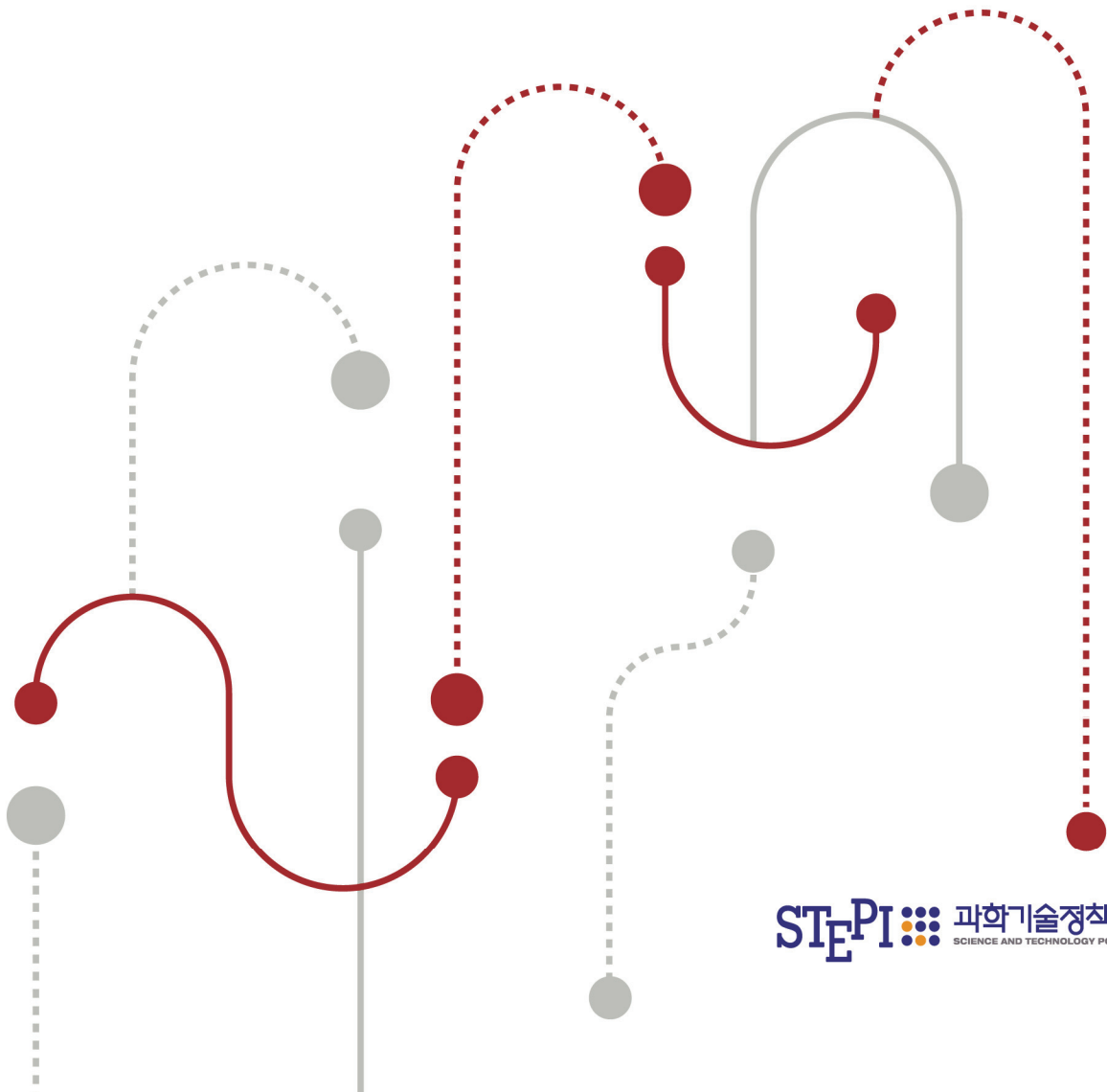


SCIENCE & TECHNOLOGY POLICY

STEP Insight

VOL. 222

에너지 블록체인 도입방안 연구



| 제222호 2018. 4. 9. |

에너지 블록체인 도입방안 연구

우청원

목차

| 요약 |

I. 서론	06
II. 에너지 블록체인 개념 및 유형	08
III. 에너지 블록체인 장애요인 및 개선안	23
IV. 결론 및 시사점	31

「STEPI Insight」는 경제와 사회의 모든 영역에서 과학기술 기반 미래 혁신을 도모하기 위해 관련 정책 문제들에 대한 이론적·실증적 검토를 수행하고 그 결과와 시사점을 요약 정리한 발간물입니다.

| 요약 |

■ 에너지 블록체인 기술을 도입함으로써 투명한 에너지 거래 시스템 구축, 에너지 수요 관리 효율화 등 새로운 부가가치를 창출할 수 있을 것으로 예상함

- 에너지 블록체인은 전력공급자와 소비자들 간에 자동적으로 전력거래를 할 수 있게 함으로써 거래비용을 줄이고, 에너지 거래정보를 분산원장에 공유함으로써 투명한 전력 거래를 할 수 있게 함

■ 미국, 중국 등을 중심으로 에너지 블록체인 비즈니스 모델이 활발하게 개발되고 있는 반면에 국내에서는 에너지 블록체인 생태계가 형성되고 있지 않음

- 에너지 블록체인 연구도 미비할 뿐만 아니라 에너지 블록체인 사업을 추진할 수 있는 기업도 거의 없음
 - 국내 블록체인 관련 정부 R&D 과제는 주로 IT, 금융 분야이고, 에너지 분야는 '17년 까지 총 2건에 불과함
 - 일부 에너지 수요관리 기업들이 블록체인 기반 비즈니스 모델을 개발하고 있지만 상용화된 사례는 아직 없음

■ 에너지 블록체인 유형은 개인 간 전력거래, 전기차(Electric Vehicle; EV) 충전, 에너지 데이터 활용, 에너지 공유, 탄소자산 거래가 있고, 에너지 블록체인 도입시 변화는 아래 표와 같음

유형	As is	To be
개인 간(Peer to Peer; P2P) 전력거래	- 계약, 정산 복잡 - 수요자와 공급자간 매칭 어려움 - 거래비용 발생	- 거래비용 감소 및 빠른 정산 가능 - 신재생에너지 관련 지역 커뮤니티 확대 - 안전한 전력거래 시스템 - 재생에너지 생산 동기 부여
EV 충전 및 공유	- 비용 과대(수수료 2.6%) - 지역별 충전 가격 상이	- 거래시스템 단순화를 통한 수수료 절감 - 에너지 소비 실시간 확인 가능
에너지 데이터 활용	- 개인별 에너지 사용 정보 파악 어려움 - 중앙 집중형 에너지 정보관리 체계 - 에너지 데이터 활용도 낮음	- 에너지 데이터를 활용해서 에너지 수요예측에 활용 - 일조량 등 에너지 빅데이터를 활용해 새로운 비즈니스 모델 구축
에너지 공유	- 에너지 거래 관련 인프라가 부족 - 에너지 발전량의 적절한 분배 실패	- 체납 없는 납부시스템 구축 - 태양광 발전시설 공유시스템 마련
탄소자산 거래	- 탄소자산 측정 및 데이터 공유 시스템 부재 - 국내 탄소자산 거래 시장으로 제한됨 - 정확한 탄소배출권 할당량 제시가 어려움	- 탄소자산 관련 자료 공유 확대 - 글로벌 탄소배출권 거래시장 활성화

■ 에너지 블록체인 장애요인 및 개선안은 기술적·경제사회적·제도적 측면에서 조사하였고, 주요 내용은 아래 표와 같음

구분	장애요인	개선방안
기술적 요인	<ul style="list-style-type: none"> - 결제 완결성 결여 - 블록 용량 제한 - 실시간 거래 제한 - 작업증명에 필요한 에너지 비용 증가 - 해킹 가능성 - 비가역성 거래로 인한 문제 	<ul style="list-style-type: none"> - 글로벌 기술개발 협력체 구성 - 프라이빗 블록체인 모델 개발 - 실시간 거래 가능한 합의 알고리즘 개발 - 개인키 보안 방안 모색 - 스마트계약 검증 기준 마련 및 실증사업 추진
경제 사회적 요인	<ul style="list-style-type: none"> - 높은 신재생에너지 발전단가 - 블록체인 기술 도입으로 인해 발생하는 추가적인 비용 - 간헐적인 신재생에너지 발전으로 인한 일정한 수익 창출 어려움 - 사회적 공감대 형성 부족 	<ul style="list-style-type: none"> - 신재생에너지 발전단가 감소를 위한 지원정책 마련 - 에너지 블록체인 경제성 평가 연구 추진 - 신재생에너지 발전효율 향상을 위한 R&D 과제 기획 - 에너지 블록체인 활용 가이드라인 마련
제도적 요인	<ul style="list-style-type: none"> - P2P 전력판매규제 - 법적 책임 주체 관련 법률 부재 - 투자자 보호 제도 부재 - 에너지 블록체인 기술 도입시 현행 법령 및 규정(개인정보보호 및 신용정보이용 법률)과 상충 	<ul style="list-style-type: none"> - 단계적 전력판매시장 개방 방안 마련 - 에너지 블록체인 관련 투자자 보호 가이드라인 마련 - 에너지 블록체인 법적 지위 및 단계적 에너지 블록체인 도입 마련 - 에너지 블록체인 협의체 구성

■ 결론 및 시사점

과제 1. 에너지 블록체인 도입을 위한 전력판매규제 완화

- 블록체인 기반 P2P 전력거래 서비스를 국내에 도입하기 위해서는 개인·건물 간 전력 거래를 제한하는 「전기사업법」 개정이 필요함
 - 현재까지 산업부의 「소규모 신·재생에너지 발전전력 등의 거래에 관한 지침」을 개정함으로써 P2P 전력거래 시범사업을 추진하고 있지만, 「전기사업법」을 개정하기 전까지는 블록체인 기반 P2P 전력거래를 할 수 없음
 - 「전기사업법」 개정안에 태양광 전력을 생산할 수 있는 개인도 블록체인 사업자로 등록할 수 있다는 내용이 포함되어야 함

| 요약 |

과제 2. 사전 규제방식에서 사후 규제방식으로 전환

- 에너지 블록체인 혁신을 촉진시키고, 새로운 에너지 산업으로 육성시키기 위해서는 규제 목적, 규제 강도, 규제 접근방식을 고려한 사후 규제 방식이 바람직함
 - 암호화폐공개(Initial Coin Offering; ICO) 전면금지나 암호화폐 거래소 폐쇄 등 선제적 규제방식은 에너지 블록체인 혁신 활동을 제한함
 - 핵심 성장동력 분야인 블록체인 기술에 대한 규제방식을 '사전 규제'에서 '사후 규제'로 전환해야 하고, '규제 샌드박스'를 도입해서 기존 규제를 받지 않고 시범 사업을 해볼 수 있도록 기업에게 기회를 제공해야 함
 - 사후 규제를 수립할 경우 규제목적, 규제강도, 규제방향을 명확히 설정하는 것이 중요함

과제 3. 프라이빗 블록체인 기반 비즈니스 모델 발굴을 위한 R&D 기획

- 퍼블릭 블록체인을 에너지 분야에 적용하기에는 기술적·제도적 한계점이 있기 때문에 프라이빗 블록체인 기반 에너지 비즈니스 모델 구축을 위한 R&D 기획이 필요함
 - 불특정 다수가 자료를 공유하는 퍼블릭 블록체인을 전력거래시스템에 도입할 경우, 에너지 사용정보가 유출되어서 프라이버시 문제가 발생할 수 있음
 - 에너지 분야의 특성에 맞게 프라이빗 블록체인 기술개발을 위한 정부 R&D 기획이 필요함
 - R&D 과제 예시로는 '에너지 인센티브에 활용할 수 있는 암호화폐를 개발', 'EV 충전 시스템에 적용 가능한 분산앱(Decentralized Application; dApp) 개발' 등임

과제 4. 에너지 블록체인 실증사업 추진

- 블록체인 기반 에너지 기술 우수성과 시장수요 부합성 등을 입증할 수 있도록 실증 사업을 추진해야 함
 - 개발된 에너지 블록체인 기술을 산업현장에서 활용할 경우, 블록체인 기술의 삼중고(Trilemma)인 확장성(Scalability), 탈중앙화(Decentralized), 보안(Security) 문제를 일으키지 않는지 확인해봐야 함
 - 에너지 블록체인 실증사업을 통해 개발된 기술의 사업성을 파악하고, R&D 기획 과정부터 기업이 참여해서 에너지 블록체인 기술사업화 과정에서 발생할 수 있는 경제적 리스크를 최소화해야 함

