

2017.09.22. 제 2017-004호

블록체인(Blockchain) 기술의 산업적 · 사회적 활용 전망 및 시사점

Blockchain Technology: Prospect and Implications
in Perspective of Industry and Society

저자 : 서영희 연구원
송지환 선임연구원
공영일 선임연구원

감수 : 김명준 소장

이 보고서는 2017년도 과학기술정보통신부 [정보통신·방송연구 개발사업](#)의 연구결과로서 보고서 내용은 연구자의 견해이며, 과학기술정보통신부의 공식 입장과 다를 수 있습니다.

《 요약 》

최근 미래를 바꿀 혁신기술 중 하나로 블록체인이 주목받고 있다. 2016년 세계경제포럼(WEF)에서는 2027년에 전 세계 GDP의 10%가 블록체인 플랫폼 내에서 형성될 것으로 예측하고, 가트너와 WEF는 혁신 기술 Top 10위에 블록체인을 포함했다. 제3의 신뢰기관 없이 거래정보(Transaction)를 네트워크의 참여자(Node/Peer)와 합의에 따라 분산 저장하고 공유하는 기술인 블록체인은 2008년 사토시 나카모토라는 가명의 개발자에 의한 암호 화폐 비트코인에서 시작되었다.

비트코인으로 대표되는 공개 블록체인의 기반 기술은 높은 보안성을 보장하고 모든 기록에 공개적으로 접근 가능하며 중개를 위한 수수료를 절감한다. 현재 블록체인 도입을 위한 움직임은 금융 분야에서 비교적 활발히 이루어지고 있다. 블록체인 기술은 느린 거래 속도나 확장성 문제를 보완하고 스마트 계약 기능을 추가한 이더리움 플랫폼과 전 산업에 블록체인 기술을 결합하기 위한 하이퍼레저 플랫폼 등으로 진화를 거듭하고 있다.

기술의 발전으로 금융이외의 분야에서도 블록체인 활용을 위한 시도가 확대되고 있다. 이러한 움직임은 범산업적 적용과 사회 인프라로써 활용으로 나누어 볼 수 있다. 산업적 활용에서는 유통·물류와 에너지 분야에서의 기대효과가 클 것으로 예상된다. 블록체인 기술을 적용한 공급망은 제품 이동 상황에 대한 실시간 가시성을 높이고 행정 처리 비용과 시간을 줄일 수 있다. 실시간 정보 교류와 투명성으로 인해 문제 발생 시 해결 소요 시간이 획기적으로 감소한다. 해운 물류업계에서는 블록체인으로 인한 비용절감 효과를 약 20%로 예상된다. 에너지 분야의 경우 신재생 에너지를 스마트 계약을 통해 전력거래소 없이 낮은 수수료로 생산자와 소비자 간 직접 거래할 수 있다.

또한 블록체인은 위변조할 수 없고 원본의 무결성을 증명하는 데 탁월한 특성을 활용하여 투명하고 신뢰받는 사회 구현을 위한 기폭제 역할을 수행할 것이다. 블록체인 기술은 민감 정보인 의료 데이터를 안전하게 통합 관리해주고 투명한 데이터 활용을 촉진한다. 복지시스템, 기부금 관리, 전자 선거 등 정부·공공 서비스 분야에서도 신뢰 확보 및 보안성을 강화하는데 주요한 역할을 수행할 것이다. 그러나 산업적·사회적 활용을 활성화하기 위해서는 처리속도나 확장성과 같은 기술적 한계와 중앙집중식 관리에 초점이 맞춰진 법·제도 체계, 사고 발생 시 불명확한 책임 소재 등 풀어야 할 숙제가 아직 남아 있다.

이미 미국, 영국, 호주, 에스토니아 등 각국은 산업별 활용 및 국가 차원의 신뢰 확보 기반으로서 블록체인을 적용하기 위한 다양한 노력을 기울이고 있다. 이러한 추세에 발맞추어 공공 분야에 블록체인 기술을 선도적으로 도입하여 공공 서비스를 구현한다면 국내 블록체인 기술 발전의 마중물 역할이 될 수 있다. 더불어 범부처 차원의 기술 육성 계획을 수립하고 다양한 공모과제를 통해 아이디어를 모아 모범사례 발굴 및 관련 법제도 정비를 통해 글로벌 경쟁력 확보를 위한 환경을 조성하는 것이 시급하다.

《 Executive Summary 》

Blockchain has received attention as one of the innovative technologies that will change the future. WEF 2016 predicted that 10% of the world GDP would come from the blockchain platform in 2027, and Gartner and WEF picked blockchain as one of the Top 10 innovative technologies. As the technology of recording and sharing transactions with the consent of network participants (node/peer) in a distributed ledger without third-party authority, blockchain was first conceptualized by a developer with the alias Satoshi Nakamoto and implemented as the digital currency Bitcoin.

The fundamental technology of public blockchain represented by Bitcoin guarantees high security and open accessibility to all records and reduces the commission fee charged by intermediaries. The financial sector is currently moving aggressively to apply the blockchain technology. The technology is evolving into the Ethereum platform — which supplements the problems of slow transaction speed and scalability and adds the smart contracting function — and into the Hyperledger platform that tries to apply the blockchain technology to all industries.

As the technology develops, there have been more efforts to apply blockchain in industries other than finance. One can review such movements in the aspects of application in various industries and application as social infrastructure. For the industrial application, the distribution/logistics industry and energy industry are likely to benefit the most. The supply chain applying the blockchain technology can enhance the visibility of real-time product movement and decrease the administrative processing cost and time. Moreover, the real-time information interchange and transparency drastically reduce the time to resolve the problems. The marine logistics industry expects to realize around 20% cost saving with blockchain. In the energy industry, producers and consumers can directly trade new and renewable energy at a low commission fee through a smart contract without the involvement of a power exchange.

Moreover, blockchain can be the catalyst for building a transparent, trusted society due to its attributes, i.e., it can be neither altered nor falsified, and it is ideal for verifying the integrity of the original record. The blockchain technology can also integrate sensitive medical data safely and promote transparent utilization. It is expected to play a central role in assuring trust and security in government and public services such as welfare system, management of donations, and electronic voting. Note, however, that there are still challenges like the technological limitations that must be overcome for blockchain to

be applied universally by industries and societies: slow processing speed and difficult scalability, centralized legislative/regulatory systems, and unclear responsibility in case of accident.

Countries like the US, UK, Australia, and Estonia are already investing significantly to apply blockchain as the platform for industrial application and in securing national-level trust. In keeping with such development, adopting blockchain as the pioneering technology for introducing new public services can be the catalyst for the development of domestic blockchain technologies. Moreover, there is an urgent need to establish the plan for government-wide technology development, identify test cases with the ideas gathered through various contests, and build the environment to secure global competitiveness through legal and regulatory reform.

《 목 차 》

1. 미래 핵심 기술로 주목받는 블록체인	1
2. 블록체인 기술 소개 및 발전 방향	4
(1) 블록체인 기술 소개	4
(2) 블록체인 기술의 발전 방향	8
3. 산업적 혁신으로서 블록체인의 활용 전망	12
(1) 물류·유통 분야	13
(2) 에너지 분야	18
4. 사회적 혁신으로서 블록체인의 활용 전망	22
(1) 의료 분야	22
(2) 정부·공공 서비스 분야	27
5. 시사점 및 정책 방향	32

[부록]

[참고 문헌]

《 Contents 》

1. Blockchain gaining attention as the key future technology	1
2. Introduction of blockchain technology and development direction	4
(1) Introduction of blockchain technology	4
(2) Development direction of blockchain technology	8
3. Prospect of using blockchain as a tool for industrial innovation	12
(1) Logistics · Distribution industry	13
(2) Energy industry	18
4. Prospect of using blockchain as a tool for social innovation	22
(1) Medical service	22
(2) Government · Public service	27
5. Implications and policy directions	32

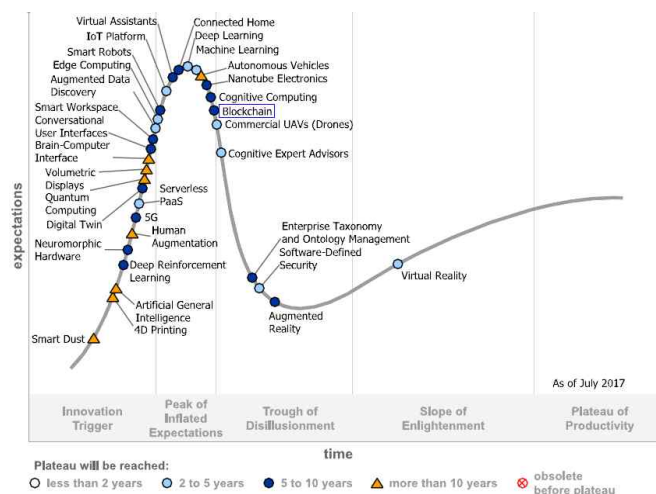
[Annex]

[References]

1. 미래 핵심 기술로 주목받는 블록체인(Blockchain)

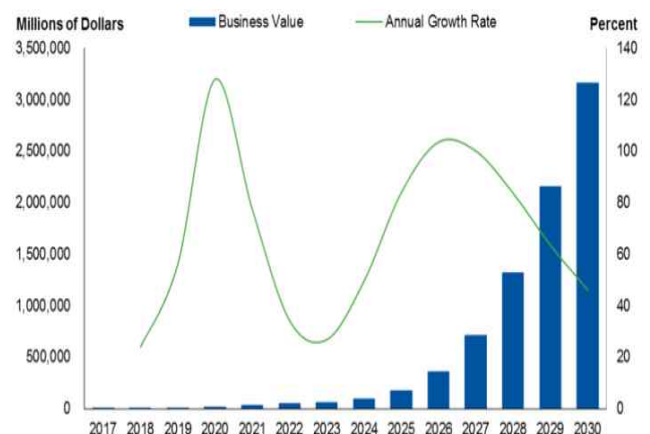
- 거래 데이터를 분산 저장하고 위·변조를 방지하여 신뢰를 보장하는 블록체인은 세상을 변화시킬 기술로 전망되고 있음
- 블록체인은 거래정보(Transaction)를 저장한 블록을 모든 구성원(Peer/Node)이 네트워크를 통해 분산 저장하고 일정 시간마다 암호화 후 체인 형태로 연결하여 저장하는 기술
 - 제3자의 신뢰 없이 이중 거래를 차단하여 확실하고 안전한 거래를 보장하는 특성을 가짐
- 블록체인이나 분산원장 기술에 대한 기대감이 점차 높아지고 있으며 향후 5-10년 내 실제 적용 가능성이 높을 것으로 예측됨
 - 시장 조사 기관 가트너(Gartner)는 블록체인의 연간 성장률을 2020년 기준 120%로 예상하며 사업적 부가가치는 2030년에는 3조 달러를 초과할 것으로 예측
 - 비트코인은 가격에 따라 대중매체 기사의 언급도가 높아졌으며 블록체인에 관련된 키워드 검색은 2016년 3분기 이후 많은 관심을 받고 있음¹⁾

[그림 1] Emerging 기술 하이프 사이클, 2017



자료 : 가트너, 2017.07.

