인 이더리움 암호화 소프트웨어 유틸리티 토큰을 탑재하여 연산 작업 과 검증기능을 제공하여 블록체인 네트워크에 물리적 위치 정보를 상주 시킬 수 있다. 이로써 블록체인 네트워크에 편리하게 연계 할 수 있어 스마트 컨트랙트를 이용한 머신 간 분산 에너지 위치 기반 암호화 직거래 어플리케이션 개발이 가능하다.

먼저 암호화 공간 좌표(CSC ; Crypto-Spatial Coor-

dinates)는 개념적, 연산적으로 간결하면서 퍼블릭 도메인 표준을 사용하는 geohash 방식을 사용하여 블록체인 이더리움 스마트 컨트랙트 주소와 위치 증명이 가능한 지도상 현재 위치의 물리적 주소의 매칭이 가능하다. 또한 누구든지 해당 지역을 방문하여 위치 정보를 검증 할 수 있고 일 정보를 활용하는 스마트 컨트랙트들 간에도 온라인 상 위치 공간 정보 관련성을 경쟁하는 방식을 통해 온라인 검증 또한 가능한 구조이며 Fig.2.(a)와 같은 프로토콜 데이터 구조로 표준화되어 있다.

그 다음으로 공간 인덱스(SIV ; Spatial Index and Visualizer) 및 시각화기능은 탈 중앙형 블록체인 어플리케이션이 지도상에 스마트컨트랙트를 시각화 할 수 있도록 프론트엔드 인터페이스를 제공함으로써 시각적으로 이해하기 편리하고 인터랙티브 한 위치 공간 기반 스마트컨트랙트 활용이 가능하다. 그 주요 구성은 Fig.2.(b)와 같다.

마지막으로 CSC, SIV의 활용에 있어서 핵심적인 주요 기술로써 위치증명(PoL; Proof of Location)을 결정하고 검증하는 것에 기여하는 사용자들이 생성하는 토큰을 포함한 반복 프로세스를 통해 획득되어지는 위치 증명 솔루션이다. 이는 GPS의 대안으로 탈 중앙형이며 개인정보보호가 가능하고 고정밀도를 가지면서 검열 방지가 가능한 프레임워크 및 인프라 구축을 지향하며, 암호화된 공간 좌표 CSC와 토큰 보유자가 리스트의 내용을 선택할 수 있도록 함으로써 경제적 인센티브가 발생할 수 있는 가독성 높은 리스트 생성에 기반 한 경제 모델인 큐레이트 레지스트리(TCRs ; Token Curated Registries)의 조합으로 구성된다. 이 리스트는 FOAM 토큰 지분을 가지거나 또는 주주들이 리스트가 가지고 있는 정보가 가치가 높아지는 방향으로 Fig.2.(c)와 같은 체인형태로 검증되는 구조이다.

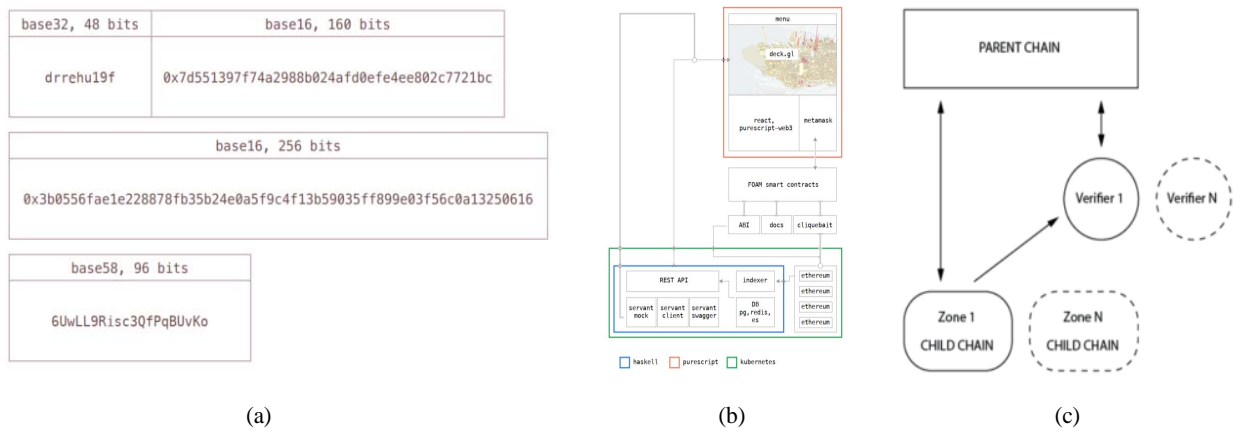


Fig. 2. (a)CSC protocol data structure (b) Spatial Index and Visualizer (c) POI verify