과제 5. 사회적 공감대 확보를 위한 가이드라인 제시

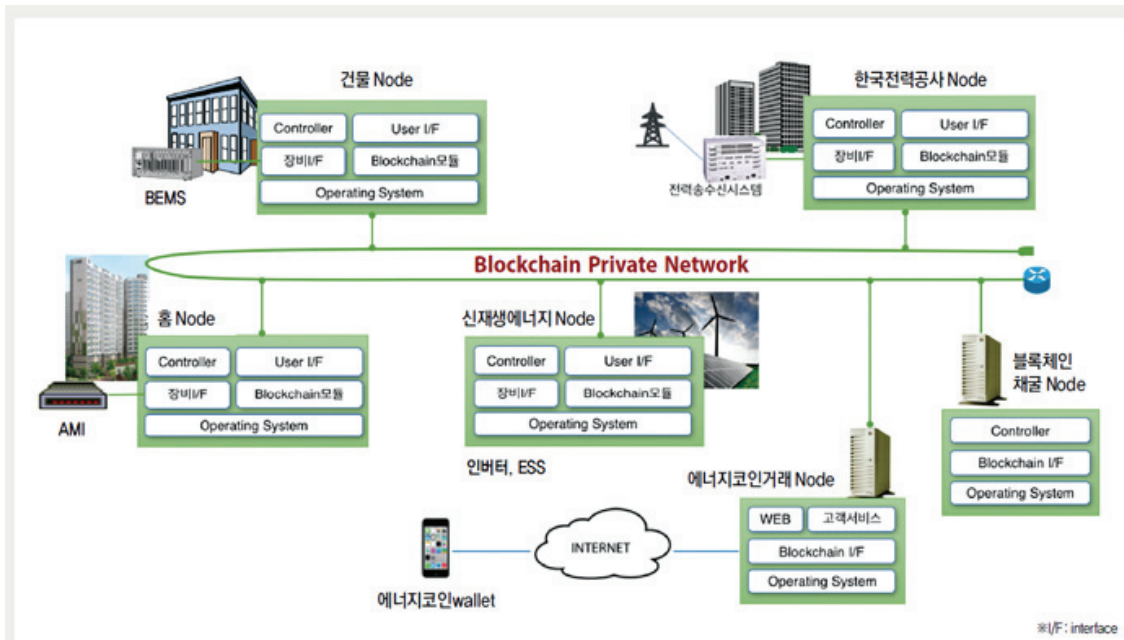
- 에너지 블록체인 도입에 따른 사회적 반발이나 에너지 블록체인 관련 코인·토큰에 대한 투기과열 현상을 막기 위한 가이드라인이 필요함
 - 인공지능(Artificial Intelligence; AI)과 같이 에너지 블록체인 기술이 기존의 일자리를 대체할 경우, 사회적 반발이 일어날 수 있기 때문에 사회적 공감대 확보를 위한 '과학 기술인력 활용 가이드라인'을 마련해야 함
 - 에너지 블록체인 관련 기업이 ICO를 할 경우, 투자자들이 기술이나 비즈니스 모델에 대해 이해할 수 있도록 정보 제공 기준을 마련해야 하고, 투자자들과 서비스 개발자 간에 소통할 수 있는 채널이 마련되어야 함

I. 서론

■ 에너지 블록체인을 통해서 투명한 에너지 거래시스템 구축, 신재생에너지 거래 확산, 미래 에너지 산업 발돋움 할 수 있을 것으로 전망함¹⁾

- 에너지 사용정보를 분산원장에 기록하면 누구나 거래내역을 확인할 수 있으므로 투명한 에너지 거래가 가능할 것으로 예상함
- 소규모 전력거래 시스템에서는 기존의 중앙집중형 방식보다는 블록체인을 활용한 탈 중앙형 분산방식이 더 효율적일 것임
- 스마트 계약으로 복잡한 거래 인증절차를 간소화할 수 있고, 에너지 블록체인이 에너지 중간 거래자의 역할을 대신함으로써 거래비용을 줄일 수 있음
- 에너지 블록체인 기술은 전력거래뿐만 아니라 전기차 충전 및 결제, 에너지 공유, 탄소권 거래, 신재생에너지 인센티브 등 다양한 에너지 분야에 활용 가능하므로, 향후에 에너지 신산업으로 육성할 수 있는 분야임

[그림 1] 에너지 블록체인 구성 예



자료: 동아비즈니스리뷰(2017)

1) 공영일·송지환·서영희(2017: 20)

■ **블록체인 기술이 4차 산업혁명의 주요기술로써 에너지 분야에도 미치는 영향력이 클 것으로 전망되는 가운데, 이러한 변화를 대응할 수 있는 기술적·제도적 기반이 마련되어 있지 않음**

- 국내 블록체인 연구는 금융 분야를 중심으로 진행되어왔고, 현재는 사물인터넷(Internet of Things; IoT) 블록체인 연구가 활발히 진행되고 있는 반면에 에너지 블록체인 관련 연구 및 인프라 구축 수준은 낮음
 - 블록체인과 관련된 정부연구개발 사업을 살펴보면, 에너지 블록체인 R&D 연구는 극히 일부임
 - * 국가과학기술지식정보(NTIS)에서 키워드 조사 결과, '15년 3건, '16년 15건, '17년 34건으로 총 52건 블록체인 연구가 진행되었고, 그 중에서 에너지 블록체인 관련 연구는 총 2건에 불과함
 - * '17년 '제로에너지 커뮤니티 멀티 마이크로그리드 간 에너지 거래 시 블록체인 기법 활용 방안 연구'라는 주제로 한국전자통신연구원(ETRI)이 수행함
 - 전력연구원에서 수행하고 있는 블록체인 기반 P2P 에너지거래는 아직 개념증명(Proof of Concept; PoC)단계*이고, EV 충전시스템에 블록체인 기술을 도입하는 것은 아직 구상단계에 있음²⁾
 - * 블록체인 기술의 상용화 단계는 프로토타입 개발 단계, 개념증명 단계, 파일럿 테스트 단계, 알파 단계, 베타 단계를 거침³⁾
 - 이찬혁·김기형(2017)은 컨소시엄 블록체인을 활용한 전력거래 시스템을 연구결과를 발표했지만, 구체적인 비즈니스 모델이나 핵심기술요소를 제시하고 있지 못함
 - 일부 에너지 산업체 및 전문가들은 블록체인 기술에 관심을 가지고 있지만, 국내에 에너지 블록체인 기술을 도입하는 것에 대한 공감대가 형성되어 있지 않음
- 에너지 블록체인 기술개발 및 비즈니스 발굴을 위해 R&D를 일부 추진하고 있지만, 개발된 기술을 국내에 도입하기 위해 고려해야 할 기술적, 경제·사회적, 제도적 요소들을 살펴본 사례는 없음

2) 전력연구원 권성철부장 인터뷰내용 기반(2017.10.11.)

3) 지식산업정보원(2017), 「차세대 권텀닷 신소재 기술개발 동향과 양자정보통신/블록체인 최근 실태분석」, p. 458.

II. 에너지 블록체인 개념 및 유형

1. 에너지 블록체인 개념

■ 에너지 블록체인은 블록체인 기술을 전력 거래 및 스마트그리드 등과 같이 에너지 분야에 적용한 것임

- 에너지 블록체인은 줄여서 ‘eco-chain’ 이라고도 불리며 에너지 분야에 블록체인 기술을 활용해서 안정성, 투명성, 신속성, 비용효율성을 확보함
- 비즈니스 모델에 따라 다르지만 에너지 블록체인 기술은 블록체인 기술과 에너지기술이 융합된 기술임
 - 블록체인의 4 가지 주요기술은 P2P 네트워크, 합의 알고리즘, 전자서명·해시함수, 스마트 계약이고 이에 융합되는 에너지 기술은 에너지수요관리기술, 에너지저장기술, 신재생 에너지기술 등이 있음

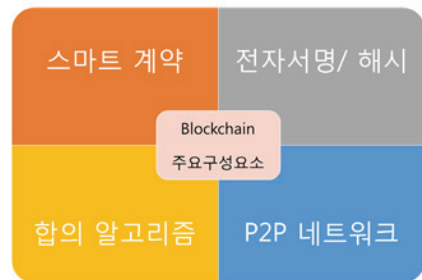
블록체인 기술 개념 및 특성

(개념) 블록체인은 신뢰를 담보하는 제3의 기관 없이도 네트워크 참여자들이 공동으로 정보 및 가치를 검증·저장함으로써 신뢰성을 확보할 수 있는 분산원장 기술 중 하나임

- 블록체인은 블록(Block)들이 해시값(Hash)⁴⁾으로 연결(Chain)되어 있고, 블록에는 복수의 정보가 들어있음
- 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 됨
- 블록에 들어갈 수 있는 데이터는 금융 거래정보뿐만 아니라 무역거래정보, 에너지 사용정보 등 목적에 따라 다양화할 수 있음⁵⁾

(특성) 4개의 요소기술로써 P2P 네트워크, 합의 알고리즘, 전자서명·해시함수, 스마트계약이 포함됨⁶⁾

- P2P 네트워크는 중앙 서버가 집중적으로 통신을 관리하는 것이 아니라 대등한 노드(컴퓨터)들이 직접 통신을 수행하는 네트워크라서 높은 확장성을 가짐
- 합의 알고리즘은 네트워크 참여자 간에 하나의 결과를 도출할 수 있게 해서 비잔티움 장군 문제⁷⁾, 정보전달 지연 문제를 해결할 수 있음
- 위조 및 변조를 방지하기 위해 전자 서명과 해시함수를 이용하는데, 전자 서명은 디지털 서명이라고도 표현하고, 전자 데이터의 타당성을 검증하기 위해 개인키와 공개키를 사용하고, 해시함수는 전자데이터를 무작위로 정해진 길이의 문자열로 변환한 값임
- 스마트계약은 비트코인 다음 세대인 이더리움에서 사용된 개념으로 지정된 조건을 만족하면 거래가 자동적으로 진행되어서 법적 분쟁이나 중재인 선임 등 거래 절차를 간소화 함(피벡터, 2016a, p. 38)



2. 에너지 블록체인 유형

■ 에너지 블록체인은 퍼블릭 블록체인이나 프라이빗 블록체인을 기반으로 서비스를 제공할 수 있지만, 퍼블릭 블록체인의 기술적 한계성과 규제 때문에 프라이빗 블록체인 기반 서비스가 다수임

- 현재 퍼블릭 블록체인들은 제한적인 확장성, 높은 가치변동성 등 한계점을 가지고 있기 때문에 안정적인 전력공급이 중요한 에너지 분야에서는 신뢰할 수 있는 사용자들만 네트워크에 참여할 수 있는 프라이빗 블록체인을 기반으로 한 서비스가 대부분임
- 「개인정보보호법」에 따라 익명성이 보장되는 퍼블릭 블록체인을 전력거래 분야에서 활용하기 어려움

블록체인 유형 및 특성

- **(퍼블릭 블록체인)** 누구나 네트워크에 참여해서 블록체인 내에 있는 정보를 읽고, 쓰고, 검증할 수 있지만, 네트워크 분기⁸⁾나 블록재조정⁹⁾이 발생할 경우 결제 완결성이 보장되지 않고, 데이터 기록에 문제가 생길 경우 이를 중재해줄 수 있는 방법이 없음
- ✓ 퍼블릭 블록체인의 대표적인 비트코인은 블록체인 기술을 화폐 발행 및 거래에만 적용한 사례로써 기존 은행 거래에 비해 높은 보안성, 낮은 이체수수료, 거래 투명성, 계좌생성 편의성 등 장점이 있지만, 높은 가치 변동성, 검열저항성, 제한된 확장성¹⁰⁾, 익명성 등 불안요소가 존재함(피넥터, 2016a: 22)
- ✓ 블록체인 2.0 중에 하나인 이더리움은 튜링완전언어¹¹⁾를 스마트 계약에 사용해서 화폐거래 정보뿐만 아니라 에너지 정보나 무역거래 정보를 분산원장에 공유할 수 있는 플랫폼을 제시했지만, 여전히 무제한 코딩 공격에 대한 보안이 취약하고, 코드가 잘 실행되는지를 검증할 수 있는 체계가 미흡함(피넥터, 2016a: 39)
- **(프라이빗 블록체인)** 하나의 중앙기관이 네트워크에 참여하는 것에 대한 권한을 가지고, 신뢰할 수 있는 사용자들만 네트워크에 참여해서 분산원장 데이터를 공유하고 검증하는 시스템임
- ✓ 영국 스타트업인 클리어매틱스(Clearmatics) 로버트 샘스가 고안한 단어로, 허가형 분산원장기술로도 불림(피넥터, 2016a: 44)
- ✓ 프라이빗 블록체인에서는 네트워크 내에 있는 데이터를 사용하고, 검증하는 권한을 차등적으로 부여할 수 있기 때문에 데이터 프라이버시를 보호할 수 있음
- ✓ 퍼블릭 블록체인은 검열 저항성이 강하기 때문에 산업에 적용하기 어렵지만, 프라이빗 블록체인은 불의의 사고나 악의적인 공격이 발생할 경우 미리 정한 규약이나 동의서에 따라 법적책임을 물을 수 있음(피넥터, 2016b: 26)
- ✓ 프라이빗 블록체인은 소수의 노드가 거래를 확정하는 형식이기 때문에 퍼블릭 블록체인에서 발생할 수 있는 블록 분기 및 블록 재조정으로 인한 문제가 발생하지 않음
- ✓ 컨소시엄 블록체인은 미리 선정된 소수의 노드들에 의해서 블록체인을 운영하는 방식임

4) 데이터를 무작위로 정해진 길이의 문자열로 변환한 값이고, 같은 데이터를 해싱하면 언제나 같은 해시값이 나옴
 5) 많은 사람들이 비트코인을 블록체인과 동일하게 생각하는 경우가 많은데, 비트코인은 결제·송금에 제한된 블록체인임
 6) 아카하네 요시하루(양현 역, 2017: 89)
 7) 비잔티움 장군 문제(Byzantine Fault)는 통신에 문제가 발생하거나 악의적으로 가짜 정보를 전달할 가능성이 있을 때 올바른 합의를 형성할 수 있는지를 묻는 것임
 8) 동시에 블록체인이 등록될 경우, 블록체인이 두 갈래로 갈라지는 현상
 9) 이미 한번 확정된 내용이 사라지거나 다른 기록으로 대체되는 현상

■ 에너지 블록체인 유형은 5 가지로 P2P 전력거래, EV 충전 및 공유, 에너지 데이터 활용, 에너지 공유, 탄소자산 거래로 분류됨

- 에너지 블록체인 유형 중에서 P2P 전력거래 사례가 가장 많았고, 블록체인이 에너지 분야에 도입되면 에너지 산업의 가치사슬 변화가 일어날 것임
 - 신재생에너지로 발전한 전력을 블록체인 기반으로 개인·건물 간에 거래할 수 있게 함으로써 거래비용을 줄이고, 신뢰할 수 있는 거래 정보를 공유하기 위해 새로운 P2P 전력거래 비즈니스 모델이 개발됨
 - 중앙집중형 전력거래방식에서 블록체인 기반 분산형 전력거래방식으로 전환되면, 전력거래 중개자 역할을 했던 한국전력과 전력거래소의 역할이 축소될 것이고, 에너지 프로슈머의 역할이 더욱 커질 것임