[그림 2] 블록체인 사업 부가가치, '17-'30

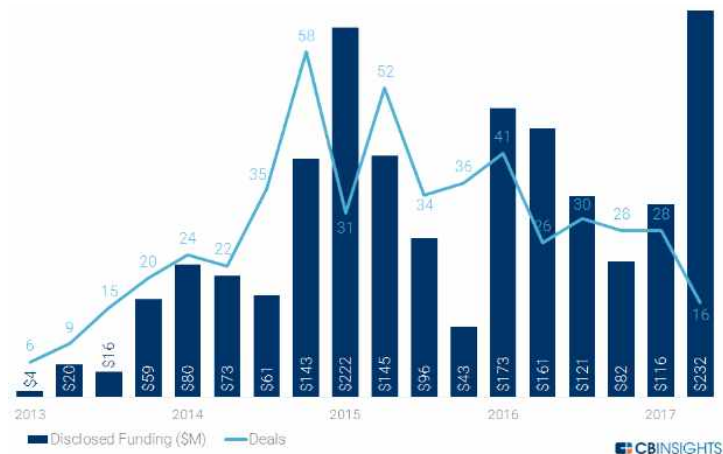


자료 : 가트너, 2017.03.

1) "Blockchain Startup Investment Bounces Back", CB Insight, 2017.04.

- 세계경제포럼(WEF)은 2027년 기준 전 세계 GDP의 10%인 8조 달러가 블록체인 플랫폼에서 발생할 것으로 전망하고 있음²⁾
 - 블록체인 기술로 금융업계의 비용절감 규모는 2022년 기준으로 약 200억 달러에 달할 것으로 전망³⁾
 - * 2017년 가트너가 선정한 Top 10 전략 기술에 블록체인이 포함됨⁴⁾
 - 금융업계 참가자 중 80%는 분산원장 기술이 업계를 변화시킬 것이며 2020년 내 도입될 것으로 예측⁵⁾
- (블록체인 글로벌 투자 현황) 블록체인과 비트코인에 대한 글로벌 투자는 매년 증가 추이를 보임
 - 2015년부터 투자 건수와 규모가 증가하고 있으며 블록체인 기술을 활용한 새로운 투자방식인 ICO(Initial coin offerings)⁶⁾가 2017년 2분기에 7억 5천만 달러로 일반적인 벤처캐피털의 3배 규모 수준으로 증가⁷⁾
 - * 2017년 2분기 벤처캐피털(VC) 투자금은 2억 3천만 달러를 기록

[그림 3] 블록체인 글로벌 투자 현황
(2013-2017년 2분기)



자료 : CB Insight, 2017.07.

2) “Deep Shift - Technology Tipping Points and Societal Impact”, WEF, 2015.09.

3) “Is the Future of Financial Services orgs in Blockchain?”, IDC, 2017.03.

4) “Top 10 Strategic Technology Trends for 2017”, Gartner, 2017.03.

5) “Blockchain in Financial Markets: How to Gain an Edge”, Bain & Company, 2017.02.

6) 기존의 기업공개/주식상장(IPO, Initial Public Offering)의 유사한 개념으로 파제의 지분 즉 코인을 공개적으로 판매하여 자금을 공급받음

7) “ ‘Traditional’ Blockchain Deals Hit New Low, As ICOs Rise”, CB Insight, 2017.07.

- 블록체인 기술을 활용하여 초산업의 경쟁력 제고와 투명하고 신뢰할 수 있는 사회를 구현하기 위해 장기적 관점의 전략 수립이 필요
- 이 보고서에서는 블록체인 기술의 활용 분야 중 비교적 활발한 검토가 이루어지고 있는 ‘금융 산업을 제외한’ 타 산업에 대한 혁신과 사회 혁신을 가져오는 사례를 중심으로 분석하고자 함
 - **(산업적 측면)** 블록체인 기술은 금융 산업에서 다양한 활용 사례가 있고 일부 가시적 성과를 보이나, 비금융 산업에서의 활용은 아직 가능성을 검토하는 단계로 이에 대한 효과 분석과 사례 발굴이 필요
 - 금융 분야에서는 비트코인이 가장 성공한 활용 사례이며, 국가 간 혹은 금융 기관 간 송금 및 결제 서비스인 리플(Ripple)은 최대 1주일이 걸리는 해외 송금을 수초 만에 즉각적으로 처리
 - **(사회적 측면)** 블록체인 기술을 활용하여 의료, 복지 및 투표나 행정관리 등 정부/공공 서비스 분야에서 신뢰 사회를 구현하기 위한 장기적 계획 필요
 - 보안성이 뛰어나고 위변조할 수 없으며 원본의 무결성을 증명하는 데 탁월한 특성을 활용하여 새로운 신뢰 사회 구현 가능

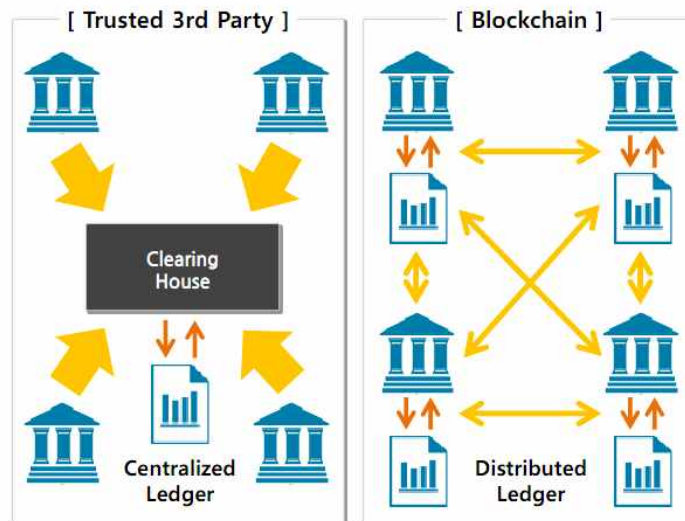
2. 블록체인 소개 및 발전 방향

(1) 블록체인 기술 소개

□ 블록체인 기술은 공개 블록체인으로 정의할 수 있는 비트코인에서 시작

- 블록체인은 2009년 개발된 비트코인의 기반 기술로 중개자 없이 암호화 기술과 P2P 기반 분산 원장 등을 통해 안전하게 거래를 할 수 있음
 - 2008년 10월 사토시 나카모토라는 가명을 가진 개발자가 작성한 비트코인 논문에 의해 소개되었으며 2009년 1월에 구현된 SW 공개
 - 비트코인(Bitcoin)은 암호화 기술과 P2P 분산 네트워크 기반 타임스탬프 서버를 이용하여 이중지불 문제를 해결하여 제3의 신용기관 없이 개인 간 직접적인 거래가 가능하게 함
- * 비트코인은 가상 화폐 시장 규모 1위로 시가총액은 673억 달러(76조 7천억 원), 하루 거래량은 25.8억 달러 수준 (2017.08.14. 기준)

[그림 4] 중앙집중식/블록체인 관리체계

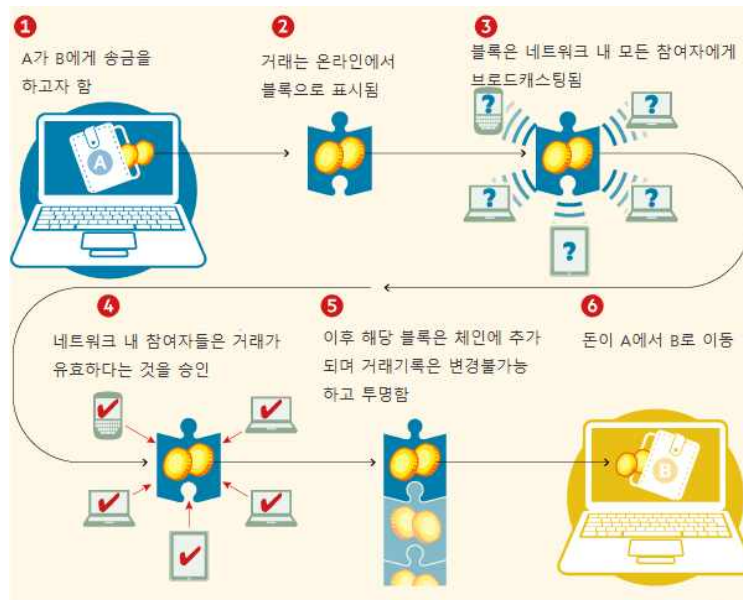


자료 : The Fintech 2.0 Paper (Santander, 2015)

- 블록을 추가하기 위해서는 각 노드 간 합의 알고리즘을 통해 원장에 기록될 데이터를 검증(validate)하는 작업증명 과정과 이후 생성된 블록의 유효성을 검증하는 단계가 필요

- 신뢰할 수 있는 블록을 생성하기 위해 채굴(Mining)이라는 과정이 필요하며 비트코인은 작업증명(PoW)방식을 활용, 채굴에 성공하면 보상이 주어짐
- * 인증되지 않은 참여자들에 의한 공격 가능성이 존재하는 상황에서 유효한 블록임을 인증/합의하는 과정에 다소 긴 시간(약 10분)이 소요됨
- 생성된 후보 블록은 네트워크 내 참여자들에게 전송되어 유효성 검증을 거쳐 이전 블록과 연결됨

[그림 5] 비트코인 거래 동작 방식

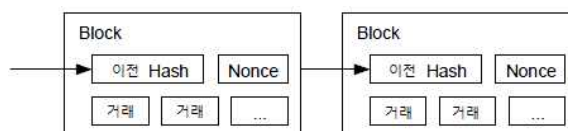


자료 : WEF, "All you need to know about blockchain, explained simply", 2016.06.