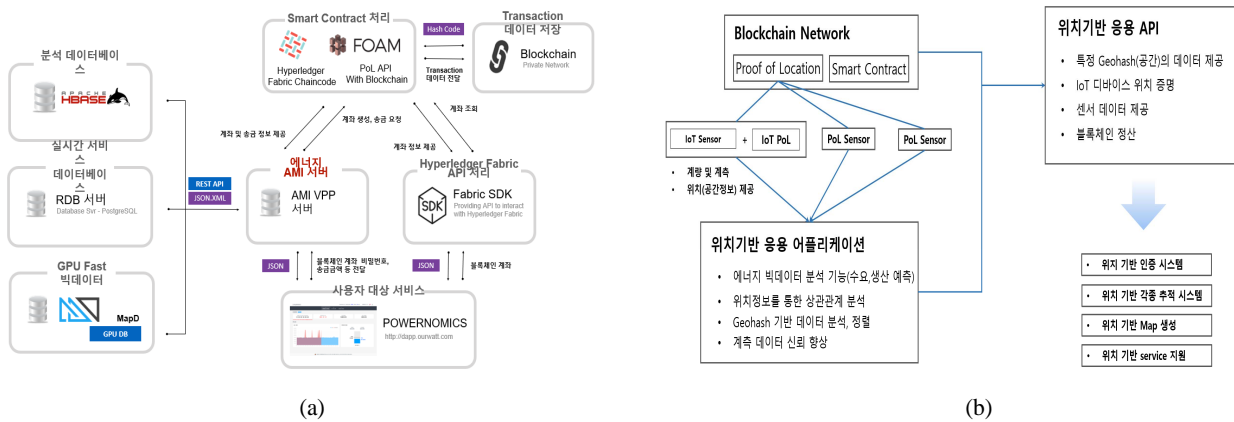


Fig. 3. (a)PoL blockchain transaction system diagram (b)PoL application

2-3. 위치증명기반 블록체인 네트워크 사물 간 에너지 직거래 시스템 및 어플리케이션

본 논문에서 제안하는 위치증명기반 블록체인 네트워크 사물 간 에너지 직거래 시스템의 구성은 아래 Fig. 3.(a)에서와 같이 에너지 클라우드 자원들의 분산 에너지 발전·사용량, 날씨정보 등 에너지 거래 매칭에 필요한 실시간 IoT 빅데이터의 수집 및 빅데이터를 전처리 후 오픈소스 기반 허가형 하이퍼레저 패브릭 플랫폼을 적용한 블록체인 네트워크 시스템에 연계하는 구조로 구성하여 신속한 거래 정산이 요구되는 전력 거래 특성을 고려하였다. 시스템에 적용된 하이퍼레저 프라이빗 블록체인 네트워크 시스템은 에너지 클라우드 사업자, SPC사업자, 개인 사업자등 다양한 형태의 기관 또는 사업자가 인증기관을 활용한 MSP(MSP: Membership Service Provider)정책에 따라 개별조직의 형태 또는 컨소시엄 형태로 신뢰성을 수반한 참여가 가능하다. 또한 원장 작성과 합의의 주체를 서로 분리하여 퍼블릭 블록체인 네트워크 합의 알고

리즘의 단점인 느린 속도와 컴퓨팅자원 낭비를 개선함으로써 거래 정산 속도를 높일 수 있다. 이와 더불어 FOAM 위치정보 개방형 API를 블록체인 서비스 플랫폼에 적용하여 거래 머신들의 위치정보가 포함된 에너지 트랜잭션 원장을 처리함으로써 위치정보에 의한 다양한 비즈니스 모델들 간의 원활한 거래가 하이퍼레저 스마트컨트랙트 Chaincode에 의해 수행되는 구조를 가진다.

이 시스템을 에너지 클라우드 네트워크 환경에 적용함으로써 클라우드 참여자 또는 참여 머신 소유자가 자신 또는 자신이 소유한 머신의 위치정보에 기반 한 안전하고 신뢰할 수 있는 방식으로 공유 및 거래가 가능하게 된다. 즉, 개방형 위치정보 API를 활용하여 블록체인 네트워크에 편리하게 연계 할 수 있어 스마트 컨트랙트를 이용한 머신 간 분산 에너지 위치 기반 암호화 직거래 애플리케이션 개발이 아래 그림 Fig.3.(b)와 같은 구성으로 가능 쉽고 빠른 개발이 가능하게 된다.