〈표 1〉 에너지 블록체인 유형 및 주요 내용

유형	주요내용	사례
P2P 전력거래	개인 간 전력거래의 비용을 줄이고, 투명한 전력거래를 위해 블록체인 기술을 활용함	Brooklyn Microgrid Project(미국), Energo(중국), Power Ledger(호주), SolarCoin(미국)
EV 충전 및 공유	전기차를 충전 및 결제할 때 블록체인 기술을 활용해서 신뢰성 및 비용 절감 효과를 가져올 수 있음	Slock.it&RWE(독일), Energo(중국)
에너지 데이터 활용	블록체인에 에너지 데이터를 공유함으로써 새로운 비즈니스 모델을 구축함	Grid Singularity(오스트리아)
에너지 공유	에너지 공급이 필요한 개발도상국에 신재생에너지 설비를 공유할 수 있도록 블록체인을 활용함	Bankymoon(남아공), M-PAYG(덴마크)
탄소자산 거래	탄소배출권 거래제와 같은 탄소자산 거래를 활성화하기 위해 블록체인 기술을 도입함	IBM & Smart Blockchain Lab(중국)

자료: 국내외 선행자료 조사를 통해 저자 작성

10) 확장성(Scalability)은 단위시간당 얼마나 많은 작업을 수행할 수 있는지를 뜻하는 말로, 금융 거래에서는 특정시간동안에 얼마나 많은 이체 내역을 처리할 수 있는지를 뜻함

11) 일반적으로 사용하는 C나 JAVA와 같은 프로그램 언어처럼 반복문 사용이 가능해서 다양한 프로그램을 효율적으로 개발할 수 있는 언어를 뜻함

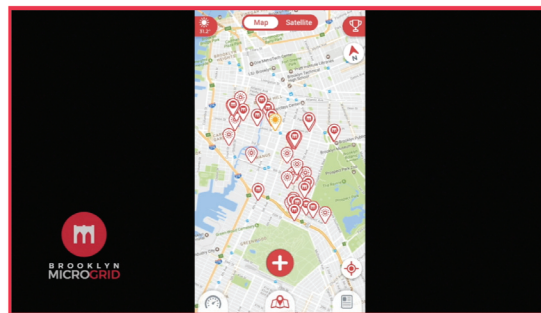
3. 해외 에너지 블록체인 사례

1) P2P 전력거래

■ Brooklyn Microgrid Project (미국)

- (목적) 브루클린 지역에서 생산한 태양광발전에너지를 이웃 간에 거래할 수 있도록 에너지 블록체인 모델을 구축하고 이를 통해 친환경 도시를 만드는 것임¹²⁾
- (특징) 50 가구의 브루클린 주민들이 태양광 패널을 설치하고, 잉여전력을 판매하는 시스템을 구축하고 있음¹³⁾
 - 스마트미터기를 통해 실시간 전력 생산·거래 데이터가 블록에 저장되고, 스마트계약을 통해서 자동적으로 이웃 간 전력거래를 함
 - 브루클린 주민들은 휴대폰 어플리케이션을 통해서 전력공급이 가능한 가정을 실시간으로 찾을 수 있고, 태양광 패널을 설치할 수 있는 공간을 확인할 수 있음
 - 브루클린 프로젝트를 통해서 블록체인 서비스 회사인 LO3 Energy는 에너지 거래수수료 및 스마트미터기 판매수익을 올릴 수 있고, 전력회사는 지역 에너지 운영 수익 및 마이크로 그리드 EPCM(설계, 구매, 시공, 운영) 수익을 얻을 수 있음¹⁴⁾
 - 에너지프로슈머는 태양광 패널로 생산한 전력을 P2P로 에너지를 거래할 것인지, 온/오프라인 저장장치에 저장할지, 가정 내에 사용할지를 선택할 수 있게 됨

[그림 2] 브루클린 마이크로 그리드 앱 화면



자료: Brooklyn Microgrid 홈페이지, <https://www.brooklyn.energy/support>(2018.2.8.)

☞ **블록체인 기반 P2P 전력거래의 대표적인 사례 중에 하나이지만, 아직까지 거래요금 결정 및 에너지 사용정보 활용문제에 대한 문제점이 남아 있음**

12) Brooklyn Microgrid 홈페이지, <https://www.brooklyn.energy/>(2017.11.9.)

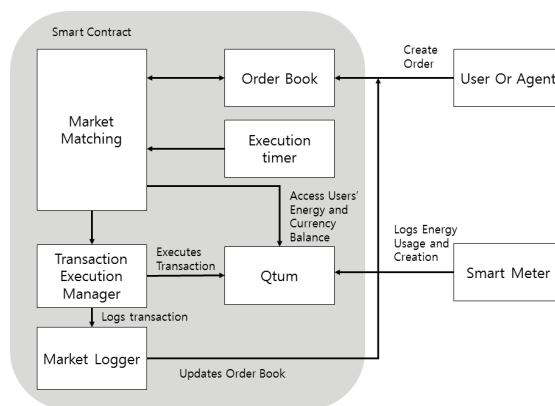
13) Power Technology(2017.4.11.), "The Brooklyn microgrid: blockchain-enabled community power", <https://goo.gl/65ZFXt>(2017.11.8.)

14) 권성철(2017.10.3.), 「에너지 블록체인 현황 및 향후 전망」, 『블록체인 산업혁신 컨퍼런스』, BIIC 조직위원회, p. 10.

■ Energo (중국)

- (목적) 에너지 블록체인 분산앱(Decentralized Application; dApp)¹⁵⁾을 개발해서 에너지 생산자와 소비자가 실시간으로 전력거래를 할 수 있도록 DAE(Decentralized Autonomous Energy; 분산형 자율 에너지)를 구축하는 것임
 - Energo는 일반 가정들이 전력 소비량을 정확하게 알지 못하고 있다는 것에 문제의식을 가지고, 신뢰할 수 있는 에너지 정보를 블록체인으로 공유하는 것을 제안함¹⁶⁾
 - DAE 참여자들은 신재생에너지 소비량 및 거래량에 따라서 인센티브를 받음으로써 기존 유틸리티에서 제공하는 전기가격보다 저렴하게 전기를 구매할 수 있음
 - Energo의 코인인 테슬라(TSL)는 비트코인의 ‘가치전달’ 역할과 이더리움의 ‘스마트 계약 실행’ 능력을 가지고 있는 쿼텀(Qtum)을 기반으로 한 암호화폐임
- Energo는 두 개의 토큰¹⁷⁾인 WATT와 TSL를 사용해서 P2P 전력거래 서비스를 제공함
 - WATT는 DAE에서 사용되는 전력량으로 1kWh를 뜻하고, 생산된 에너지는 마이크로 그리드 저장시설에 보관됨
 - TSL는 저장된 에너지를 구매할 수 있는 코인으로써 DAE 참여자들 간에 거래가 가능함
 - 에너지 저장 시스템과 전압 관리를 통해 공급이 불안정한 신재생에너지 사용을 극대화시킬 수 있음
 - 거래 메커니즘은 1)태양광발전량은 스마트미터기에 기록되고, 에너지저장장치에 저장, 2) 소비자와 공급자 간에 경매입찰 3) 스마트 계약에 의해 거래가 승인되면 소비자는 저장된 전력을 공급받고, 판매된 전력량 내역이 분산장부에 기록됨

[그림 3] Energo P2P 에너지 거래 소프트웨어 실행 원리



자료: Energo Labs whitepaper(2017), “Decentralized Autonomous Energy System”,
<https://goo.gl/xEPZMm>(2017.11.13.), p. 13.

15) 중앙관리자가 없어도 공급자와 수요자가 직접 정보 및 가치를 거래할 수 있도록 하는 어플리케이션임

16) 중국 Energo Co-founder Nico Yang 인터뷰(2017.11.20., 한국 서울)

17) dApp에 대한 지분을 뜻하고, dApp에 대한 수요가 많아지면 토큰가격이 상승해서 자본이익을 거둘 수 있음

- (계획 혹은 로드맵) 2018년 말까지 호주 및 동남아 4개국(태국, 필리핀, 말레이시아, 싱가포르)으로 확장하는 것을 목표로 함¹⁸⁾
 - 내년 9월까지 호주 빅토리아 및 뉴 사우스 웨일즈 지역에 300MW의 DAE 커뮤니티를 생성하는 것이 목표
 - 내년 말까지 동남아 4개국에 200MW의 커뮤니티를 생성할 예정임
 - 내년 초에는 코인을 통한 전기 자동차 충전 서비스를 제공함으로써 사업 확장 또한 계획하고 있음
- ☞ Energo 백서를 통해서 비즈니스 모델을 일부 이해할 수 있지만, 도입시 발생하는 비용 및 경제적 효과 등에 대한 구체적인 사업 내용이 없어서 일반 투자자들이 DAE에 참여하기 어려움

■ Power Ledger (호주)

- (목적) P2P 전력거래, 전기 자동차 충전, 탄소 거래 등 에너지 전 분야에 블록체인 기술을 도입하는 것을 목표로 함¹⁹⁾
 - Power Ledger는 이더리움을 기반으로 하고 있고, 최초로 호주에 P2P 에너지 거래 네트워크를 구축했음²⁰⁾
 - Power Ledger에서 사용하고 있는 블록체인은 승인된 사람만 가입 가능한 프라이빗 형태이고, 합의 알고리즘은 지분증명(Proof of take; 이하 PoS)²¹⁾을 사용하고 있음
 - Power Ledger 생태계는 이더리움 블록체인, Power Ledger Core, Ecochain 서비스, Power Ledger 어플리케이션이 모여 있는 Fusebox로 구성되어 있음
- POWR와 Sparkz라는 두 개의 토큰을 발행해서 P2P 전력거래 시스템을 구축함
 - Sparkz는 Power Ledger 네트워크에서만 사용가능한 토큰으로 단위 전력 가치를 환산한 값이고, Sparkz가치는 지역내 전력 거래가격과 비슷하게 유지됨
 - POWR은 Power Ledger가 이더리움 기반으로 발행한 암호화폐로써 노드들이 Power Ledger내에 있는 어플리케이션을 사용하기 필요함
 - *P2P 거래에서는 Sparkz를 구매하기 위해서는 POWR이 필요함

18) Energo Labs 홈페이지, <http://www.energolabs.com/>(2017.11.7.)

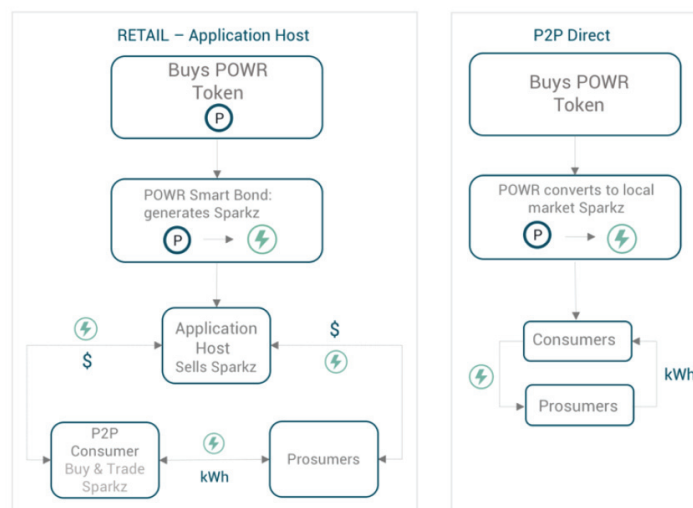
19) Power Ledger 홈페이지, <https://powerledger.io/>(2017.11.9.)

20) Power Ledger 홈페이지, <https://powerledger.io/>(2017.11.9.)

21) 기존 합의알고리즘인 작업증명(Proof of Work; 이하 PoW)의 단점인 과도한 에너지 낭비를 해결하기 위해 PeerCoin에서 처음 제안한 합의 알고리즘이고, 코인 보유량에 따라 블록 생성권한과 인센티브를 제공함

- POWR은 전 세계적으로 거래될 수 있는 코인이고, Sparkz와 전기를 안전 거래할 수 있도록 보증하는 채권의 성격을 가지고 있음
- 아래 그림에서 보는 바와 같이 소비자들은 기존의 발전사(Utillities)와 같은 Application Host를 통해서 프로슈머와 전력거래하거나 직접 POWR를 구매해서 프로슈머와 전력거래를 할 수 있음

[그림 4] Power Ledger P2P 거래 방법



자료: Power Ledger whitepaper(2017: 23)

Note: (좌측) 기존 에너지 거래 시스템에서 Power Ledger P2P 거래 방법, (우측) 프로슈머와 구매자가 직접 거래하는 Power Ledger P2P 거래 방법

- 프로슈머와 구매자가 전력거래를 할 때 발생하는 수수료는 Power Ledger 네트워크 내에 있는 개발자, Application host, 거래참여자 모두에게 POWR로 일정한 비율로 분배됨
- 이를 통해서 신재생에너지 발전을 하는 사람은 더 높은 수익을 얻을 수 있고, 전력을 구매하고자 하는 사람은 더 저렴하고, 빠르게 전기를 구매할 수 있음
- (계획 혹은 로드맵) 2019년 2분기까지 완전한 퍼블릭 블록체인 시스템을 완성하는 것을 목표로 함²²⁾²³⁾
- ☞ 아직까지는 비트코인이나 이더리움처럼 POWR가 코인으로서 역할을 못하고 있음. Power Ledger에 대한 수요를 높일 수 있는 방안이 모색되어야 함

22) Coindesk(2017.10.6.), "\$34 Million: Australian Blockchain Startup Power Ledger Completes ICO", <https://goo.gl/1KLtS4>(2017.11.9.)