비트코인 작업증명 알고리즘

- 비트코인의 작업증명 과정은 끊임없는 해싱 작업을 통한 목표값 이상의 해시(hash)값 찾기로 채굴자는 목표값을 찾기 위한 경쟁을 벌임
- $h(h(n-1 \text{ th block header}) \parallel \text{Nonce}) < x$
 - Nonce(임시값)는 0부터 시작하여 조건을 만족하는 x 를 찾을 때까지 1씩 증가하는 값
 - x = 다수의 0비트들로 시작되는 특정한 해시값 (목표값)
- 블록 해시 결과가 x 를 찾을 때까지 블록에 Nonce를 증가시켜는 과정을 반복

[그림 6] 블록 구성 및 연결



자료 : Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System

□ 블록체인 종류는 공개(Public), 개인(Private), 컨소시엄(Hybrid, 하이브리드) 블록체인 3가지로 크게 구분 가능

○ (공개 블록체인) 누구나 원하면 네트워크에 접근하여 거래내역을 검색, 생성, 검증할 수 있으며 경제적 보상을 동반한 작업증명(PoW)나 지분증명(Proof of Stake, PoS)*방식의 암호검증으로 안정성을 보증

- 최초의 블록체인 활용 모델로 현재 블록체인 기술 중 가장 성공한 비즈니스 사례인 비트코인과 이더리움이 대표적인 활용 예

* PoS방식은 다음 블록의 생성자가 의사 랜덤(pseudo-random)방식으로 선택되고 소유 지분(stake)에 따라 조정되며 증명에 따른 보상은 없고 거래수수료만 수취

[표 1] 공개 블록체인의 특징

특징	설명
원장 무결성 확보	분산 장부의 무결성을 확보하기 위해 모든 참여자가 같은 원장을 저장하고 변경이 있을 때마다 수정하며 새로운 블록의 추가가 확정 되면 되돌릴 수 없는 비가역성을 가짐
참여자간 합의	참여자들 간 거래 내역에 대한 정당성을 검증하여 증명하는 합의 과정이 필요, 공개 블록체인과 개인 블록체인은 서로 다른 합의 알고리즘으로 수행될 수 있음
화폐 발행 정책	화폐 발행 기능을 가진 블록체인에서 필요한 과정(ex, 비트코인)으로 다수의 참여자가 합의된 문제를 풀고 이를 증명하면 새로운 화폐를 발행하여 소유할 수 있도록 허가
거래 장부 동기화	공개 블록체인에서 필요한 과정으로 참여자들이 서로 다른 원장을 가지고 있는 경우(Fork), 블록이 많이 형성된 것을 진본으로 간주 하고 이를 기준으로 거래를 다시 조정하는 동기화 과정이 필요

○ (개인 블록체인) 한 중앙기관이 모든 권한을 갖고 통제 가능하며 참여자를 식별 가능하고 거래 속도가 빠르며 네트워크 확장이 쉬움

- 산업 적용을 위해 거래 처리 속도를 개선하고 허가받은 참여자만 참여하여 하나의 중앙기관이 모든 권한을 관리 가능한 기업용 블록체인

* 공개 블록체인인 비트코인은 1초에 최대 7건⁸⁾ 처리가 가능하나 초 당 수천 번이 넘는 이체를 처리해야 하는 금융 분야에서는 적용에 제약이 존재

* 2015년 말, 나스닥 비상장 주식거래 플랫폼인 링크시스템(Linq system)에 개인 블록체인을 도입하여 거래 성립부터 결제까지 미국에서 3일, 유럽에서 2일에서 각 10분으로 단축⁹⁾

8) $(1\text{MB}(\text{블록크기})/600\text{초}(\text{PoW}))/\text{약}260\text{바이트}(\text{Tx크기}) = \text{약 } 7 \text{ TPS}$

- 참여자가 적기 때문에 다수의 참여자에 의한 작업증명에서 확보되는 보안성이 떨어짐, 또한 내부자의 악의적 공격 등에 취약한 단점에 대한 보완이 필요함
- (컨소시엄 블록체인) 지정된 개인이나 단체가 참여 주체들 간 합의 절차를 검증하는 권한을 가지며 암호화폐가 필요하지 않은 부분적 탈중앙화 시스템
- (R3 CEV) 금융 글로벌 컨소시엄으로 청산 결제 거래비용 절감, 글로벌 네트워크 확보 등 다양한 금융서비스를 위한 블록체인 플랫폼 코다(Corda) 개발
- * 가입기관은 43개 금융회사, 청산소, 거래소, 기술업체 등 총 80개 이상이며 국내는 국민은행, 신한은행, 우리은행, 하나은행, 기업은행이 가입 (2016)

[표 2] 블록체인 종류 비교

구분	공개 블록체인 (Public Blockchain)	개인 블록체인 (Private Blockchain)	컨소시엄 블록체인 (Consortium Blockchain)
거버넌스	한번 정해진 법칙을 바꾸기 매우 어려움	중앙기관의 의사결정에 따라 변경 가능	컨소시엄 참여자들의 합의에 따라 변경 가능
데이터 접근	누구나 접근 가능	허가받은 사용자만 접근가능	허가받은 사용자만 접근가능
거래증명	알고리즘으로 동작(PoW, PoS), 익명의 거래 증명자	중앙기관에 의하여 거래증명이 이루어짐	사전에 합의된 규칙에 따라 거래검증, 인증된 거래 증명자 존재
암호화폐	필요	불필요	불필요
장점	안정성, 신뢰성, 익명성, 투명성 보장	- 높은 효율성과 확장성 - 처리속도 빠름 - 기업별 특징에 특화 가능	- 높은 효율성과 확장성 - 처리속도 빠름 - 민감 정보를 처리하는 역할 부여 가능
단점	- 확장성이 낮음 - 거래 속도 느림	- 보안성이 낮음	- 개입이 필요할 수 있음 - 투명성과 보안성이 낮음
활용 예	비트코인, 이더리움	나스닥 Linq	R3 CEV, 하이퍼레저

참고 : 금융보안원, 금융위원회, coindesk

블록체인 관련 문헌

- 블록체인과 분산원장에 대한 자세한 기술적 내용은 아래의 문헌을 참고
- 금융위원회, 블록체인기술 금융분야 도입방안을 위한 연구, 2016
- 한국은행, 분산원장 기술의 현황 및 주요이슈, 2016
- 임명환, 블록체인 기술의 활용과 전망, 2016

(2) 블록체인 기술의 발전 방향

- 블록체인 기술은 공개 형태에서 확장성과 효율성을 보완한 개인 블록체인으로 발전하였으며 향후 산업간 융합과 사회 기반구조로써 활용될 것으로 보임

[표 3] 블록체인 기술의 단계별 발전 방향

세대	Blockchain 1.0	Blockchain 2.0	Blockchain 3.0	Blockchain 4.0
단계	도입기	발전기	확산기	정착기
시기	2009-2013	2013-2016	2017-2022	2022-2030
설명	공개 블록체인 (누구나 열람)	- 개인(기업형) 블록체인 등장 - 스마트 계약	산업과의 융합	국가 인프라
활용 예	(ex) 비트코인	(ex) 나스닥 장외 주식거래, 이더리움	(ex) SCM, 에너지, 물류 등	(ex) 예산 관리, 투표 등 정부·공공 서비스

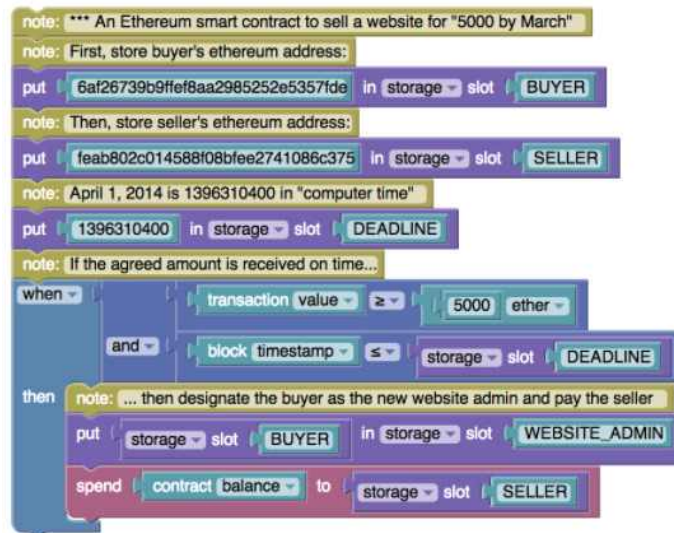
자료 : “블록체인 TechBiz 컨퍼런스”, IITP 박현제, 2017.06.

- (도입기) 비트코인이 소개된 2009년 이후부터 공개 블록체인 기술을 활용하여 비트코인을 비롯한 수많은 암호화폐¹⁰⁾가 출현
- (암호화폐 등장) 2017년 8월 기준으로 1,057개의 암호화폐가 존재하고 전체 시가 총액은 1376억 달러(한화 156조 원) 규모에 달함
 - 상위 10개 가상화폐(비트코인, 이더리움, 리플, 비트코인 Cash, NEO 등)의 시가 총액이 전체의 87.4% 정도를 차지하고 있음
- (발전기) 공개 블록체인의 단점을 개선한 개인 블록체인과 스마트 계약이 추가된 공개 블록체인(이더리움)이 등장하여 다양한 활용이 가능해짐
- (개인 블록체인) 모든 거래가 추적 가능한 개방성과 실시간, 대용량 처리가 어려운 공개 블록체인의 한계점을 개선하여 기업 내 플랫폼을 구축
 - (이더리움) 블록체인 2.0을 대표하는 공개 블록체인으로 이더라는 암호화된 화폐의 송금을 기록하고 스마트 계약과 분산 어플리케이션(Decentralized applications, 이하 Dapp)을 구현하기 위한 플랫폼이 개발됨 (2014)

10) 암호화폐(cryptocurrency) : 거래를 보호하고 추가 통화 생성을 제어하기 위해 암호화 기술을 활용하여 동작하도록 설계된 디지털 자산

- 이더리움은 튜링완전(turing-complete)¹¹⁾한 프로그래밍 언어를 사용가능, 코딩된 규칙에 따라 사용자는 ‘어떤 상태’를 다르게 변환시키는 기능(arbitrary state transition functions)이 포함된 “계약(contracts)” 작성 가능

[그림 7] 스마트 계약의 예시



자료: EtherScripter, What is Ethereum?