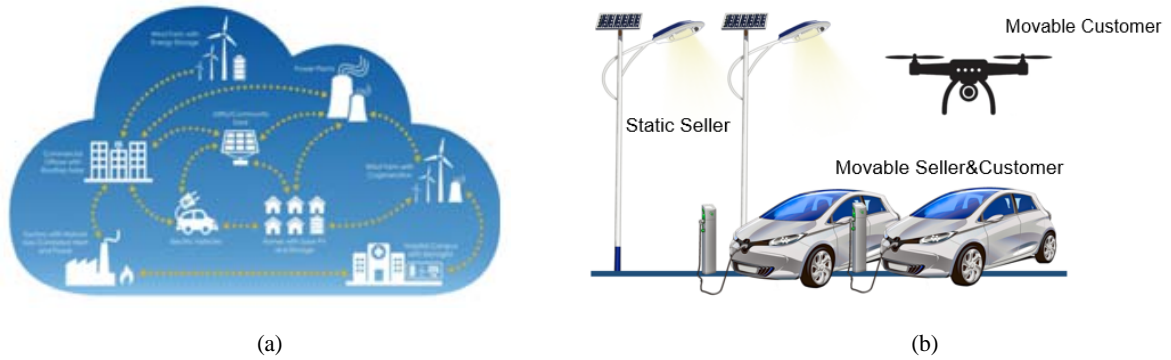


Fig. 4. (a)Concept for energy cloud network model (b) Concept for M2M business model

3. 사물 간 전력 직거래 비즈니스모델 개념

에너지 클라우드 비즈니스 모델의 컨셉은 Fig. 4.(a)에서와 같이 분산에너지 자원들이 네트워크로 연계된 것을 고려해야 하며 이러한 클러스터는 지역적으로 여러 곳에 산재하여 존재할 수 있으므로 각자 서로 다른 거래 정책을 가질 수 있다. 이러한 다양한 에너지 클러스터를 경유하면서 배터리 등에 에너지를 충전 또는 방전에 의한 에너지 거래가 가능한 사물들의 경우 해당 지역의 거래 정책에 따른 요금제, 할인쿠폰, 인센티브 등에 부합되어야 한다. 이를 위해서는 제안한 위치정보에 기반 한 거래 정산 시스템을 활용하면 사물 어플리케이션 개발, 클라우드 관리시스템 뿐 만 아니라 사용자에게 보다 신속하고 신뢰성 높은 직거래를 가능하게 할 수 있다. 예를 들어 서로 다른 요금정책을 가지는 클라우드를 경유하면서 이동하는 자율이동 드론 머신 또는 자율주행 공유 EV카 경우 클러스터별 요금 정책에 따른 전력 충·방전을 통해 해당 머신의 소유주는 물론 이용자에게도 부가 이익을 제공하는 것을 고려해 볼 수 있다. [10]

4. 결론 및 향후계획

제안한 블록체인 네트워크 위치증명기반 사물 간 에너지 직거래시스템을 활용하면 다양한 정책을 가질 수 있는 다수의 에너지클라우드 간을 통과하면서 이동이 예상되는 사물들의 에너지 직거래 있어 블록체인 네트워크에 융합된 위치 정보를 기반한 스마트컨트랙트 정산이 가능하게 되므로 빠르면서 신뢰성을 확보할 수 있게 되어 매우 흥미로운 사물 간 에너지 직거래 비즈니스 모델의 활성화에 기여 할 것으로 기대된다. 향후 계획은 제안한 시스템의 테스트 구축 및 FOAM 이더리움 API의 하이퍼레저 연계에 의한 실험을 통한 최적 거래 매칭 기법에 대한 연구 및 사물 간 에너지 직거래 비즈

니스 모델에 대한 지속적인 연구를 수행할 예정이다.

References

1. 예기평, 2019, 산업기술 R&D 전략 보고서(요약본) 에너지프로슈머 전략투자 분야
2. 김영곤, 2019, 블록체인 네트워크를 이용한 빅데이터 분석 기반 생산·소비량 인증 전력 거래 시스템에 관한 연구. 에너지공학, Vol. 28, No.4, 76-81.
3. https://foam.space/publicAssets/FOAM_Whitepaper.pdf
4. 이연, 2016. Geohashed Spatial Index Method for a Location-Aware WBAN Data Monitoring System Based on NoSQL. , 12(2), 263-274.
5. <https://www.tomtom.com/industries/gis-location-analytics/>
6. <https://developer.what3words.com/tutorial>
7. <https://opensource.google/projects/open-location-code>
8. <https://www.openstreetmap.org/about>
9. Sanguk Lee, 2017. Standardization of GNSS Threat reporting and Receiver testing through International Knowledge Exchange, Experimentation and Exploitation, 한국통신학회,572-572
10. Jonas Schlund, 2019, A distributed ledger based platform for community-driven flexibility provision, <https://doi.org/10.1186/s42162-019-0068-0> Energy Informatics

5. 부록

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

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음.(과제번호 20PIYR-B153277-02)