23) SmartCompany(2017.10.16.), "Power Ledger raises \$34 million in one of Australia's first successful initial coin offerings", <https://goo.gl/ibCoSn>(2017.11.9.)

■ SolarCoin (미국)

- (목적) 태양광발전을 장려하기 위해 개발된 암호화폐로서 태양광발전량에 따라 SolarCoin (SLR)을 개인에게 제공함²⁴⁾
- (특징) SolarCoin은 자발적인 참여자로 구성된 SolarCoin Foundation(SCF)에 의해 개발되었고, 검증받은 태양광발전 주력은 SolarCoin를 받을 수 있음
 - 2014 년도에 ‘DeKo: An Electricity-Backed Currency Proposal’이라는 논문에 처음 소개되었고, 이후 자발적으로 SolarCoin이 만들어짐
 - SolarCoin은 PoS 알고리즘을 사용하고 있고, 총 97,500 TWh(테라와트시)에 해당하는 코인을 가지고 있고, 공급자들에게는 SCF에서 1MWh(메가와트시) 당 1 SolarCoin을 지급
 - SolarCoin이 지급되는 과정은 먼저 태양광에너지 생산자가 SCF, Solcrypto, SolarChange에 설비 검증 신청을 하고, 이후에 승인이 되면 SCF가 생산자의 전자지갑에 SolarCoin을 지급함
 - 지급된 SolarCoin은 다른 암호화폐나 신용화폐로 교환할 수 있고, 2017.11.15.기준으로 1SLR당 0.509 달러로 거래되고 있음²⁵⁾
- ☞ SolarCoin은 REC(Renewable Energy Certification)제도나 발전차액제도와 같이 신재생에너지 발전에 대한 인센티브로 활용될 수 있지만, 다른 에너지 코인과 같이 경제적 가치가 낮아서 실효성이 떨어짐

24) SolarCoin 홈페이지, <https://solarcoin.org/en/frequently-asked-questions>(2017.11.15.)

25) Cryptoid, <https://chainz.cryptoid.info/slr/#trading-warning>(2017.11.15.)

(2) EV 충전

■ Slock.it & RWE (독일)

- (목적) 인간과 기계(H2M, M2M)간에 전력 거래를 최적화시키기 위해 독일에 본사를 둔 에너지 발전회사 RWE와 블록체인 스타트업인 Slock.it이 협업해서 EV 충전 블록체인 서비스를 개발함

[그림 5] 이더리움을 기반으로 한 전기차 충전 원리



자료: 한전경제경영연구원(2017: 12) 재인용

- (특징) 이더리움 기반으로 전기차 인증, 충전, 결제를 자동화하고, 투명한 거래를 할 수 있음
 - 스마트 계약을 포함한 dApp을 활용해서 전기차 충전시스템을 자동화함
 - 전기차 충전 내역을 투명하게 블록체인에 기록 및 공유함으로써 부정한 거래를 사전에 막음
 - 기존 전기차 충전시 발생하는 충전수수료나 카드수수료를 줄일 수 있음
- ☞ Slock.it & RWE EV충전 블록체인 기술은 아직 초기단계에 있고, 국내의 경우에는 EV 충전 인프라가 구축되어 있는 곳이 제한적이기 때문에 서비스가 상용되기에는 시간이 소요될 것으로 전망됨

(3) 에너지 데이터 공유

■ Grid Singularity (오스트리아)

- (목적) 개인, 가정, 기업의 에너지 데이터를 분산원장에 기록해서 에너지 소비패턴 분석, 수요 예측, 스마트 그리드 경영, 에너지 투자 결정 및 에너지의 교환 등 다양한 비즈니스 모델을 제공함²⁶⁾
 - (특징) 이더리움을 기반으로 에너지 사용 정보를 수집 및 저장²⁷⁾
 - 에너지 데이터를 분산원장에 기록하고 공유함으로써 전력거래소와 같은 에너지 시장 매개자(Intermediaries)를 대체함
 - 발전사 및 소비자 간에 에너지 거래내역을 빠르고, 정확하게 기록 및 공유함
 - IoT 기술을 활용해서 일조량, 전력사용량 등 다양한 에너지 정보를 수집하고 활용해서 에너지 수요관리 서비스를 제공하거나, 에너지 데이터 자체를 거래하는 Business model을 제시
- * 데이터 수집을 위하여 Vattenfall과 같은 에너지 P2P 업체 및 IT 기업들과 제휴를 통하여 협력하고 있음²⁸⁾

[그림 6] Grid Singularity 주요 사업



자료: grid Singularity 홈페이지, [http://gridsingularity.com/#/0/1\(2018.2.8.\)](http://gridsingularity.com/#/0/1(2018.2.8.))

- ☞ 개인 및 가정의 에너지 사용 정보 기록 및 저장에 관한 제도가 명확하지 않고, 이를 활용하여 영리사업을 하는 것에 대한 법적규제가 있을 수 있기 때문에 국내 도입을 위해서는 기존 제도와 상충되는 요소들을 사전에 파악해 볼 필요가 있음

26) Grid Singularity 홈페이지, [http://gridsingularity.com/#/1\(2017.11.9.\)](http://gridsingularity.com/#/1(2017.11.9.))

27) Grid Singularity 홈페이지, [http://gridsingularity.com/#/2\(2017.11.9.\)](http://gridsingularity.com/#/2(2017.11.9.))

28) impact(2017.5.5.), "Grid Singularity transforms the energy market with blockchain", [https://goo.gl/RQCSV5\(2017.11.5.\)](https://goo.gl/RQCSV5(2017.11.5.))

(4) 개발도상국 발전 (에너지 공유)

■ Bankymoon (남아프리카 공화국)

- (목적) Bankymoon은 에너지블록체인을 활용해서 에너지 공급을 받지 못하는 개발도상국에 에너지를 공유하는 것을 목표로 함
 - Bankymoon은 전력 수요와 공급을 예측하고 전기 가격 인플레이션을 조정하고, 투명한 전력 공급을 목표로 함²⁹⁾
- 첫 번째 사회 프로젝트로 기부 받은 비트코인을 아프리카 지역에 제공할 수 있는 스마트 미터기를 개발함
 - 비트코인 기반의 과금 시스템을 개발하여 클라우드펀딩 플랫폼인 Usizo와 연동하여 남아프리카의 학교에 전기를 공급함³⁰⁾
 - 기부 받은 비트코인으로 전기뿐만 아니라 물이나 가스를 구매할 수 있고, 기존의 NGO가 하던 역할을 대신할 수 있음
 - 암호화폐를 활용함으로써 지로와 같은 중간비용을 절감할 뿐만 아니라, 스마트 계약을 통해 자동적으로 전기요금을 지불할 수 있어서 거래비용을 줄일 수 있음³¹⁾

[그림 7] Bankymoon 블록체인 기반 스마트 미터를 활용한 기부 과정



자료: 한전경제경영연구원(2017: 12) 재인용

- ☞ 에너지 블록체인이 경제적 부가가치 창출뿐만 아니라 사회적 부가가치를 창출할 수 있다는 것을 Bankymoon 사례를 통해서 알 수 있지만, 아직 자체적인 블록체인 플랫폼을 갖춘 에너지 공유 사례는 부재함

29) Bitcoin.com(2016.3.10.), "Bankymoon to Launch Bitcoin-funded Smart Energy Meter", <https://goo.gl/k2cPxt> (2017.11.9.)

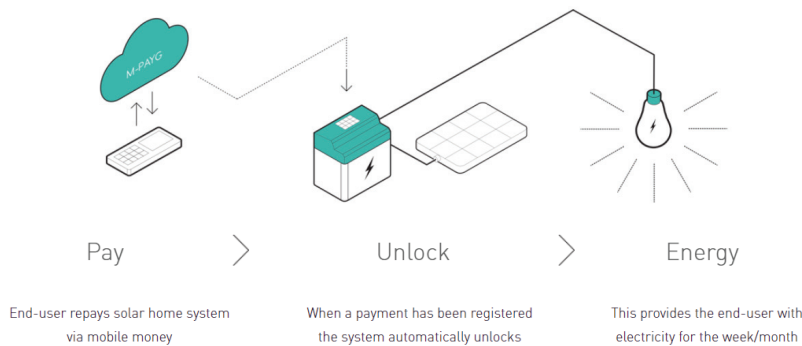
30) bankymoon 홈페이지, <http://bankymoon.co.za/category/usizo/> (2017.11.9.)

31) Bitcoin(2016.3.10.), "Bankymoon to Launch Bitcoin-funded Smart Energy Meter", <https://goo.gl/k2cPxt> (2017.11.9.)

■ M-PAYG (덴마크)

- (목적) 전기 발전시설 및 과금 인프라가 부족한 개발도상국에 블록체인을 활용하여 태양광 발전시설을 공유하는 시스템을 만드는 게 목적임³²⁾
- (특징) 태양광발전시설을 설치 및 운영할 수 없는 아프리카 주민들에게 모바일 결제기술과 블록체인 기술을 활용해서 일정 기간 동안 태양광발전시설을 공유함으로써 전기를 사용할 수 있도록 함
 - 매달 5달러를 모바일로 사전에 결제하면 한달 동안 태양광발전에서 생산되는 전기를 필요한 곳에 사용할 수 있음³³⁾
 - 결제이력이 많을수록 신용등급이 올라가고, 그로 인해 기존에는 받을 수 없었던 의료 보험이나 교육프로그램을 받을 수 있음
 - 주, 월단위로 결제가 가능하며 50회 이상 결제 시 임대받은 장비를 가정에서 영구히 소장할 수 있음³⁴⁾
 - 현재 M-PESA와 같은 전자지갑 개발 업체들과 협력 중이며, 이를 통하여 블록체인 기반의 납부 시스템을 구축하려고 시도 중임³⁵⁾

[그림 8] M-PAYG Concept



자료: M-PAYG, <http://www.mpayg.com/#03background-white> (2017.11.8.)

☞ M-PAYG 서비스는 블록체인 기술을 아직 완벽하게 실현시키지는 못했지만, 국내 태양광 보급 확대를 위해 활용해 볼 수 있는 방안임. 일례로 농촌지역에 태양광발전시설을 공유할 수 있는 블록체인 플랫폼을 구축해볼 수 있음

32) M-PAYG 홈페이지, [http://www.mpayg.com/#04-idea\(2017.11.8.\)](http://www.mpayg.com/#04-idea(2017.11.8.))

33) f6s, [https://www.f6s.com/mpayg\(2017.11.15.\)](https://www.f6s.com/mpayg(2017.11.15.))

34) linkedin.com(2016.5.9), "M-PAYG: Next-generation mobile payments for rural electrification", [https://goo.gl/DJKa3X\(2017.11.15.\)](https://goo.gl/DJKa3X(2017.11.15.))

35) linkedin.com(2016.5.9), "M-PAYG: Next-generation mobile payments for rural electrification", [https://goo.gl/DJKa3X\(2017.11.15.\)](https://goo.gl/DJKa3X(2017.11.15.))

(4) 탄소자산 거래

■ IBM & Energy Blockchain Labs (중국)

- (목적) 중국 베이징에 기반을 둔 Energy Blockchain Labs와 IBM은 탄소자산 거래에 블록체인 기술을 적용해서 탄소거래시장을 활성화하는 것을 목표로 함³⁶⁾
- (특징) Hyperledger Fabric과 IBM 블록체인 기술을 활용해서 탄소거래주기를 단축시키고, 기존보다 거래비용을 20~30%로 감소시킬 수 있음³⁷⁾
 - 블록체인 기술을 활용하면 탄소거래시장을 감독하고, 탄소 할당량을 관리하는 비용을 줄일 수 있음
 - 탄소거래시장에서 거래되는 내용을 투명하게 확인할 수 있으므로 탄소자산에 대한 수요와 공급을 정확하게 예측할 수 있게 될 것임
- ☞ 탄소거래 옵션이 다양할 경우, 블록체인을 활용해서 거래비용을 줄일 수 있을 것으로 예상되지만, 국내와 같이 탄소 할당량이 부족하고 탄소거래방법이 단편적일 경우에는 블록체인 기반 탄소자산 거래 모델이 구축되기 어려움

■ 미국, 유럽, 중국을 중심으로 다양한 에너지 블록체인 비즈니스 모델이 개발되고 있지만 가시적인 성과나 상용화 사례는 미흡함

- 해외 에너지 블록체인 활용 사례를 살펴보면 P2P 전력거래, 탄소자산 거래, M2M 거래 등 다양한 에너지 분야에 블록체인 기술을 도입하려는 시도가 있지만, 여전히 단기적인 프로젝트 및 특정 지역에 실증사업을 진행하는 수준으로 가시적인 성과나 상용화는 아직 미흡함
 - P2P 전력거래 분야를 제외하고는 대부분 구체적인 비즈니스 모델을 제시하고 있지 않아서 투자자가 기업 가치를 판단하기 어려움
 - 국내에 해외 에너지 블록체인 비즈니스 모델을 도입하기 위해서는 기술적인 한계점보다 인프라 확대 및 규제 완화가 선행되어야 함
- * EV 충전 인프라 부족, 탄소거래 제한, 에너지사용정보 활용 제한, 전력판매제도 독점 등

36) Bitcoin magazine(2017.5.9), "BlockChain Technology Will Help The World Go Green", <https://goo.gl/NHhnsS>(2017.11.8.)

37) Bitcoin magazine(2017.5.9), "BlockChain Technology Will Help The World Go Green", <https://goo.gl/NHhnsS>(2017.11.8.)