- 이더리움은 중앙의 중개시스템이 아닌 분산화된 P2P 네트워크에서 실행되는 분산 어플리케이션(Dapp)을 구현하기 위한 플랫폼 역할
- * 가치의 저장 및 전달 서비스를 제공하는 탈중앙화된 통화 시스템 비트코인과 파일의 저장 및 공유 프로토콜인 비트 토렌트가 Dapp의 대표적인 예

스마트 계약 (Smart Contract)

- 1994년 미국의 전산학자인 Nick Szabo에 의해 스마트 계약(smart contract) 개념이 처음으로 등장, Nick Szabo는 프로그래밍 언어 등으로 계약서를 작성하면 조건에 따라 계약 내용이 자동으로 실행될 수 있다고 주장
- 분산 환경에서 튜링 완전 가상 머신인 이더리움(Ethereum)의 등장으로 스마트 계약이 다시 조명을 받음
- 런던대학의 Clack 박사는 스마트 계약을 ‘자동화된, 집행 가능한 계약이며, 법적 권리 및 의무의 이행을 통해 시행 가능한 계약’으로 정의
 - 이는 일정한 조건을 만족하는 경우 거래가 자동으로 실행될 수 있도록 프로그래밍된 자동화 계약시스템을 의미

출처 : Wikipedia

11) 튜링 완전 : 어떤 프로그래밍 언어나 추상 기계가 튜링 기계와 동일한 계산 능력을 가진다는 의미로 계산적인 문제를 프로그래밍 언어나 추상 기계로 풀 수 있다는 의미

○ (DAO 등장) 블록체인의 분산네트워크 구조와 익명성에 착안하여 만들어진 탈중앙화된 자율 조직(Decentralized Autonomous Organization)의 등장

- 특정한 중앙집권주체의 개입 없이 개인들이 모여 스마트 계약을 기반으로 자율적으로 제안과 투표 등의 의사표시를 통해 다수결로 의결을 하고 이를 통해 운용되는 조직

* 더다오(The DAO)가 대표적인 활용 사례로 투자자 벤처캐피털(Venture Capital) 펀드 형태로 개발한 이더리움 플랫폼 기반의 자립분산 투자 펀드

- 스마트 계약의 코드 취약성이나 각종 암호화폐 해킹 사례는 블록체인의 기술적 오류보다는 허점을 파고드는 인간의 악의에 대한 해결방안*이 필요함을 시사

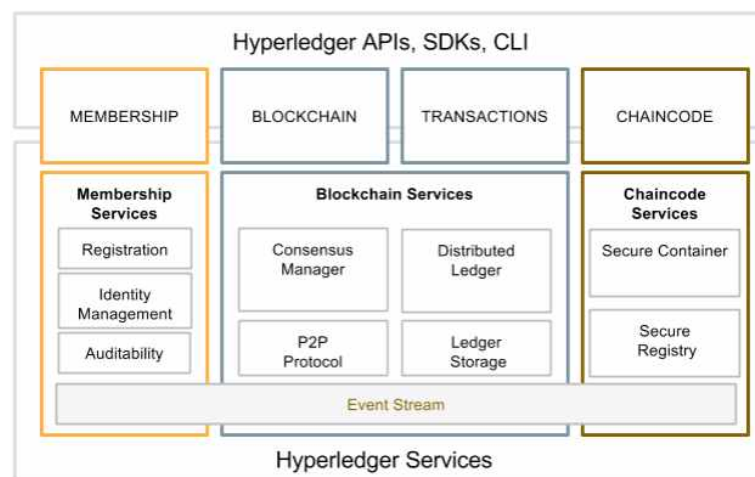
* 스마트 계약에 대한 완결성 제고나 개인키 유출 방지를 위한 노력 등

□ (확산기) 금융산업을 넘어 전 산업의 경쟁력 제고를 위한 고성능, 고효율 블록체인이 확산되고 가속화되는 시기

○ (하이퍼레저) 리눅스 재단(www.linuxfoundation.org)의 오픈소스 과제로 제조, 공급망(Supply Chain), IoT 등 산업 전반에서 범용 블록체인 기술을 발전시키기 위한 프레임워크¹²⁾로 현재 1.0버전을 출시함

- 개인 블록체인으로 다양한 기업 및 산업에 활용을 목표로 신뢰할 수 있는 분산 원장을 제공하고자 하며 성능개선이 빠른 속도로 이루어지고 있음

[그림 8] 하이퍼레저 구조



자료: Hyperledger Whitepaper

12) Hyperledger Whitepaper

- 허가된 사용자 간의 공유 원장으로 참가자의 권한 관리 수행 기능 추가 (Membership)되었으며 스마트 계약을 Chaincode로 구현함
- 기존 비트코인 방식의 작업 증명에서 효율성을 높이고 산업적 활용을 위한 확장 가능성을 높임
 - * IBM, Intel, Accenture 등 글로벌 기업이 다수 참여하여 금융, IoT, 공급망, 제조업 등 산업간 블록체인 기술을 확산시키기 위한 ‘범 산업용 분산원장 표준화 과제 (cross-industry open standard for distributed ledgers)’로서 발전 중
 - * 30개의 회원사로 시작(2016.02.)하여 총 149개 회원사 규모로 성장(2017.08. 기준)

○ **(산업적 활용 증대)** 글로벌 SW기업들은 하이퍼레저와 이더리움 과제에 적극적으로 참여하고 분야별 활용을 활성화하기 위한 협업 체제 구축

- (IBM) 하이퍼레저 과제에 주도적으로 참여하고 있으며 범산업적 블록체인 활용을 위해 다양한 분야의 기업과 파일럿 과제 진행 중
 - * 중국 월마트와 돼지고기 추적(2016.10.), 컨테이너의 전체 이동 경로 추적을 위한 머스크와의 협력(2017.03.) 등
- (Intel) 하이퍼레저 과제 중 하나인 쏘투스 레이크(Sawtooth lake)를 기반으로 해산물 추적 파일럿 진행 (2017.04.)
- (SAP) 네트워크를 통해 전 세계 250만 명의 구매자와 판매자를 연결하는 SAP Ariba는 비즈니스 전반에 블록체인 기술 활용 (2017.03.)¹³⁾
 - * 다이아몬드의 출처 기록을 블록체인으로 관리하는 에버레저(Everledger)와 파트너십 체결 (2017.03.)

□ **(정착기)** 블록체인 기술이 다양한 영역에 적용되고 인터넷과 같은 기반 기술로써 행정관리 및 공공 서비스 등의 신뢰 사회를 구현하기 위한 국가 기반구조로 발전할 것으로 전망

- **(국가 기반구조)** 범산업적 블록체인 활용이 확산되고 정부 지원을 토대로 신뢰 기반의 국가 기반 구조로서 정착하여 투명하고 안전한 사회 구현 가능
 - DAO를 넘어서 탈중앙화된 사회(Decentralized autonomous society, DAC)를 구현하여 투명하고 자동화된 신뢰 사회 구현

13) “SAP Ariba Will Use Blockchain to Track Shipments, Ensure Authenticity “, Forbes, 2017.05.

3. 산업적 혁신으로서 블록체인의 활용 전망

- 블록체인 기술은 중앙기관에 의한 신뢰 비용이나 역할이 큰 산업 영역에 적용하는 경우, 효율성 증대와 관리 비용 절감효과를 가져올 것으로 기대
- 산업 분야 중 탈중앙화된 P2P 거래방식인 블록체인 적용으로 그 효과를 극대화할 수 있는 물류·유통과 에너지 분야 검토
- (물류·유통) 국내는 무역 및 경제 규모에 비해 경쟁력이 낮은 수준으로 블록체인 기술을 활용한 행정 비용 절감으로 효율성 제고 가능
 - 2015년 57조 3,000억 원으로 연평균 6.2% 성장하였으나 국내 물류 산업 경쟁력은 세계 24위*수준
 - * 세계은행이 160개국을 대상으로 조사한 2016년 물류성과지수¹⁴⁾기준으로 국내는 3.72점을 기록하였으며 국제운송과 통관, 물류 서비스의 질과 완결성 측면에서 상대적으로 경쟁력이 더 낮은 것으로 나타남
 - 무역 거래 시 물품비용(28%)에서 20%는 과도한 행정업무에 들어가는 비용으로 추정되며 블록체인의 스마트 계약을 활용하여 비용 절감 및 실수 방지 가능
- (에너지) 에너지의 생산량 및 소비량, 잉여량 등을 블록체인에 기록하여 P2P 거래를 가능하게 해주는 블록체인 기반의 플랫폼 연구가 활발함
 - 블록체인의 P2P, 신뢰성, 투명성은 중간자(전력거래소) 없이 낮은 수수료로 개인 간 전력 거래가 가능하여 에너지 분야의 신산업 활성화 기반 조성 가능
 - 블록체인의 스마트 계약 기능을 이용하여 에너지 프로슈머(prosumer)*들의 에너지 거래 시 부가적인 노력 적음
 - * 생산자(PROducer)와 소비자(conSUMER)가 결합하여 만들어진 신조어로 ‘생산자가 곧 소비자가 될 수 있다’는 의미
- 이 장에서는 물류·유통과 에너지 분야에서 블록체인 활용 시 기대효과, 해외와 국내의 활용현황, 블록체인 도입 시 제약사항에 대해 분석함