4. 국내 에너지 블록체인 기술 동향

■ 한국전력공사 에너지 블록체인 시범사업

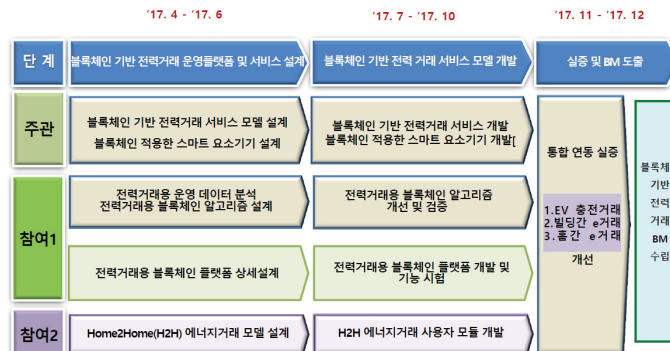
- '17년도 4월부터 12월까지 한국전력공사 전력연구원은 블록체인 기술을 이용하여 전력 분야 융합 서비스 모델을 발굴하기 위해서 P2P 전력거래와 전기자동차 전력거래에 블록체인 기술을 활용하는 시범사업을 추진 중임
 - 블록체인 기반 전력거래시스템 설계는 완료되었고, 빌딩 간 전력거래 및 EV 충전 실증을 위해서 한국전력 인재개발원에 실증 사이트를 구축하고, 공동주택 간 전력거래 실증을 위해 이촌동, 흥은동 소재 공동주택을 선정함
 - 아래 그림에서 보는 것과 같이 전력연구원 에너지 블록체인 시범사업 추진현황은 블록체인 기반 전력거래 운영플랫폼 구축, 서비스 설계 및 모델 개발, 실증평가, 블록체인 기반 서비스 모델 수립 순으로 진행함

[그림 9] 블록체인 기반 통합운영시스템 구성도 및 실증사이트



자료: 권성철(2017.10.3.), 「에너지 블록체인 현황 및 향후 전망」, 『블록체인 산업혁신 컨퍼런스』, BIIC 조직위원회, pp. 18~19.

[그림 10] 전력연구원 에너지 블록체인 시범사업 추진현황

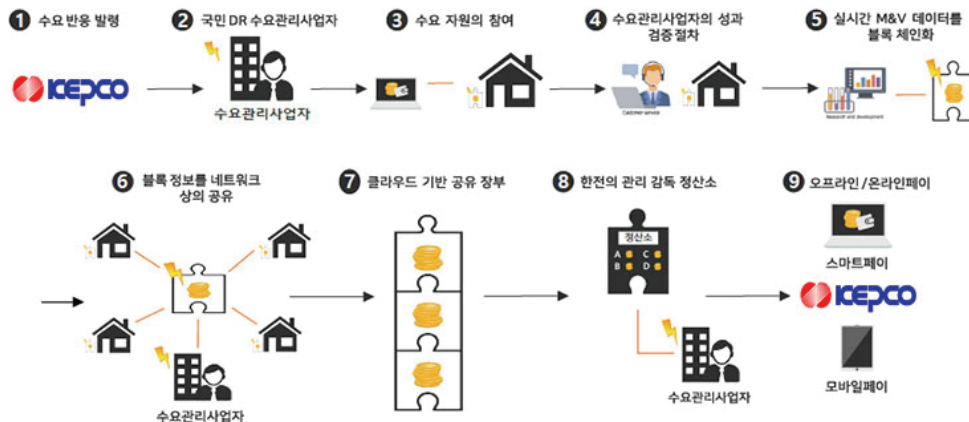


자료: 권성철(2017.10.3.), 「에너지 블록체인 현황 및 향후 전망」, 『블록체인 산업혁신 컨퍼런스』, BIIC 조직위원회, p. 21.

■ 이젠파트너스 수요관리 블록체인 사업³⁸⁾

- 에너지 IT 솔루션 기업인 이젠 파트너스가 한국인터넷진흥원(KISA)에서 발주한 ‘블록체인 기반 소형 건물군 대상 에너지 서비스 플랫폼’ 사업을 수행함
 - 이젠파트너스 주요 기술 및 사업 역량은 에너지 환경 시뮬레이션, 에너지 환경 모니터링 데이터 분석, 제로 에너지 건물 유지 관리 등임
 - 정재욱 이젠파트너스 대표는 에너지 블록체인을 활용해서 소극적인 에너지 효율화 사업 및 수요관리 사업을 활성화하고, 에너지 프로슈머 정책과 같은 새로운 에너지 서비스 사업 환경을 조성할 예정이라고 밝힘³⁹⁾
 - 본 사업은 수요반응제도⁴⁰⁾에서 수요반응량⁴¹⁾ 측정 및 검증(Measurement & Verification; M&V)데이터를 분산원장에 공유해서 수요관리사업자와 한국전력 간에 거래 신뢰성을 높이고, 거래비용을 줄이고, 정산시간을 단축시키는 것을 목적으로 함

[그림 11] 이젠파트너스 블록체인 기반 수요반응 플랫폼



자료: CNET Korea(2017.4.13.), 「이젠파트너스, 블록체인 기반 에너지 서비스 플랫폼 개발」, <http://www.cnet.co.kr/view/100155080>(2017.10.10.)

38) CNET Korea(2017.4.13.), 「이젠파트너스, 블록체인 기반 에너지 서비스 플랫폼 개발」, <http://www.cnet.co.kr/view/100155080>(2017.10.10.)

39) ITWorld(2017.4.12.), 「이젠파트너스, 블록체인 기반 에너지 서비스 플랫폼 개발」, <http://www.ebn.co.kr/news/view/886689>(2017.11.9.)

40) 수요반응(Demand Response): 전기소비가자가 전기소비 절감하거나 피크전하를 조절함에 따른 인센티브를 위해 평상 시 에너지 소비패턴을 변경해서 전기사용량을 조절하는 것임(전력거래소, 2011: 1)

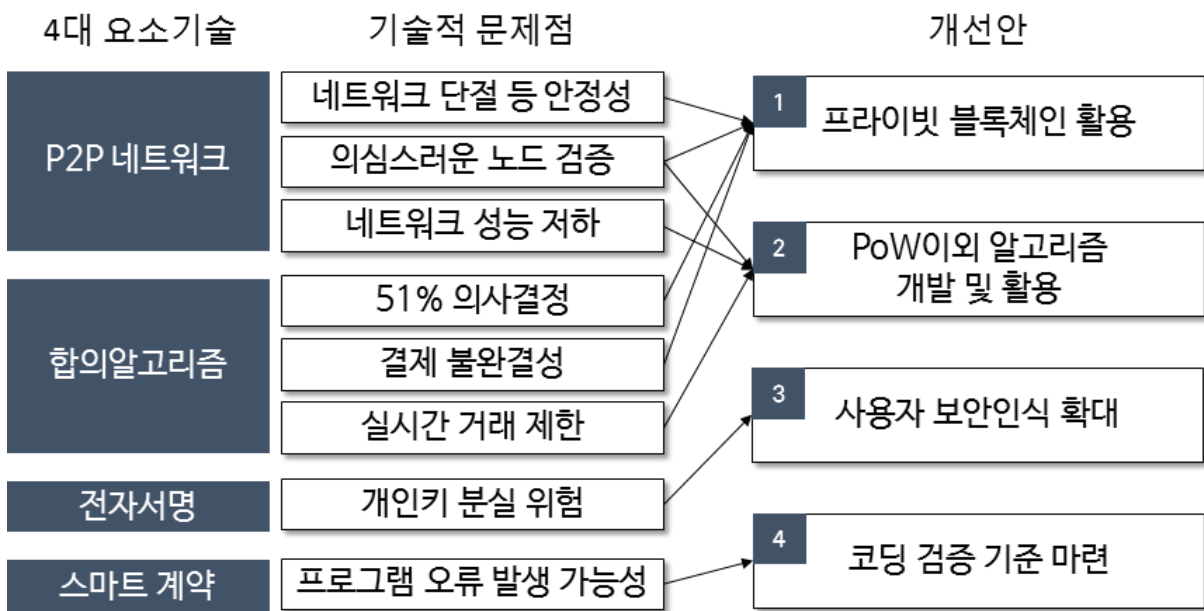
41) 수요반응량 = 고객기준부하(CBL) - 실제 계량값, 고객기준부하(CBL): 수요반응일 직전 6일간 시간대별 전력 사용량을 가중평균하여 감출량 산출의 기초로 삼는 부하(전력거래소, 2011: 5)

III. 에너지 블록체인 장애요인 및 개선안

1. 기술적 요인

- 에너지 블록체인에서 주로 사용하는 코인은 이더리움, 비트코인, 퀀텀이고, 이 코인들의 주요 요소기술은 4 가지로 P2P 네트워크, 합의 알고리즘, 전자서명/해시, 스마트 계약 (비트코인 제외)이 포함됨
- 에너지 블록체인의 기술적 문제점은 에너지 블록체인에 사용되고 있는 이더리움과 비트 코인의 기술적 한계점을 뜻함

[그림 12] 에너지 블록체인에서 활용되는 코인들의 기술적 문제점 및 개선안



자료: 아카하네 요시하루 외(2017), p. 125 재구성

- P2P 네트워크 기술은 안정성, 노드 신뢰성, 성능에 대한 문제점을 해결해야 함
 - 특정한 네트워크 토폴로지⁴²⁾를 유지하는 구조가 아닌 블록체인은 비교적 네트워크 끊김 현상이 자주 발생할 수 있고, 네트워크를 혼란시키는 외부 공격에 대한 대응을 고려해야함

42) 네트워크 토폴로지(Network Topology)는 컴퓨터 네트워크에 참여하는 노드들의 배치형태를 뜻하고 버스형, 망형, 성형 등이 있음

- 네트워크 이탈이 잦은 의심스러운 노드나 악의적인 노드들의 신뢰성을 측정할 수 있는 방안을 모색해야 함
- P2P 네트워크에서는 순차적으로 정보가 노드들에게 전달되므로 실시간 처리가 필요한 업무에서는 사용하기 어렵고, 노드들의 성능이 다르기 때문에 네트워크 대역폭을 조정해줄 수 있는 방안도 모색해야 함
- 비트코인이나 이더리움과 같이 퍼블릭 블록체인에서 주로 사용하고 있는 합의 알고리즘인 PoW은 51% 문제, 결제완결성, 용량문제 등이 있음
 - PoW에서는 과반수 이상의 노드가 승인하면 새로운 블록이 생성되는데, 만약 과반수 이상의 노드를 점유하는 채굴자가 있다면 결과를 조작할 수 있음
 - * 중국은 비트코인 거래량의 80%를 차지하고 있고, 비트코인 채굴을 위한 컴퓨터 파워의 70% 이상을 가지고 있음⁴³⁾
 - 새로운 블록을 추가하는 작업인 채굴(Mining)하기 위해서는 PoW를 해야 하는데, 최근 PoW 난이도 높아져서 비트코인을 채굴하기 위해서는 다수의 고사양 컴퓨터가 필요해 에너지 낭비가 큼
 - * 중국 대련시 외곽에 위치한 채굴장에서는 약 3,000 여대의 PC를 24 시간 가동시켜서 비트코인을 채굴하고 있고, 한달 전기사용료가 약 8 만 달러(약 9,050 만원)에 이른다고 함⁴⁴⁾
 - PoW에서는 동시에 블록체인을 생성하는 경우(분기현상)가 발생하기 때문에 시간이 지나서 짧은 블록체인에 있던 내용이 변경되거나 없어지는 현상이 발생할 수 있음
 - 비트코인은 새로운 블록체인이 생성되는데 10 분이라는 시간이 걸리기 때문에 실시간 거래에 활용되기 어렵고, 블록이 누적될수록 공유해야하는 용량이 늘어나서 노드들의 디스크 용량 압박이 올 수 있음
- PoW 알고리즘의 에너지 낭비 문제를 해결하기 위해 주목받고 있는 PoS도 채굴을 통한 인센티브가 없어서 초기 코인 유포가 어렵고, 코인을 많이 보유한 사람이 이익을 독점하거나 노드들이 코인을 수집하기만 하고 사용하지 않는 경향을 보일 수 있음⁴⁵⁾⁴⁶⁾
 - 통장에 돈을 넣어두면 이자를 받는 것과 같이 PoS는 보유한 코인의 지분에 따라서 코인을 얻을 수 있고, 인터넷 연결이 가능한 1 대의 PC로도 참여 가능함
 - PoS는 일정한 양이 조금씩 발행되기 때문에 가치변동성이 크지 않음

43) 중앙일보(2017.7.2.), 「김재현의 차이나 인사이트」 中 비트코인 광풍, 따마(아줌마)까지 가세, <http://news.joins.com/article/21718986>(2017.11.8.)

44) 조선비즈(2017.6.20.), 「급이 다른 '대륙'의 비트코인 채굴... 가상화폐 인기에 그래픽카드 대란」, <https://goo.gl/xug5c2>(2017.11.8.)

45) Steemit, 「POW, POS, POI 등 각종 마이닝에 대한 용어에 대해 알아보자」, <https://goo.gl/kjgbFA>(2017.11.23.)

46) Code Holic, 「블록체인에서 PoW와 PoS」, <http://snowdeer.info/pow-vs-pos/>(2017.11.23.)

- 리소스 투입 대비 비용이 너무 낮아서 노드들이 '아무것도 수행하지 않는 문제(Nothing at Stake)'가 발생할 수 있음
 - 다수의 지분을 가지고 있는 노드들이 모이면 새로운 블록을 형성할 수 있다는 점에서 블록체인 정보를 위변조할 가능성이 있음
 - 전자 서명에서 사용되는 개인키를 분실할 경우에는 복원할 수 있는 방안이 없고, 개인키를 보관한 컴퓨터를 해킹당할 경우에는 보호받을 수 있는 방법이 없음
 - 스마트 계약에 기록되어 있는 프로그램이 비정상적으로 작동해서 경제적 피해나 개인정보 유출과 같은 문제가 발생할 수 있기 때문에 스마트 계약이 정상적으로 작동하는지를 검증할 수 있는 기준이 필요하고, 스마트 계약이 해킹되었을 때 대처할 수 있는 방안을 사전에 모색해야 함
- * 이더리움의 스마트계약은 솔리디티(Solidity) 프로그래밍 언어로 작성되는데, 이를 활용해서 만든 분산형 애플리케이션인 The DAO는 2016년 6월 17일에 해커의 공격으로 시세 640억 원 상당의 피해를 봄⁴⁷⁾

■ **에너지 블록체인의 기술적 문제점을 해결하기 위한 방안으로는 프라이빗 블록체인 활용, PoW 이외의 합의 알고리즘 개발 및 활용, 사용자 보안인식 확대, 코딩 검증 기준 마련이 있음**

- 에너지 퍼블릭 블록체인을 도입해서 전력 공급에 문제가 발생할 경우에는 시민들의 생활에 큰 피해를 줄 수 있기 때문에 허가된 사람만 네트워크에 참여할 수 있는 에너지 프라이빗 블록체인을 활용하는 것이 바람직함
- PoW한계점을 극복할 수 있는 다양한 합의알고리즘이 개발되고 있지만, 이를 현장에 적용하기 위해서는 안정성을 수반해야 함
- 블록체인 기술에 대한 투자자들의 이해도를 높이고, 개인키를 분실했을 경우에 생길 수 있는 피해를 사전에 공지함으로써 블록체인 사용자의 보안인식을 확대해야 함
- 스마트 계약 이행의 안정성 및 신뢰성을 평가할 수 있는 기준이 필요하고, 스마트 계약 내용을 투자자들이 이해할 수 있도록 기업은 정보를 제공해야 함

47) 주간동아(2018.1.10.), 「이름은 비슷한데 가격은 천차만별」, <https://goo.gl/FrsBKt>(2018.1.15.)

2. 경제·사회적 요인

■ 국내 P2P 전력거래시장이 비활성화되어 있는 상황에서는 에너지 블록체인을 도입할 경우 전력 소비자나 전력 생산자가 얻을 수 있는 경제적 유인이 적음

- 국내 P2P 전력거래시장이 활성화되지 못하는 이유는 높은 태양광 발전단가, 간헐적인 태양광 발전 시간, 전력손실 비용 증가 등이 있음
 - 평균 전기요금이 태양광 발전단가보다 낮기 때문에 소비자나 프로슈머가 P2P 전력거래를 할 유인이 적음(이유수·김지효, 2016: 40)
 - 전기를 많이 소비하는 소비자의 경우에는 누진제를 피하기 위해 P2P 전력거래에 대한 수요가 있을 수 있지만, 최근 누진제 적용구간이 완화되면서 그 수요도 감소함
 - 우리나라는 수원 솔대마을, 홍천 친환경에너지 타운에 ‘프로슈머 이웃 간 전력거래’ 실증사업을 추진하고 있지만 소비자 전력사용량이 불규칙해서 프로슈머와 소비자 간에 지속적인 전력 거래를 성사시키기가 어려움⁴⁸⁾
 - 실증사업이후에는 전력망 사용료, 행정수수료 등 거래비용이 발생하게 되므로 에너지 프로슈머의 수익성이 악화될 것임
 - 프로슈머 전력거래를 학교·대형빌딩 등 대형 프로슈머로 확대할 경우, 건물에 따라 태양광 패널 설치에 대한 동의가 필요가 하고, 건물들이 동일 배전망이 아니라 다른 배전망을 사용할 경우, 전력손실로 인해 추가적인 비용이 발생함
 - 국내 프로슈머 거래제도에서는 소비자와 프로슈머가 현금으로 수익을 얻을 수 없고*, 미정산 잉여발전량⁴⁹⁾은 이웃에게 팔 수 없음⁵⁰⁾

* 프로슈머나 소비자가 현금으로 수익을 정산 받을 경우, 사업자등록을 해야 하고, 그에 따른 소득세나 부가세를 내야함

■ 에너지 블록체인 도입에 대한 사회적 공감대가 부족하기 때문에 한국전력과 같은 중간자 (middle-man)나 소비자의 반발이 클 수 있음

- 현재 전력 소비자들은 에너지 블록체인에 대한 이해도가 낮고, 신재생에너지 전력생산 여부보다는 전기요금 상승에 주목함
 - 만약 에너지 블록체인 도입초기에 전기요금이 상승할 경우, 시민들의 반발이 예상됨

48) 한국전력 이정석 차장 전화인터뷰(2017.10.23.)

49) 태양광발전량이 한국전력으로 받은 전력보다 더 많아서 남은 전력량을 뜻함

50) 한국전력공사(2017), 「프로슈머 온라인신청 Q&A」, p. 1.

- 에너지 블록체인 도입을 통해서 기존 전력거래소의 역할이 축소되거나 한국전력의 수익이 감소하게 될 경우 중간자들의 불만이 높아질 수 있음
- **경제·사회적 측면에서 에너지 블록체인 도입을 위한 방안은 신재생에너지 발전단가 감소, 에너지 블록체인 도입 편익효과 분석, 사회적 공감대 확보가 필요함**
 - 평균 전기요금보다 재생에너지 발전단가를 낮출 수 있도록 고효율 신재생에너지 기술을 개발하거나 신재생에너지 발전에 대한 인센티브 제도를 마련해야 함
 - * 전기요금을 정상화해서 재생에너지 발전단가보다 높게 할 수도 있지만, 전기요금이 상승하면 시민뿐만 아니라 기업에게도 경제적 부담을 줄 수 있기 때문에 재생에너지 발전단가를 낮추는 것이 현실적임
 - 에너지 블록체인 도입 타당성을 확보하기 위해서는 에너지 블록체인 경제·사회적 파급 효과를 분석할 수 있는 정책연구가 필요함
 - 에너지 블록체인 도입을 통해 얻을 수 있는 거래비용 감소분, 시장운영 지연으로 발생하는 비용, 새로운 서버구축으로 인한 비용 등을 고려해서 에너지 블록체인의 경제성을 평가할 수 있는 과제기획이 필요함
 - 정량적 근거자료를 바탕으로 에너지 블록체인 도입에 대한 사회적 공감대를 확보해야 함

3. 제도적 요인

- **에너지 블록체인 도입에 제도적 장애요인은 전력판매규제, 보안 및 개인정보보호 관련 법 제도 미비 등이 있음**
 - **(전력판매규제)** 전기사업법*에 따라 전기판매사업자는 한국전력과 구역전기사업 외에는 불가능하기 때문에 블록체인을 기반으로 한 P2P 전력거래서비스를 국내에 도입하기 어려움
 - *「전기사업법 시행령 제3조(두 종류 이상의 전기사업의 허가)」에 따르면 발전과 판매의 겸업을 제한하고 있음⁵¹⁾
 - 해외 P2P 블록체인 전력거래서비스는 전력거래소를 거치지 않고, 소비자들 간에 전력 거래가 가능하고, 전력거래 정보를 분산원장에 공유함
 - 분산형 에너지시스템으로 전환되면 기존 계통보다 송배전망이 복잡해지고, 소규모 전력 거래가 많아져서 한국전력을 통해 전력거래를 할 경우 더 많은 전력손실이 발생할 수 있고, 기존 계통시스템에서는 정확한 전력공급 및 분배가 어려울 수 있음⁵²⁾

51) 전기사업법 시행령, 대통령령 제28212호(2017.7.26.)

- (보안 및 개인정보보호 법제도 미비) 암호화폐에 대한 명확한 해석 및 규정이 없기 때문에 보안사고나 개인정보침해가 발생할 경우, 법적 책임을 질 주체가 모호해서 법 적용의 사각 지대가 발생할 수 있음
 - (법적책임주체 모호) 에너지 블록체인이 해킹되거나 스마트 계약에 오류가 발생할 경우 법적 책임을 질 수 있는 주체가 존재하지 않기 때문에 현장 도입이 어려움(공영일·송지환·서영희, 2017: 22)
 - (투자자 보호 제도 부재) 대부분 에너지 블록체인을 설명하는 백서(whitepaper)에는 블록체인에 참여함으로써 발생하는 피해에 대한 법적책임을 부인하는 내용을 포함하고 있음

Powerledger 백서 내에 권리포기각성 내용에 따르면 아래와 같다.

이 문서는 Power Ledger Pty Ltd (Power Ledger)의 Power Ledger 플랫폼과 Power Ledger에코시스템의 현재와 미래의 개발에 대하여 정리를 해놓은 기술적 백서입니다. 이 서류는 오직 정보의 목적을 갖고 있으며 향후 계획에 대한 서술이 아닙니다. ...Power Ledger는 어느 과실, 채무 불이행, 부주의에도 불구하고 여러 문의에 관하여서 만들어진 이 서류 혹은 다른 정보들에 포함된 Power Ledger, Power Ledger 플랫폼 그리고 Power Ledger Ecosystem 에 연관이 있는 어떤 정보나 의견에 의해 조성된 손실이나 피해에 대해서 법적 책임이 없습니다.⁵³⁾

- (거래소 해킹 위험) 투자자들이 에너지 블록체인 토큰들을 현가화하기 위해서는 암호화폐 거래소를 사용해야 하는데, 이와 같은 거래소는 블록체인 상에 존재하는 노드가 아니기 때문에 해킹의 위험이 높아서 이를 대비할 수 있는 대책이 필요함*
 - * DAO 360 만 이더리움 해킹, Bitfinex 12 만 비트코인 해킹, 비트코인 거래소 '야피존' 3831 비트코인 해킹⁵⁴⁾
- (현행 법령 및 규정과 상충) 블록체인 기술의 특성상 한번 등록된 정보는 수정 및 취소가 되지 않는데, 개인정보나 신용정보가 블록체인에 등록될 경우 개인정보보호법 등 현행 법과 상충하게 됨(공영일·송지환·서영희, 2017: 35)*
- 비식별화된 정보를 에너지 블록체인에 저장한다고 하더라도 다른 정보와 용이하게 결합해서 개인을 식별할 수 있으면 그 정보는 개인정보에 속하기 때문에 에너지 거래정보 사용에 대한 기준을 마련해야 함
 - * 「개인정보보호법 제 21 조(개인정보의파기)」에 따르면 ① 개인정보처리자는 보유기간의 경과, 개인정보의 처리 목적 달성 등 그 개인정보가 불필요하게 되었을 때에는 지체 없이 그 개인정보를 파기하여야 한다.

52) 투데이에너지(2016.8.16.), 「태양광 프로슈머, '그림의 떡' 되면 안돼」, <https://goo.gl/MdqNvq>(2017.11.16.)

53) Power Ledger whitepaper(2017), p. 4.

54) 보안뉴스(2017.4.26.), 「한국 비트코인 거래소 '야피존'해킹!...55억 규모 탈취」, <https://goo.gl/uHYVm2> (2017.11.21.)

* 「신용정보의 이용 및 보호에 관한 법률 제 18 조(신용정보의 정확성 및 최신성의 유지)」에 따르면 ② 신용정보회사등은 신용정보주체에게 불이익을 줄 수 있는 신용정보를 그 불이익을 초래하게 된 사유가 해소된 날부터 최장 5년 이내에 등록·관리 대상에서 삭제하여야 한다.

■ **정부는 암호화폐를 각종 불법행위에 사용하는 것을 막고, 소비자보호 장치를 마련하기 위해 암호화폐 관련 TF를 구성하고 운영 중임**

- 금융위원회가 주최한 ‘디지털화폐 T/F 제 1 차 회의’⁵⁵⁾에서 디지털화폐 관련 제도적 기반을 마련하기 위한 방안이 논의 되었고, 가상통화 현황 및 대응방향을 모색하기 위해 ‘가상통화 관계기관 합동 TF’가 3 차례 진행되었음
- 금융위원회는 지속적으로 가상통화 투자 위험성을 경고하고 있고, 법무부는 가상화폐 투기현상을 막고, 불법행위를 막기 위해 가상통화 거래소 폐쇄를 건의함
- 아직까지는 암호화폐를 화폐, 통화나 금융상품으로 보기 어렵고, ICO와 관련된 기존 법령*을 어기지 않으면 ICO를 국내에서 강제적으로 금지시킬 수 있는 법안은 마련되어 있지 않음

* ICO와 관련된 기존 법령은 「형법 347 조(사기)」, 「특정경제범죄 가중처벌 등에 관한 법률 제 3 조 (특정재산범죄의 가중처벌)」, 「유사수신행위의 규제에 관한 법률」, 「자본시장과 금융투자업에 관한 법률」 등이 있음⁵⁶⁾

■ **최근 정부의 가상화폐에 대한 조치는 새로운 에너지 블록체인 모델을 국내에 구축하거나 해외 에너지 블록체인 비즈니스 모델을 도입하는데 어려움을 줄 것으로 예상됨**

- ICO를 금지할 경우에, 에너지 블록체인 Start-up들이 dApp개발에 필요한 자금을 확보하기 어려워 질 것임
- 대부분의 에너지 블록체인은 암호화폐를 활용하고 있기 때문에 국내에 가상화폐 거래소가 폐쇄될 경우, 해외 에너지 블록체인을 국내에 도입하기 어려움 것임
 - 에너지 블록체인이 프라이빗 블록체인을 사용해서 코인이나 토큰을 사용하지 않아도 되지만, 네트워크에 참여한 노드들에게 인센티브를 주기 위해 대부분 자체적인 토큰이나 코인을 보유하고 있음

55) 금융위원회 보도자료(2017.11.17.)