14) Logistics Performance Index, LPI

(1) 물류·유통 분야

□ (기대효과) 위변조 불가능한 속성과 투명성을 가진 블록체인을 활용하면 실시간 가시성을 제고하고 서류·행정 처리 비용과 처리시간을 감소

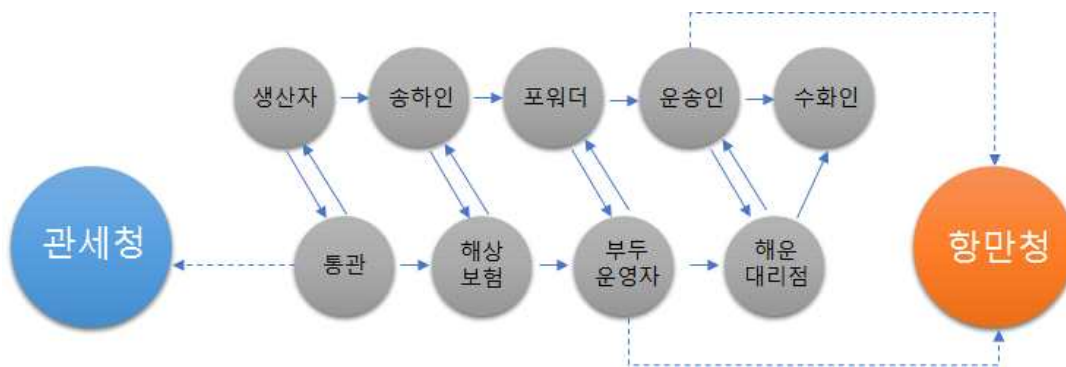
○ (실시간 가시성 제고로 산업 경쟁력 강화) 블록체인을 활용한 공급망(Supply chain)은 제품의 이동 진행 상황에 대한 실시간 가시성* 제고로 업무 효율성을 향상하고 최적의 재고를 보유할 수 있게 됨

- 공급체인 생태계의 각 참여자(송하인¹⁵⁾, 포워더¹⁶⁾, 세관원, 수화인¹⁷⁾ 등)는 블록체인으로 문서를 공유하는 경우, 어느 기관에서든지 현 상태를 파악 가능

* 가시성은 물류 산업의 경쟁력으로 직결되는 요인으로 원료 공급지부터 최종 소비자까지 연결된 글로벌 공급망 흐름을 파악하고, 화물이 현재 어느 위치에 있는지 빠르고 정확하게 알 수 있는 것을 의미

- 기존 방식은 정보교환을 위해 시스템별 변환 과정이 요구되며 표준을 준수하는 전자정보교환(EDI)¹⁸⁾ 시스템이 중개자의 역할을 수행하고 있음

[그림 9] 전자정보교환(EDI) 시스템의 현재 구조



자료: KMI 동향분석 제26호, 2017.04.

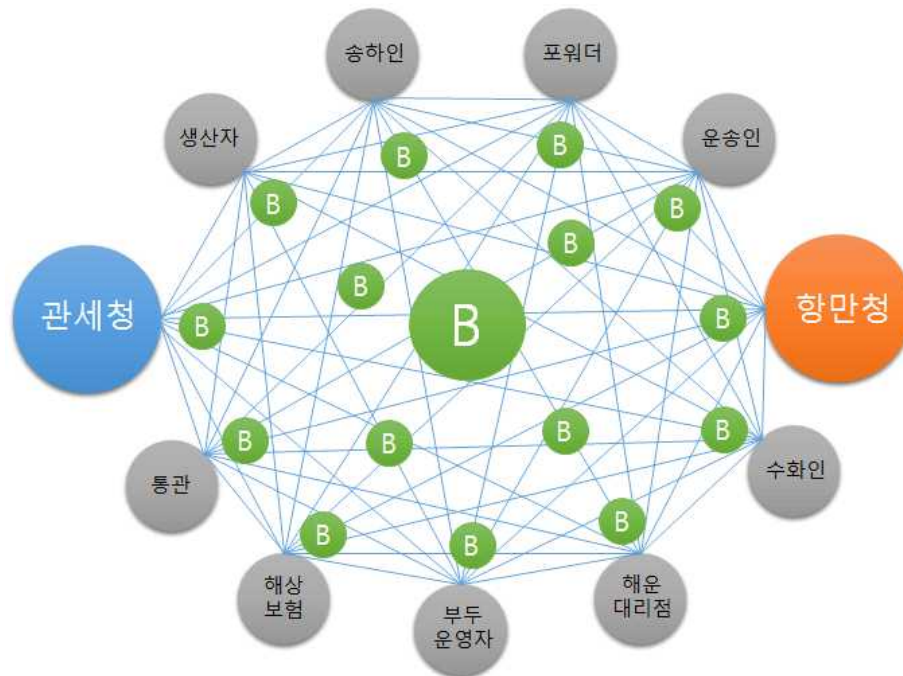
15) 송하인: 운송계약의 당사자로서 화물운송을 운송인에 대해 자기의 이름으로 의뢰하는 자(Exporter or Seller)

16) 포워더: 송하인으로부터 화물을 인수하여 수하인에게 인도할 때까지 일체의 업무를 주선하는 사람

17) 수화인: 운송이 끝난 당해 화물의 수취권한을 가진 사람

18) EDI(Electronic Data Interchange)는 독립된 조직 간에 정형화된 문서를 표준화된 자료표현 양식에 따라 전자적 통신매체를 이용해 교환하는 방식

[그림 10] 블록체인을 활용한 EDI 구조



자료: KMI 동향분석 제26호, 2017.04. 재구성

월마트-IBM의 돼지고기 추적 사례

- 중국 월마트는 IBM과 협력하여 중국에서 유통되는 돼지고기의 유통·물류 전 과정을 블록체인 기술을 활용하여 추적하는 과제 수행(2016.10.)
- 중국 베이징에 새로 문을 연 월마트 식품안전협력센터(Walmart Food Safety Collaboration Center)가 IBM, 칭화대와 함께 식품 공급망 전체의 투명한 거래정보를 실시간으로 추적하는 기술을 시험하고 있음
 - 하이퍼레저 패브릭 기반으로 칭화대의 트랜잭션 보안 및 인증기술 사용
- 육류 등 식품안전, 품질과 관련된 농산물의 이력추적시스템을 블록체인으로 구현하여 소비자들은 육류의 생산지, 도축 및 유통 과정, 매장에 이르는 과정을 스마트폰으로 확인 가능

○ (행정처리 간소화 및 비용절감) 프로세스별 서류처리로 인한 지연 시간 및 서류 교환 횟수를 줄여 행정처리 비용 절감

- 스마트 계약 기반으로 거래가 자동화되면 기존에 신뢰를 위해 존재하던 형식 절차를 줄여 비용 절감 효과 창출 가능

* 해외로 꽃을 다량으로 수송하는 경우, 12여 개의 공급업체에서 총 200종이 넘는 서류작업이 필요(IBM, 2017)

- 글로벌 해운 물류업계에 블록체인을 상용화하는 경우, 연간 물류비용의 약 20%인 서류·행정처리 비용이 절감될 것으로 추산¹⁹⁾
 - * 물류 문서 처리 관리 비용은 실제 물리적 운송비용의 최대 1/5로 추정됨(IBM)
- 머스크그룹은 IBM과 함께 글로벌 무역·물류에 응용 가능한 하이퍼레저 패브릭 기반 블록체인 개발 과제 착수(2017.03.)하였으며 2017년 내 천만 개 컨테이너의 전체 이동 경로 추적을 목표로 하고 있음
 - * 네덜란드 로테르담 항, 미국 뉴욕항, 네덜란드 관세청 등이 참여하여 블록체인을 활용한 디지털 공급망 파일럿 과제를 완료하였으며 2017년 말까지 화주, 화물 운송업체, 항구 및 관세청 등으로 확장할 계획²⁰⁾
 - * 케냐의 몸바사에서 네덜란드 로테르담까지 아보카도를 컨테이너로 배송하는데 총 소요비용 2,000달러 중 서류 작업의 비용은 300달러(15~20%)에 달함²¹⁾
 - * 현재는 스프레드시트로만 데이터를 관리하고 있으며 블록체인 신생기업인 BlockApps와 Consensus의 솔루션을 개발하고 있음²²⁾
- **(투명성 제고로 분쟁 문제 해결 가속화)** 효율적인 실시간 정보 교류와 투명성으로 인해 물류 안전과 보안체계를 견고화하고 문제 해결 시간을 줄여줌
 - 위변조 불가능한 투명성으로 인해 거래 시 발생할 수 있는 오류나 사기가 감소하고 기존의 문서 교환 방식의 부정확성으로 발생하는 분쟁을 빠르게 식별 가능하여 해결 시간 감소
 - 스마트 계약을 활용하여 요구 조건이 만족하면 자동으로 업무 프로세스가 진행되기 때문에 인간의 개입으로 인한 실수나 오류가 줄어듦
 - * IBM은 4천 개 이상 협력사와의 거래실적(연간 290만 개)을 분석, 거래 시 분쟁 발생 건수가 1일 평균 70~80건이며 건당 분쟁 해결 소요시간을 기존 40일에서 블록체인 기술을 활용해 10일로 단축할 수 있었다고 밝힘²³⁾

19) "Blockchain's Chasm of Death—and Who Will Make It Out", Fortune, 2017.05.

20) "Maersk and IBM want 10 million shipping containers on the global supply blockchain by year-end", International Business News, 2017.03.

21) "Maersk and IBM want 10 million shipping containers...", International Business News, 2017.03.

22) "World's Largest Mining Company to Use Blockchain for Supply Chain", Coindesk, 2016.09.

23) KMI 동향분석 제26호, 2017.04.

- **(해외 활용현황)** 물류의 추적성과 효율성을 제고하기 위해 주로 하이퍼레저와 이더리움을 활용하여 제품별 공급망의 타당성 검토 진행

[표 4] 해외 활용 현황 정리

목적	활용 플랫폼	사례
추적성 및 효율성 제고	하이퍼레저	머스크, 월마트, 아랍에미리트, 에버레저, 인텔
	이더리움	Provenance, BHP Billiton

* 자세한 내용은 부록 사례 참조

- **(국내 활용현황)** 블록체인 기술 연구를 위한 산학연 협동 컨소시엄을 구성하고 기술개발에 대한 투자를 시작하는 단계

- **(해운물류 블록체인 컨소시엄 발족)** 국내 물류 및 IT업체, 정부, 국책 연구기관이 참여하여 기술적 문제와 법제도 현안까지 함께 연구

- 하이퍼레저(Hyperledger) 과제를 기반으로 2017년 6월에 시범사업에 착수, 9월 안에 실제 해운 수출입 물동의 물류 프로세스 전반에 블록체인 기술을 적용을 합의 (2017.05.)