56) 정호석(2017.10.31.), 「ICO 관련 각 국의 규제 방향 및 한국에서의 ICO 진행 및 참여」, 『블록체인/가상화폐 법률·제도 세미나』, 법무법인 세움 발표자료

〈표 2〉 암호화폐 관련 보도자료

보도자료 목록	주요내용
디지털화폐 T/F 제1차 회의	<ul style="list-style-type: none"> - 디지털화폐 발생·유통 현황보고 - 불법거래·금융사기 악용사례 검토 - 제도적 기반 마련 방안 논의
가상통화 관계기관 합동 TF(2017.9.4.) ⁵⁷⁾	<ul style="list-style-type: none"> - 거래투명성 확보 및 소비자보호 장치 마련 - 가상통화 취급업자에 자금세탁방지 의무 부과 및 자율규제 권고 - 유사수신행위에 대한 처벌 강화 - 가상통화 합동단속반 구성
가상통화 관계기관 합동 TF(2017.9.29.) ⁵⁸⁾	<ul style="list-style-type: none"> - 증권발행 형식의 모든 형태의 ICO 금지 - 고객정보 유출사고 조사 - 가상통화거래행위에 대한 관련법 개정안 마련
법무부 가상통화 대책 TF(2017.12.4.) ⁵⁹⁾	<ul style="list-style-type: none"> - 가상통화 사행성 투기거래 심각성 강조 - 법무부 중심 TF 재편
가상통화 관련 긴급대책(2017.12.13.) ⁶⁰⁾	<ul style="list-style-type: none"> - 가상통화를 이용한 불법행위(사기, 개인정보유출, 환치기 등) 대처 강화 - 일정 규모 이상 거래소 보안 강화 - 미성년자 개좌개설 금지, 금융기관 가상통화 보유 금지 - 가상통화 투자 위험성 주기적 경고 - 거래소 운영시 고객자산 별도 예치 및 이용자 실명확인 의무화 검토
가상통화 관련 긴급대책 후속조치 (2017.12.20.) ⁶¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> - 가상통화 거래소 소비자관련법 위반여부 현장조사 - 정보보호관리체계⁶²⁾ 인증대상 통보(빗썸, 코인원, 코빗, 업비트) - 불법 가상화폐 채굴 단지 조사 - 가상통화 거래소 본인확인 시스템 구축
가상통화 특별대책(2017.12.28.) ⁶³⁾	<ul style="list-style-type: none"> - 가상통화 거래 실명제 실시 - 금융회사 가상계좌서비스 제공 금지 - 불건전 거래소에 대한 금융서비스 중단 - 가상통화 범죄 엄중 처벌 - 가상통화 온라인 광고 규제 - 가상통화 거래소 폐쇄 방안 검토

자료: 보도자료 주요내용 저자 정리

57) 금융위원회 보도자료(2017.9.4.)

58) 금융위원회 보도자료(2017.9.29.)

59) 금융위원회 보도자료(2017.12.4.)

60) 국무조정실 보도자료(2017.12.13.)

61) 국무조정실 보도자료(2017.12.20.)

62) 기업의 정보보호 체계의 적절성을 평가·인증하는 제도로 매출액 100억 원 이상, 일일평균 방문자수 100만 이상이 대상기업(정보통신망법 제47조)

63) 국무조정실 보도자료(2017.12.28.)

IV. 결론 및 시사점

- 이 글의 목적은 에너지 블록체인의 기술적·사회경제적·제도적 장애요인 및 개선방안을 조사함으로써 국내에 에너지블록체인 도입방안을 모색하는 것임
 - 현 정부의 국정과제 「37. 친환경 미래 에너지 발굴·육성」, 「60. 탈원전 정책으로 안전하고 깨끗한 에너지로 전환」에서 제시한 목표에 따라 미래 에너지 기술로써 에너지 블록체인 발굴·육성방안을 고려해 볼 수 있음
 - 에너지 블록체인 기술개발의 당위성을 확보하고, 새로운 에너지 비즈니스 모델을 발굴하기 위해 국내외 에너지 블록체인 동향을 조사하고, 에너지 블록체인을 도입하기 위한 정책적 시사점을 제시함
- 국내외 에너지 블록체인 동향을 살펴보면, 기업주도로 전력 거래비용 감소, 분산형 에너지 거래 시스템 확산, 신뢰성 있는 에너지정보 공유, 새로운 에너지 시장을 창출하기 위해 에너지 블록체인 기술을 개발·활용함

〈표 3〉 에너지 블록체인 도입으로 인한 변화

유형	As is	To be
P2P 전력거래	- 계약, 정산 복잡 - 수요자와 공급자간 매칭 어려움 - 거래비용 발생	- 거래비용 감소 및 빠른 정산 가능 - 신재생에너지 관련 지역 커뮤니티 확대 - 안전한 전력거래 시스템 - 재생에너지 생산 동기 부여
EV 충전 및 공유	- 비용과다(수수료 2.6%) - 지역별 충전 가격 상이	- 거래시스템 단순화를 통한 수수료 절감 - 에너지 소비 실시간 확인 가능
에너지 데이터 활용	- 개인별 에너지 사용 정보 파악 어려움 - 중앙 집중형 에너지 정보관리체계 - 에너지 데이터 활용도 낮음	- 에너지 데이터를 활용해서 에너지 수요예측에 활용 - 일조량 등 에너지 빅데이터를 활용해 새로운 비즈니스 모델 구축
에너지 공유	- 에너지 거래 관련 인프라가 부족 - 에너지 발전량의 적절한 분배 실패	- 체납 없는 납부시스템 구축 - 태양광 발전시설 공유시스템 마련
탄소자산 거래	- 탄소자산 측정 및 데이터 공유 시스템 부재 - 국내 탄소자산 거래 시장으로 제한됨 - 정확한 탄소배출권 할당량 제시가 어려움	- 탄소자산 관련 자료 공유 확대 - 글로벌 탄소배출권 거래시장 활성화

자료: 저자 작성

■ 기술적, 경제 사회적, 제도적 관점에서 에너지 블록체인 도입 장애요인 및 개선방안을 조사하였음

- 확장성이 뛰어나고, 완벽한 탈중앙화로 분산화된 네트워크를 구성할 수 있는 블록체인 기술을 개발하기 위해 지속적으로 연구가 진행되어야 하지만, 현실적으로 모든 기술적 단점을 보완한 블록체인 기술을 개발하는 것보다는 수요에 맞게 필요한 블록체인 기술을 개발하는 것이 바람직함
- 에너지 블록체인을 국내에 도입하기 위해서는 경제·사회적 효과 검증이 필요함
 - 기존 에너지 시스템을 블록체인 기반으로 전환하는데 많은 비용이 들 것이고, 블록체인을 활용해서 얼마만큼 수익이 날지 예측하기 어려움
- 기술적 한계를 극복할 수 있는 연구를 진행하고, 경제·사회적 효과를 측정할 수 있는 사업을 진행하려면 정부의 적극적인 제도 개편이 필요함

〈표 4〉 에너지 블록체인 도입 장애요인 및 개선안

구분	장애요인	개선방안
기술적 요인	<ul style="list-style-type: none"> - 결제 완결성 결여 - 블록 용량 제한 - 실시간 거래 제한 - 작업증명에 필요한 에너지 비용 증가 - 해킹 가능성 - 비가역성 거래로 인한 문제 	<ul style="list-style-type: none"> - 글로벌 기술개발 협력체 구성 - 프라이빗 블록체인 모델 개발 - 실시간 거래 가능한 합의 알고리즘 개발 - 개인키 보안 방안 모색 - 스마트계약 검증 기준 마련 및 실증사업 추진
경제 사회적 요인	<ul style="list-style-type: none"> - 높은 신재생에너지 발전단가 - 블록체인 기술 도입으로 인해 발생하는 추가적인 비용 - 간헐적인 신재생에너지 발전으로 인한 일정한 수익 창출 어려움 - 사회적 공감대 형성 부족 	<ul style="list-style-type: none"> - 신재생에너지 발전단가 감소를 위한 지원정책 마련 - 에너지 블록체인 경제성 평가 연구 추진 - 신재생에너지 발전효율 향상을 위한 R&D 과제 기획 - 에너지 블록체인 활용 가이드라인 마련
제도적 요인	<ul style="list-style-type: none"> - P2P 전력판매규제 - 법적 책임 주체 관련 법률 부재 - 투자자 보호 제도 부재 - 에너지 블록체인 기술 도입시 현행 법령 및 규정(개인정보보호 및 신용정보이용 법률)과 상충 	<ul style="list-style-type: none"> - 단계적 전력판매시장 개방 방안 마련 - 에너지 블록체인 관련 투자자 보호 가이드라인 마련 - 에너지 블록체인 법적 지위 및 단계적 에너지 블록체인 도입 마련 - 에너지 블록체인 협의체 구성

자료: 저자 작성

과제 1. 에너지 블록체인 도입을 위한 전력판매규제 완화

- 개인·건물 간에 블록체인 기반 P2P 전력거래를 하려면 전기 발전과 판매 검증을 제한하는 「전기사업법」을 개정해야 함
 - 현재까지 산업부의 「소규모 신·재생에너지발전전력 등의 거래에 관한 지침」을 개정함으로써 P2P 전력거래 시범사업을 추진하고 있지만, 「전기사업법」을 개정하기 전까지는 프로슈머가 생산한 전기를 이웃에 직접 판매할 수 없음
 - 블록체인 P2P 전력거래의 핵심은 중개사업자를 거치지 않고, 누구든지 전력거래를 할 수 있는 탈중앙화인데 현재의 제도상으로는 불가능함
 - 전력판매시장 개방 및 소규모전기공급사업자 규정과 관련하여 「전기사업법」 일부 개정 법률안이 2016년 6월 28일에 제안되었지만, 현재까지도 계류되어 있는 상태임
 - 기존의 전력거래 시스템에서 분산원장 기술만 활용해서 거래절차를 간소화하고, 투명한 전력거래를 할 수 있지만, 이를 통한 경제적 편익은 제한적일 것이고, 해외 에너지 블록체인 모델을 활용할 수 없음
 - 국내에서 에너지 블록체인과 관련된 사업을 추진하기 위해서는 「전기사업법」에 블록체인 사업자 등록 및 법적 책임 소재 관련 내용이 포함되어야 함
 - * 일례로 「전기사업법」에 블록체인 기반 P2P전력거래사업도 전력신사업으로 정의하고, 에너지 블록체인 사업자 등록 방식을 허가제가 아닌 등록제로 할 필요가 있음

과제 2. 사전 규제방식에서 사후 규제방식으로 전환

- 에너지 블록체인 기술혁신을 촉진하고, 새로운 에너지 산업으로 육성시키기 위해서는 규제 목적, 규제 강도, 규제 접근방식을 고려한 사후 규제 방식이 바람직함
 - 에너지 블록체인 관련 기술혁신을 막지 않기 위해서는 사전 규제방식보다는 사후 규제 방식을 선택하는 것이 바람직함
 - 유럽연합 집행위원회는 블록체인 기술에 대해 ‘불간섭원칙(hands-off approach)’을 채택하도록 권고하고 있음⁶⁴⁾

64) 서정호·이대기·최공필(2017), 「금융업의 블록체인 활용과 정책과제」, 한국금융연구원, p. 59.

- ICO 전면금지나 암호화폐 거래소 폐쇄 등과 같은 사전 규제는 다른 국가들에게 아직 초기시장인 에너지 블록체인 기술에 대한 경쟁우위를 빼앗길 수 있음
- 에너지 블록체인 기술은 빠르게 변하고 있으므로 유연하게 제도를 규정할 필요가 있음
 - * 기존 규제를 받지 않고 시범 사업을 추진해 볼 수 있는 '규제 샌드박스(Sandbox)'를 활용해서 에너지 블록체인 관련 서비스를 시현해볼 수 있음
- 에너지 정보 활용 및 에너지 블록체인 코인 거래 등과 같이 규제가 필요한 경우에는 규제 목적을 명확히 하는 것이 중요함
 - * 일례로 에너지 블록체인 관련 규제목적이 '친환경 에너지 발전'인지 '에너지 수요관리 효율화'인지 '안정적인 에너지 수급'인지를 명확히 정해야 하고, 기존 규제와 혼선이 일어나지 않도록 정합성도 고려해야 함

과제 3. 프라이빗 블록체인 기반 비즈니스 모델 발굴을 위한 R&D 기획

- 퍼블릭 블록체인을 에너지 분야에 적용하기에는 기술적·제도적 한계점이 있기 때문에 프라이빗 블록체인 기반 에너지 비즈니스 모델 구축을 위한 R&D 기획이 필요함
 - 에너지 사용정보 활용 제한, 스마트 그리드 구축·운영 등 제도적·경제적 요인으로 퍼블릭 블록체인 기반 블록체인 비즈니스 모델을 구축하기 어려움
 - 만약 퍼블릭 블록체인 전력거래시스템에서 에너지 사용정보가 유출되어서 프라이버시 문제가 발생하면 법적 책임자를 규정하기 어려움
 - Energo나 Power ledger는 블록체인 기술개발뿐만 아니라 간헐적인 신재생에너지 발전량을 저장해 둘 수 있는 에너지저장장치(Energy Storage System; ESS)와 실시간 전력거래 정보를 수집할 수 있는 스마트 미터기(Smart meter)를 구축·운영해야 하기 때문에 프라이빗 형태 블록체인을 활용함
 - 에너지 분야의 특성에 맞게 프라이빗 블록체인 기술개발을 위한 R&D 기획이 필요함
 - Energo, Power ledger, Slock.it & RWE 비즈니스 모델은 이더리움이나 퀴텀을 기반으로 dApp을 개발해서 프라이빗 형태의 네트워크를 구성하고, SolarCoin은 자체 암호화폐를 개발해서 프라이빗 네트워크를 구성하고, Bankymoon은 자체적인 dApp 개발 없이 기존의 상용화된 코인을 활용해서 서비스를 제공함
 - R&D 과제 예시로는 '에너지 인센티브에 활용할 수 있는 암호화폐를 개발', 'EV충전 시스템에 적용 가능한 dApp 개발' 등임