* 삼성SDS, 관세청, 해양수산부, 한국해양수산개발원, 부산항만공사, 현대상선, 고려해운, SM상선, 장금상선, 남성해운, 케이씨넷, 케이엘넷, KTNET, 싸이버로지텍, 한국IBM 등이 참여

- **(계약사항)** 개별 시스템의 표준화 문제나 대규모의 거래에 대한 확장성 문제를 해결해야 하며, 블록체인 활용을 위한 업무 보상이나 인식제고를 통해 이해관계자의 참여 의지를 독려해야 함

- **(문서양식의 비표준화)** 선사(Shipper), 화주, 포워더, 세관 및 항만 당국 등 각기 다른 시스템의 문서 양식의 표준화 합의 도달까지 상당한 시일이 소요될 것으로 예상

- 참여 주체 간 협력 및 합의 도출을 위해 해양수산부, 관세청 등 공공의 역할 매우 중요

- **(확장성 고려)** 국내 위주의 물류 산업의 특징으로 블록체인 기반으로 데이터를 교환하기 위해서는 글로벌 시장 진출을 위한 확장성 고려 필요
 - 글로벌 물류량은 2015년 기준 546억 9,000만 톤에서 2024년까지 평균 6% 성장한다면 2024년에 9,210억 톤²⁴⁾에 이르므로 블록체인 플랫폼이 확산되는 경우, 확장성과 상호운용성을 확보해야 함
 - 대용량의 거래 데이터를 위한 보안체계가 필요, 지불을 위한 응용의 법적 규제 완화 필요
- **(참여 독려)** 업무보상 제공 및 인식 제고를 통해 세관, 정부 기관, 물류 업체, 3PL* 등의 이해관계자의 적극적인 참여 독려 필요
 - * 3PL(Third Party Logistics)은 물류 관련 비용을 절감하기 위해 제품 생산을 제외한 물류 전반을 특정 물류 전문업체에 위탁하는 것을 의미
 - 블록체인을 활용하기 위한 초기 투자 비용에 대한 업무보상 제공
 - 아직 중소 화주, 포워더, 화물차업체들은 팩스나 전화 등을 활용하고 있으므로 非디지털전환 업체들의 인식제고를 통한 블록체인 시스템 활용/참여 독려 필요
- **(사용자 편의성 확대)** 머스크와 IBM의 파일럿 과제는 세관에서 아이패드를 활용하였으나 추후에는 스마트폰을 활용하는 등 사용자 편의성이 제고되어야 넓게 활용할 수 있을 것으로 보임

24) “Global Logistics Market to Reach US\$15.5 Trillion by 2023...” , PRNewswire, 2016.10.

(2) 에너지 분야

- **(기대효과)** 블록체인의 분산원장 기술과 스마트 계약 기능은 전력거래소 없이도 누구나 에너지를 생산하고 판매, 소비할 수 있을 것으로 전망되며 신재생 전자화폐, 전력 거래 및 청산 등에도 블록체인 응용이 가능함
- **(투명한 에너지 거래)** 블록체인 기술을 에너지 분야에 적용하면 생산과 판매, 소비 등 거래가 투명하게 이루어질 수 있음
 - 에너지의 생산량과 판매기록을 블록체인 기반의 분산 원장에 기록하면 누구나 거래 내용을 확인할 수 있으므로 투명한 거래가 가능함
 - 특히, 이더리움의 스마트 계약 기능을 이용한다면 에너지의 중간 거래자 없이도 특정 조건만 만족하면 자동으로 거래가 체결될 수 있음
 - Grid Singularity는 2016년 오스트리아 빈에 설립된 블록체인 신생기업으로서 이더리움 기반으로 분산된 에너지 데이터 거래 플랫폼 개발
 - * 분산 플랫폼을 통해 중계자 없이 에너지 데이터를 저장하고 전달하는 쉽고 안전한 방법 제공
- **(신재생 에너지 거래에 적합)** 블록체인 기술은 마이크로 그리드(micro grid) 형태의 신재생 에너지의 거래에 적합함
 - 원자력, 화력, 수력 등 기존 발전 방식은 한곳에서 전기를 생산하고 대단위로 거래하기 때문에 전력거래소 방식의 거래가 효율적임
 - 신재생 에너지는 마을 단위에서 생산하고 소비하는 마이크로 그리드 형태이기 때문에 전력거래소 방식은 적합하지 않음
 - 신재생 에너지의 생산자와 소비자 간 직접 거래를 위해서는 마이크로 그리드 개념이 적합하며 이를 실제 구현하기 위해서는 블록체인의 분산원장 기술과 스마트 계약 기술이 가장 적합한 요소 기술임
 - TransActive Grid라는 신생기업은 LO3 에너지와 컨센스시스(ConsensSys)의 합작으로 블록체인을 통해 이웃 간 에너지를 판매
 - * 브루클린 마이크로 그리드 과제(Brooklyn Microgrid Project)에서 블록체인을 이용해서 생산된 에너지량을 스마트 미터로 기록하고 스마트 계약을 통해 거래함 (50가구 대상으로 시범서비스 운영 중)

- (여러 응용 확장 가능) 블록체인의 마이크로 그리드 적용 외에 신재생 전자 화폐, 전기차 충전 및 지불, 비트코인 요금 결제, 전력 거래 및 청산 등에 블록체인 응용 가능
- 태양광 에너지 등 신재생 에너지 생산자에게 솔라코인(SolarCoin)* 보상 지급 등의 연구 개발 진행 중
- * SolarCoin는 이더리움 플랫폼을 이용하여 태양광 에너지 생산 보상 프로그램을 구축하여 1 MWh당 1 Solar Coin 지급함
- 전기자동차 충전과 지급을 위해 이더리움 기반의 블록충전(Block Charge) 과제 등이 있으며 비트코인을 통한 전력판매요금 결제 서비스도 등장함
- 발전소-유틸리티 간 전력거래 결제 시스템 구축에도 블록체인 기술 활용 중

해외 에너지 분야 연구 사례

- Energy Web Foundation(EWF)은 블록체인 기술을 에너지 분야에 이용하기 위한 연구 수행, Rocky Mountain Institute와 Grid Singularity가 설립한 비영리기관으로 국제 에너지 기업들이 자금 지원
- 2017년 6월 현재, Centrica plc, Elia, Engie, Royal Dutch Shell plc, Sempra Energy, SPgroup, Statoil ASA, Stedin, Technical Works Ludwigshafen AG, Tokyo Electric Power Co 등 10개 에너지 기업이 250만 달러 기금 출연
- 주요활동으로 블록체인 활용 가능한 사례 평가 및 구체화, 블록체인 소프트웨어 인프라 구축, 블록체인 사용자 및 개발자 생태계 조성 및 교육 등이 있음

[그림 11] EWF에 참여하고 있는 글로벌 에너지 기업



자료 : 구글 이미지 검색

- (해외 활용현황) 블록체인 기반으로 신재생 에너지를 거래하는 마이크로 그리드나 기존 서비스의 개선에 사용되고 있음

[표 5] 해외 활용 현황 정리

사례	상세 설명
Power Ledger	- 호주의 블록체인 신생기업으로서 POWER + BLOCKCHAIN을 구호로 이더리움 기반으로 거주형 전력거래 시장 운영 *호주 3곳과 뉴질랜드 1곳에서 가정에 설치된 태양광 발전기로부터 생산된 전기를 다른 사람에게 직접 거래하는 시범 사업 진행 중
Electron	- 영국의 신생기업으로 블록체인 기술을 이용하여 가스나 전기 공급자 변경 기간 단축 가능 *가스나 전기 공급자 변경 시 하나로 통합된 등록 서비스 부재로 17~20일 정도 소요되나 블록체인 기술로 단 몇 분 만에 변경 가능

□ **(국내 활용현황)** 국내 역시 마이크로 그리드 분야에 대한 블록체인 기술 활용이 가장 눈에 띄며 정부 역시 에너지 분야의 블록체인 활용을 촉진하기 위해 노력함

- **(이젠파트너스)** 2017년 한국인터넷진흥원(KISA)에서 발주한 통합·융합보안 제품 협업개발 사업에 ‘블록체인 기반 소형 건물군 대상 에너지 서비스 플랫폼 개발’ 수행 업체로 선정
- **(한국전력공사)** 가구 간 직접적인 P2P 전력거래가 가능한 블록체인 기반 전력거래 플랫폼을 구축하여 에너지 신산업 활성화 기반 구축 시범 사업을 과학기술정보통신부와 함께 기획 중 (2017.04.)

□ **(계약사항)** 블록체인 기반의 스마트 계약은 아직 법적 책임이 명확하지 않고 마이크로 그리드 이외의 연구·개발이나 기업 투자가 저조함

- **(법적 근거 미비)** 스마트 계약은 전력거래소와 같이 거래를 책임질 주체가 존재하지 않아 문제 발생 시 피해를 책임질 수 있는 법적 근거 필요
 - 스마트 계약은 현재 법적 강제성 없고 알고리즘에 의한 계약으로 계약 불이행 시 피해 보상에 대해 법적인 보호를 받기 힘들
 - 따라서 마이크로 그리드에서 개인 간 전력 직접 거래 시, 계약이나 결제 불이행 등의 문제 발생 시 대처할 법적인 보호 장치가 필요함
 - 또한 마이크로 그리드가 청정에너지의 거래를 기본으로 하고 있으나 판매자가 청정한 에너지를 제대로 판매하는지에 대한 법적인 보장도 필요함

- 최근 이더리움 기반의 스마트 계약 알고리즘의 논리적 허점을 이용한 해킹이 발생하여 투자자들에게 큰 손해를 입힘*
- * 2016년 이더리움 기반의 스마트 계약인 The DAO 과제가 코드 취약성(재귀호출 오류)으로 투자자들에게 500억 원 이상의 피해를 주었지만 법적인 보호 및 보상을 받지 못함
- (타 분야 연구/투자 저조) 마이크로 그리드 이외에 블록체인 활용을 위한 투자나 연구가 부족함
- 해외나 국내 모두 마이크로 그리드에 대한 블록체인 활용에 R&D 및 기업 투자가 집중되어 있으며 그 외 신재생 가상화폐, 전기차 충전 및 지급 등 다양한 활용에 대한 연구 및 기업 투자는 아직 저조함

4. 사회적 혁신으로서 블록체인의 활용 전망

- 위변조할 수 없고 원본의 무결성을 증명하는 블록체인은 투명하고 신뢰받는 사회 구현을 위한 기폭제 역할 수행
 - 신뢰에 대한 요구사항이 높은 분야에 블록체인을 적용하면 처리 과정을 투명하게 공유할 수 있으며 신뢰를 기반으로 한 자동화는 업무수행의 효율성 제고
 - **의료** 분야와 복지 및 투표나 행정관리 등 **정부/공공 서비스** 분야에서 ‘투명 신뢰 사회’를 실현을 위한 블록체인 확산 정책이 필요
 - 이 장에서는 디지털 기술에 의한 변화가 크다고 예상되는 의료, 선거, 기부금 등 공공 서비스 분야의 현황을 살펴보고 블록체인 기술의 전략적 활용을 위해 필요한 선제조건과 사회 혁신의 효과 제시

(1) 의료 분야

- **(기대효과)** 민감정보인 의료데이터의 수집, 저장 및 공유·활용 과정에서 신뢰성, 보안성 문제를 해결하여 의료 분야 발전의 가속화 가능
 - **(건강정보 통합관리)** 개인을 중심으로 늘어나는 민감 정보인 건강데이터를 탈중앙화된 블록체인 기술을 활용하여 통합 관리하여 지속적인 치료 및 맞춤형 진료를 위한 통합관리 기반 마련
 - 늘어나는 신규 데이터는 개인별 진료기록, 유전체 데이터, IoT 기기에서 수집되는 라이프로그 등으로 보안 관리가 더욱 중요시되는 민감 정보이며 중앙 집중식으로 관리하는 경우 막대한 비용과 관리 주체의 책임과 부담이 커짐
 - * IDC는 2020년까지 2,314 엑사바이트 규모로 2015년 기준으로 약 15배 이상의 의료데이터가 쌓일 것으로 예측²⁵⁾
 - * 개인은 분산장부에 기록된 자신의 정보를 열람할 수 있고 데이터를 공유하고자 하는 보건 업체를 선정할 수 있으며, 병원은 전자기록 관리 비용 절감 가능

25) IDC Predicts: Over 2K Exabytes of Healthcare Data by 2020, IDC, 2015.05.

- 블록체인에 저장된 데이터의 상호운용성²⁶⁾ 확보를 통해 정밀의학을 위한 빅데이터 제공이 가능하며 인지컴퓨팅/기계학습 등을 의료 데이터에 적용하여 인구통계, 유전자 표지자(generic marker) 등을 분석 가능
- 민감 정보를 다루는 의료분야의 특성에 따라 권한을 가진 기관 및 사용자가 참여하고 인증하는 개인이나 컨소시엄 블록체인으로 구성
- 미국 국가 보건 정보 기술국(ONC)은 블록체인을 통한 상호운용성을 확보하여 정밀 의학의 발전을 촉진하고자 과제를 부여하고 아이디어를 모음

국가 보건 정보 기술국 (ONC) 사례

- ONC HIT(The Office of the National Coordinator for Health Information Technology)는 건강 정보 기술의 발전과 건강정보교환 촉진을 위한 미국 보건 복지부(HHS) 산하 기관으로 블록체인을 이용해 의료 정보를 보호, 관리, 교환할 방법에 대한 아이디어 공모 (2016.07.07.)
 - 공모전에는 개인, 조직, 기업들이 70개의 백서를 제출했으며 ONC는 해당 그룹에서 15개의 수상작을 발표 (2016.08.29.)
- 15개 논문 모두 전자 건강 정보를 보호하고 교환하기 위해 블록체인을 사용하는 방법에 대해 설명
- (백서 내용 소개) 건강 데이터의 저장 및 활용을 위한 블록체인 기술 활용
 - 건강 데이터는 암호화되어 데이터 호수(Data Lake)에 저장되고 건강 레코드에 대한 포인터가 사용자의 고유 식별자와 함께 블록체인에 저장
 - 사용자는 자신의 데이터에 대한 접근 권한을 가지며 데이터를 공유하는 방법을 제어, 관리할 수 있음

[그림 12] 건강 정보의 저장 방식 설명



자료: Blockchain for Health Data and Its Potential Use in Health IT and Health Care Related Research

26) 특별한 노력 없이 이종 시스템/제품과 동작할 수 있도록 하는 능력(IEEE), 헬스케어 생태계에서는 건강 정보를 교환할 수 있고 교환된 정보를 사용할 수 있는 것을 의미

- **(의료정보의 투명한 활용)** 블록체인을 기반으로 비식별화 처리된 의료정보의 안전하고 투명한 활용을 증명할 수 있다면 활용성이 확대될 것으로 예상
 - 데이터의 수집 → 저장 → 이용·가공 → 제공·공유 과정을 블록체인으로 기록하여 데이터의 흐름을 관리
 - 건강보험공단(이하 건보)과 건강보험심사평가원(이하 심평원)은 국민 건강보험 제도를 통해 전 국민의 표준화된 의료 데이터를 보유하고 있으나 연구 목적 이외 산업계의 데이터 요구에 대응하지 못하고 있음
 - * 보건의료산업은 대표적인 규제산업으로 데이터 비식별화 처리 후에도 개인정보 활용에 대한 책임 소재 문제가 존재
 - DeepMind는 영국의 병원 및 국민보건서비스(NHS)와 연계하여 환자 정보 활용현황을 실시간으로 확인 가능하도록 블록체인 기술을 활용한 ‘입증 가능한 데이터 검사’ (Verifiable Data Audit) 적용 예정 (2017.03.)
 - * Deepmind가 환자정보에 접근 시, 데이터 사용 기록에 대한 암호화 해시 값을 생성하여 변경 불가능하도록 원장에 항목을 추가하고 이를 협력 병원에서는 실시간 감사 가능
- **(개인정보보호와 보안성 강화)** 파급효과가 심각한 의료 정보의 보안 침해 사고는 블록체인을 통한 보안성 강화로 해결 가능
 - 블록체인에 기록된 내용 수정은 권한을 가진 참여자들의 합의에 따라 변경 가능
 - 암호화로 보호되는 분산 원장은 의료기관 내부에 저장된 데이터에 대한 해커 공격의 위험을 줄일 수 있음
 - * 2016년 미국 기준, 총 450건의 의료데이터 유출사건으로 2,700만 명의 환자가 피해를 보았으며 약 43%는 내부자에 의해, 27%는 해킹에 의한 것으로 밝혀짐²⁷⁾
- **(해외활용현황)** 의료정보 제공 및 활용 과정의 신뢰도를 높이는 목적으로 블록체인 기술을 활용하고 있으며 다양하게 발생하는 데이터에 대한 공유 기반으로 활용하고자 함

27) “2016 Averaged at Least One Health Data Breach Per Day, Affecting More Than 27M Patient Records” , Protenus Breach Barometer, 2017.01.

[표 6] 의료분야 블록체인 활용 사례

활용 목적	설명	사례
데이터 활용 활성화	① 민감정보인 의료정보 활용의 투명성 및 추적성 확보	Deepmind, 에스토니아
데이터 관리 및 공유	② 개인이 주체적으로 의료데이터 관리 및 공유하는 체계 구축	MedRec, Patientory, ONC whitepaper(15), Gem Health
	③ 병원 방문 경험 공유나 의료기기 데 이터 수집 및 공유	Dentacoin, Bowhead

* 자세한 내용은 부록 사례 참조

□ **(국내 활용현황)** 의료정보에 대한 블록체인 기반 기술 도입에 대한 시도는 아직 없으며 보험금 청구 관련 적용 과제를 진행

○ 과기정통부와 한국정보화진흥원은 블록체인 기반 조성을 위한 2017년 총 14억 규모(민간 매칭 별도)로 시범사업 4개 선정 (2017.04.)

- (교보생명) 블록체인 인증 기술을 기반으로 실손 의료 보험금 청구의 원스톱 자동화*를 구현하여 기존의 번거로운 청구절차로 인해 소액 보험금 청구를 포기하는 사례를 방지하는 등 가입자 권익 제고

* 청구서 작성, 의무기록 전달 등 각종 절차를 간편 인증으로 원스톱 처리

□ **(제약사항)** 국내는 특히 의료정보 교류 기반이 미흡하고 의료 데이터의 크기에 따른 저장 방식 및 확장성에 대한 검토가 필요

○ **(데이터 활용 기반미흡)** 의료기관별 의료정보 교류가 어려운 상황이며 표준화된 청구기반 의료 데이터는 민감 정보로써 산업적 활용에 제약이 많음

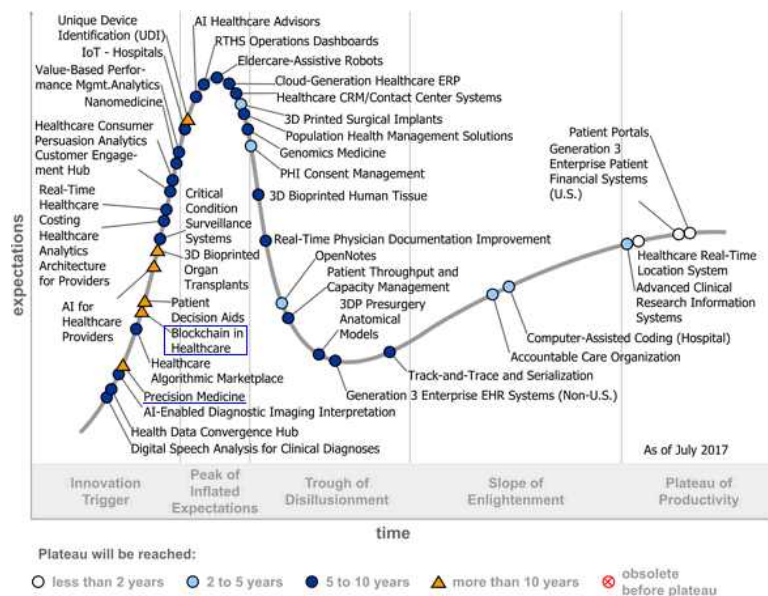
- 국내는 전자의무기록(EMR)을 포함한 의료정보시스템을 구축하였으나, 보험 청구·처방전 발행 등 기본적인 기능 외에는 국제 표준을 준수하지 못해 병원 간 진료 정보 교류는 어려움

* 국내 의료기관의 전자의무기록 도입률은 2015년 기준 평균 71.3%로 높은 편이지만 의료기관간 진료정보 공유 활용도는 4.8%에 불과(2016)²⁸⁾

28) 보건의료정보화를 위한 진료정보교류 기반 구축 및 활성화(1차년도), 한국보건산업진흥원, 2015.11.