과제 4. 에너지 블록체인 실증사업 추진

■ 블록체인 기반 에너지 기술 우수성과 시장수요 부합성 등을 입증할 수 있도록 실증사업을 추진해야 함

- 개발된 에너지 블록체인 기술이 산업현장에서 블록체인의 삼중고(Trilemma)인 확장성(Scalability), 탈중앙화(Decentralized), 보안(Security) 문제를 일으키지 않는지 확인해봐야 함
- 에너지 블록체인 서비스를 통해 경제적 수익을 얻을 수 없다면 시장에 도입되기 어려움
 - 국내 평균 전기요금은 태양광 발전단가보다 낮기 때문에 에너지 블록체인 도입을 통해 얻을 수 있는 경제적인 편익이 낮을 수 있음
 - Energo 사례를 보면 호주와 같이 태양광 발전단가가 평균 전기요금보다 낮은 국가를 중심으로 서비스를 제공하고 있음
 - 중앙 집중식 전력거래시스템에 블록체인 기술을 도입할 경우 투명한 거래는 가능하지만, 한국전력을 거쳐서 전력거래를 해야 하기 때문에 거래비용을 줄이기는 어려움
- 에너지 블록체인 실증사업은 산·학이 협력해서 사업성·실현가능성을 검증해야 함
 - P2P 전력거래가 도입되려면 기존과는 다르게 마이크로 결제방식에 맞는 블록체인 시스템이 구축되어야 하고, 송·배전 방식도 변경해야하기 때문에 추가적인 설비 구축 비용을 고려해야 함
 - 에너지 블록체인 실증사업을 통해 비용/편익 정보를 확보하고, 서비스 사업성을 판단해야 함
 - 에너지 블록체인 R&D 기획과정에서부터 실증사업까지 기업이 참여해서 에너지 시장에 도입시 발생할 수 있는 경제적 리스크를 최소화해야 함

과제 5. 사회적 공감대 확보를 위한 가이드라인 제시

■ 에너지 블록체인 도입에 대한 사회적 반발이나 에너지 블록체인 관련 코인·토큰에 대한 투기과열 현상을 막기 위해 가이드라인이 필요함

- AI와 같이 에너지 블록체인 기술이 기존의 일자리를 대체할 경우, 사회적 반발이 일어날 수 있으므로 사회적 공감대 확보를 위한 '과학기술인력 활용 가이드라인'을 마련해야 함

- 블록체인 기반 P2P 전력거래서비스가 도입되면 한국전력이나 거래소의 역할이 줄어들게 되므로 에너지 산업에서 대량의 실업문제가 발생할 수 있음
- 에너지 블록체인 서비스를 운영하기 위해서 필요한 새로운 일자리를 발굴하고, 기존인력에게 새로운 역할을 수행할 수 있도록 교육 프로그램을 마련해야함
- 정부는 시민이나 투자자들이 에너지 블록체인에 대한 충분한 이해도 없이 코인·토큰에 과도한 투자를 하지 않도록 에너지 블록체인 비즈니스 모델에 대한 공시 기준을 마련해야 함
 - 암호화폐 거래소에서 제공하는 에너지 블록체인 코인에 대한 백서는 일반 시민뿐만 아니라 IT 전문가들도 이해하기 어려운 수준임
 - 에너지 블록체인을 ICO할 경우, 기술이나 비즈니스 모델에 대해 투자자들이 이해할 수 있도록 정보 제공 기준을 마련해야 하고, 투자자들이 투자하고자 하는 코인에 대해 질문할 수 있도록 서비스 개발자와 연락할 수 있도록 소통채널을 마련해야 함

참고문헌

- 공영일·송지환·서영희(2017), 「블록체인(Blockchain) 기술의 산업적·사회적 활용 전망 및 시사점」, 『이슈 리포트』, 4, 소프트웨어정책연구소, pp. 20~35.
- 권성철(2017.10.3.), 「에너지 블록체인 현황 및 향후 전망」, 『블록체인 산업혁신 컨퍼런스』, BIIC 조직 위원회.
- 동아비즈니스리뷰(2017), 「휴가 때 지방에서 발전한 ‘태양광 전력’, 블록체인 활용해 에너지시장에 판다」, 231호, http://dbr.donga.com/article/view/1101/article_no/8250
- 이유수·김지효(2016), 「에너지 프로슈머 활성화를 위한 제도개선 방안 연구」, 에너지경제연구원, p. 40.
- 이찬혁·김기형(2017), 「프로슈머 전력거래에서 Consortium 블록체인 활용방안 연구」. 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 1441~1442.
- 정호석(2017.10.31.), 「ICO관련 각 국의 규제 방향 및 한국에서의 ICO 진행 및 참여」, 『블록체인/가상 화폐 법률·제도 세미나』, 법무법인 세움 발표자료.
- 전력거래소(2011), 「수요반응 제도의 개념 및 현황」.
- 지식산업정보원(2017), 「차세대 퀀텀닷 신소재 기술개발 동향과 양자정보통신/블록체인 최근 실태분석」, p. 458.
- 한전경제경영연구원(2017), 「블록체인 개념 및 활용사례 분석」, 『KEMRI 전력경제 Review』, 7, p. 12.
- 피넥터(2016a), 「블록체인 기술의 발전과정과 이해」, pp. 22~44.
- 피넥터(2016b), 「금융기관을 위한 블록체인의 이해」, pp. 26.
- 한국전력공사(2017), 「프로슈머 온라인신청 Q&A」, p. 1.
- 아카하네 요시하루 외 9명, 「블록체인 구조와 이론」, 양현 역(2017), 위키북스.
- Energolabs whitepaper(2017), “Decentralized Autonomous Energy System”
- Power Ledger whitepaper(2017)
- 보안뉴스, <http://www.boannews.com>
- 주간동아, <http://weekly.donga.com>
- 중앙일보, <http://news.joins.com>
- 조선비즈, <http://biz.chosun.com>

투데이에너지, <http://www.todayenergy.kr>
bankymoon, <http://bankymoon.co.za>
Bitcoin.com, <https://news.bitcoin.com>
Bitcoin magazine, <http://www.nasdaq.com>
Brooklyn Microgrid, <https://www.brooklyn.energy>
Code Holic, <http://snowdeer.info>
Coindesk, <https://www.coindesk.com>
CNET Korea, <http://www.cnet.co.kr>
CryptoID, <https://chainz.cryptoid.info>
Energolabs, <http://www.energolabs.com>
f6s, <https://www.f6s.com>
Grid Singularity, <http://gridsingularity.com>
impact, <http://impactcee.com>
ITWorld, <http://www.ebn.co.kr>
linkedin.com, <https://www.linkedin.com>
M-PAYG, <http://www.mpayg.com>
Power Technology, <https://goo.gl/65ZFXT>
Power Ledger, <https://powerledger.io>
SolarCoin, <https://solarcoin.org>
Smartcompany, <https://www.smartcompany.com.au>
Steemit, <https://steemit.com/kr>
금융위원회 보도자료(2017.11.17.), 「디지털화폐 T/F 제1차 회의 개최」.
_____(2017.9.4.), 「「가상통화 관계기관 합동 TF」개최 - 가상통화 현황 및 대응방향」.
_____(2017.9.29.), 「「기관별 추진현황 점검을 위한 가상통화 관계기관 합동TF」개최」.
_____(2017.12.4.), 「법무부 가상통화 대책 TF」.
_____(2017.12.13.), 「가상통화 관련 긴급대책회의」.
_____(2017.12.20.), 「가상통화 관련 긴급대책 후속조치」.

_____(2017.12.28.), 「가상통화 특별대책」.

개인정보보호법, 법률 제14839호(2017.7.26.)

소규모 신재생에너지발전전력 등의 거래에 관한 지침, 산업통상자원부고시 제2016-81호(2016.5.4.)

신용정보의 이용 및 보호에 관한 법률, 법률 제14823호(2017.4.18.)

전기사업법 시행령, 대통령령 제28212호(2017.7.26.)

Nico Yang(2017.11.20.), 탐방인터뷰.

권성철(2017.10.11.), 탐방인터뷰.

이정석(2017.10.23.), 전화인터뷰.

STEPI Insight 발간 현황

2018년

제222호	에너지 블록체인 도입방안 연구	2018.04.09.
제221호	Post-PBS 시대의 새로운 연구개발정책 방향과 과제	2018.02.05.

2017년

제220호	[중소기업 R&D 정책 특집 시리즈 ④] 중소기업 R&D지원 증가에 따른 일자리 전망과 과제	2017.11.07.
제219호	기초연구지원 확대의 쟁점과 과제	2017.11.07.
제218호	[제4차 산업혁명 특별기획 ③] 4차 산업혁명 시대 기업가정신의 의의와 방향	2017.09.11.
제217호	북한의 핵 위협 증가에 대응하는 핵방호 및 민방위체제 개선방안	2017.08.24.
제216호	오픈사이언스정책의 확산과 시사점	2017.08.08.
제215호	[제4차 산업혁명 특별기획 ②] 제4차 산업혁명의 도전과 국가전략의 주요 의제	2017.06.30.
제214호	[중소기업 R&D 정책 특집 시리즈 ③] 해외 주요국의 중소기업 R&D 지원 정책과 시사점	2017.06.29.
제213호	[중소기업 R&D 정책 특집 시리즈 ②] 중소기업의 협력 R&D 수행 현황과 네트워크 효과	2017.05.30.
제212호	중국과 북한의 고체추진제 잠대지미사일(SLBM) 개발경과와 정책적 대응방안	2017.05.22.
제211호	[중소기업 R&D 정책 특집 시리즈 ①] 중소기업 R&D 지원의 현황과 성과분석	2017.05.02.
제210호	정부 연구성과 실증사업의 유형과 추진전략	2017.04.27.
제209호	2017 민간 R&D 투자 전망: “전망은 밝지 않으나, R&D 투자 의지는 살아있다.”	2017.03.01.
제208호	리빙랩 방법론: 현황과 과제	2017.02.15.
제207호	[제4차 산업혁명 특별기획 ①] 역사에서 배우는 산업혁명론: 제4차 산업혁명과 관련하여	2017.02.01.
제206호	이 시대가 필요로 하는 기업가정신 - 한·미·일·중 4개국 비교 -	2017.01.15.
제205호	여성 기업가정신 증진 및 창업 활성화 방안	2017.01.01.

2016년		
제204호	트럼프 행정부의 과학기술혁신 정책 전망 및 우리나라의 대응 전략	2016.12.15.
제203호	Understanding Korean STI Development in the Context of Economic Theory	2016.12.01.
제202호	트랜스휴머니즘 부상에 따른 사회변화와 과학기술 정책이슈 탐색	2016.11.15.
제201호	미래사회 변화에 따른 산업기술보호 전략	2016.11.01.
제200호	경쟁-협력의 디스플레이 산업구도 분석을 통한 경영전략 및 기술정책 방향	2016.10.15.
제199호	한국기업의 혁신역량 변화와 시사점	2016.10.01.
제198호	기술사업화 촉진을 위한 리빙랩 구축 방안	2016.09.15.
제197호	제4차 산업혁명, 지식재산 정책의 변화	2016.09.01.
제196호	기술선도형 혁신 강화를 위한 R&D-공공구매 연계전략	2016.08.15.
제195호	EU 기술혁신형 공공구매제도의 운영 실태와 시사점	2016.08.01.
제194호	텍스트 마이닝을 이용한 혁신 연구의 국외 연구 동향 및 시사점	2016.07.15.
제193호	브렉시트(Brexit)에 따른 과학기술계 영향과 대응	2016.07.01.
제192호	국내 디지털 사회혁신 현황 분석과 시사점	2016.06.15.
제191호	멘토링을 통해 본 사회문제 해결형 기술개발사업	2016.06.01.
제190호	연구개발 시스템상 성과평가제도의 역할 재정립 및 법제 개선방안	2016.05.15.
제189호	고고도 핵폭발에 의한 피해 유형과 방호 대책	2016.05.01.
제188호	국내 대기업의 기업가정신수준 진단과 과제	2016.04.15.
제187호	국가연구개발투자 영향평가 체계 구축 방안	2016.04.01.
제186호	과학기술인력 양성을 위한 교육 및 R&D 연계 촉진방안	2016.03.15.
제185호	사회문제 해결형 연구개발사업의 현황과 발전 방향	2016.03.01.
제184호	국내 리빙랩의 현황과 과제	2016.02.15.
제183호	생태계 관점에서 본 한국의 과학기술 혁신 역량	2016.02.01.
제182호	서비스산업발전기본법을 통한 서비스 R&D 활성화 방안	2016.01.15.
제181호	창조경제 진단 및 성과 제고방안 - 창업 지원정책을 중심으로 -	2016.01.01.

과학기술정책연구원 홈페이지(www.stepi.re.kr)와 스마트 폰(아이폰, 안드로이드폰) 애플리케이션을 통해 원문과 발간 현황을 보실 수 있습니다.



우청원

(現) 과학기술정책연구원
(email: woocw@stepi.re.kr / Tel: 044-287-2176)

| 주요경력 |

- 2016 - 현재 과학기술정책연구원 부연구위원

| 주요연구실적 |

- 우청원(2017), 태양광(PV)분야 글로벌 혁신성과 동향, 『동향과이슈』, 과학기술정책연구원
- 우청원(2016), 일본, 의료분야 빅 데이터 활용 방안, 『과학기술정책』, 과학기술정책연구원
- 우청원(2016), 미국, 모두를 위한 클린 에너지 정책 발표, 『과학기술정책』, 과학기술정책연구원
- 우청원(2016), 트럼프 45대 대통령 당선으로 인한 과학기술정책 변화, 『과학기술정책』, 과학기술정책연구원

STEP1 Insight | 제222호

발행인 조황희

편집인 하태정

편집담당 홍정임·최미

발행일 2018년 4월 9일

발행처 과학기술정책연구원

주소 (30147) 세종특별자치시 시청대로 370
세종국책연구단지 과학·인프라동 5-7층

문의 경영지원본부 연구관리팀(044-287-2035)

FAX 044-287-2067

인쇄처 미래미디어(02-815-0407)



(30147) 세종특별자치시 시청대로 370 세종국책연구단지 과학·인프라동 5-7F
Tel 044. 287. 2035 Fax 044. 287. 2067 <http://www.stepi.re.kr>



ISSN 2383-6474