- * 단일 병원을 넘어 다른 병원과의 정보 교류가 필수적이며 이를 위해 HL7²⁹⁾, 임상 콘텐츠 모델(CCM)³⁰⁾ 등 의료정보전송 표준에 맞춘 전자건강기록(EHR)³¹⁾ 구축 시급
- (저장형태 및 확장성 검토) 크기가 큰 의료 정보의 특성상 의사 노트와 같이 자유 형식으로 저장하면 불필요하게 큰 거래(Transaction)가 발생함
 - 블록체인에 저장하는 데이터는 인구 통계 정보, 병력 및 렌더링 된 서비스 코드와 같이 특정적이고 제한된 데이터 집합으로 구성하는 것이 효율적
 - MRI, CT, 의사노트와 같은 데이터의 저장방식과 실제 건강기록과 그에 대한 식별자 및 지시자(pointer)를 따로 구성하는 등에 대한 논의가 필요
- 의료분야에 블록체인 도입을 위해서는 적용을 위한 기술 개발뿐만 아니라 의료생태계 전반에 걸친 많은 변화가 필요하며 관련 이해관계자의 합의 과정이 먼저 필요할 것임
 - 가트너는 헬스케어 공급자 생태계에서 실제 블록체인 기술 도입이 정밀의학(Precision Medicine)과 함께 10년 이상 걸릴 것으로 전망

[그림 13] 헬스케어 공급자 Hype Cycle



자료: 가트너, 2017.07.

29) HL7(Health Level 7)은 전 세계적으로 가장 널리 쓰이는 보건의료정보의 표준으로 다양한 보건의료 정보 시스템 간 정보를 교환하기 위해 미국국립표준연구소(ANSI)가 인증한 표준

30) Clinical Contents Model은 환자의 임상정보를 기록하고 재활용 가능한 정보 단위로 구조화하는 기술 및 인프라

31) EHR(Electronic Health Record)은 여러 기관과 의사가 표준화된 정보 포맷을 이용하여 진료 정보를 관리하는 것으로 기관 대 기관으로 정보를 통합하고 전달하여 공유하는 내용이 포함

(2) 정부·공공 서비스 분야

- **(기대효과)** 블록체인 기술은 복지, 기부금 관리, 선거 및 여론조사, 조세 관리 등 정부와 공공 서비스 분야에서 투명성과 신뢰 확보 및 보안성 강화
 - **(복지)** 스마트 계약으로 실수를 미리 방지하고 업무처리 효율화 및 부정 수급 문제를 해결하고 공유하여 신뢰도와 투명성 제고
 - 복지사업 급증으로 담당 공무원 한 명이 처리해야 하는 업무가 많아지고 있으며 개인별·가구별 통합 관리로 부정성 수급 의심자가 급증하면서 지자체 담당자의 사실여부 확인 업무 가중
 - * 청년구직촉진수당 등 복지 수당 지급 및 활동 증명과 관련된 관리를 블록체인으로 한다면 복지 수당을 투명하게 사용 가능하며 이로 인한 정책 효용성 증가
 - **(기부금 관리)** 간편 결제 서비스와 블록체인 기술의 융합은 기부금 관리 단체의 운영 효율성과 투명성을 높여 기부에 대한 신뢰도를 높여 지속가능성을 높일 수 있음
 - * 중국 알리바바 그룹의 금융 회사인 Ant Financial은 알리페이와 연계된 ‘Ant Love’ 자선 플랫폼에 기부금을 투명하게 관리하기 위해 블록체인 도입³²⁾ (2016.08.)
 - * 경기도는 블록체인 기술을 활용해 기부금 운용내역의 투명성을 확보, 기부문화를 확대할 계획 (2017.03.)
 - **(선거, 여론조사)** 각종 여론조사나 정부 및 지자체의 공공 선거에 이르기까지 조작을 할 수 없고 보안성을 강화한 시스템 구축 가능
 - 기존의 전자투표 방식의 보안 위협을 최소화하면서 투명하고, 변조 방지 기능을 갖춘 신뢰기반 투표 시스템 구축
 - * 2016년 미국 50개 주 중 43개의 전자투표기(EVM)는 10년 이상 사용하였으며 실패 및 고장 발생 가능성이 높을 뿐 아니라 해킹에도 쉽게 노출됨³³⁾
 - 미국 신생기업 중심으로 블록체인을 활용한 투표 방식이 제안되고 있으며 기술의 발전에 따라 위험요소를 제거한다면 전자투표방식에도 활용 가능³⁴⁾

32) “Alibaba Affiliate Taps Blockchain for Charity Payments”, Coindesk, 2016.08.

33) “America’s Voting Machines at Risk”, New York University School of Law, 2015.09.

34) “The Future of Democracy: Blockchain Voting”, Ryan Osgood, 2016.12.

[표 7] 미국 신생기업의 투표 방식 제시

기업	투표 활용 과정 설명
Follow my vote	① 유권자는 컴퓨터, 태블릿 또는 스마트 폰에 ‘투표소’ 설치 ② 선거조직이 승인한 신분증의 법적 서류(여권)를 제출하여 신원 확인 ③ 유권자는 온라인 투표를 요청하고 투표를 블록체인에 제출 ④ 투표 종료 전에는 재투표 가능 - 아직 보안성에 대한 검증이 되지 않아, 작은 단위의 민간 선거에 활용 가능
VoteWatcher	① QR 코드(블록체인 주소, 투표 ID, 선거ID)가 포함된 종이 투표 용지에 투표 ② 투표는 스캔되어 로컬(오프라인) 블록체인에 저장 ③ 유권자는 추후 투표 영수증을 통해 투표 결과 확인 가능 ④ 투표 종료 후, 허가된 블록체인(온라인)의 노드로 연결 ⑤ 모든 이해 당사자(유권자, 정부, 제3자 기관)는 결과가 공개 시, 정확성과 유효성에 대한 표결 확인 가능

자료 : The Future of Democracy: Blockchain Voting, Ryan Osgood, 2016.12.

- (세금 및 예산 관리) 블록체인을 활용하면 지방자치단체 등의 예산 할당 내용부터 지출 내역을 실시간으로 공유할 수 있고 스마트 계약을 통해 지출 내역을 관리하면 관련 행정 부담이 감소하며 투명성이 제고

* 다보스포럼에서 73%의 응답자는 블록체인을 통해 세금을 거두는 국가가 2023년에 등장할 것으로 예측³⁵⁾

- (공공데이터 및 자산관리) 공공데이터의 보안성을 강화하고 투명한 활용을 촉진하며 부동산 거래/등기와 같은 자산관리와 전자계약은 스마트 계약을 활용하여 중개 비용과 시간이 절감됨

- (공공데이터 보호) 중앙시스템에 저장·관리되는 데이터는 기관의 보호 노력에도 불구하고 조작이나 해킹의 우려가 존재하므로 블록체인을 활용한 보안성 강화 필요

* (미국) 해커는 약 2천만 명의 개인정보, 사회보장정보, 지문, 고용 기록 및 금융 정보를 수집 (2015.06.)

* (일본) 연금기구가 사이버 공격을 당해 약 125만 건 연금정보(개인 기초연금 번호, 이름) 유출 (2015.06.)

35) “Deep Shift - Technology Tipping Points and Societal Impact”, WEF, 2015.09.

- * (에스토니아) 공공 데이터를 보호하기 위해 해시함수 보안을 이용한 KSI(Keyless Signature Infrastructure)기술을 활용, 해시값은 레코드를 식별하는 데 사용하며 파일 자체의 정보를 재구성은 불가
- (공공데이터 활용) 현재 공공데이터는 API나 파일 형태로 제공되고 이후 사용 목적이나 용도에 대한 추적이 어려우나 블록체인에서는 이력에 대한 추적이 가능하여 안전하고 투명한 활용 촉진
- (자산관리) 자동차나 부동산 거래 및 등기처리를 스마트 계약을 통해 중개자 없이 계약자끼리 수행하여 절차의 간소화
 - * 부동산 거래 과정에서 등기소, 은행, 매도인, 매수인 등 관련인에게 부동산 거래와 관련된 권한을 부여, 상호 동의한 스마트 계약의 내용을 암호화 후 분산 저장하고 계약 내용은 당사자만 보유한 개인키로 복호화하여 거래 처리
- * (스웨덴) 토지 등록 기관인 Lantmäteriet은 블록체인을 활용한 부동산 등록 시스템 도입하여 평균 3개월이 걸리는 부동산 판매 과정을 수 일 수준으로 단축 예상³⁶⁾
- IBM의 설문 조사*에 의하면 10개 정부기관 중 9개가 2018년까지 금융거래 관리, 자산관리, 계약관리 및 규제 준수에 블록체인 활용을 위해 투자 계획
 - * IBM이 Economist Intelligence Unit의 지원을 받아 16개국 200명의 정부 지도자를 대상으로 한 설문 시행

□ **(해외 활용현황)** 각국의 정부 기관은 조직운영방식에 대해 투명성을 높이고 사기를 방지하며 신뢰를 구축할 수 있도록 블록체인 기술을 활용한 전략을 구축하고 있음

- (미국) 연방 및 주 정부는 블록체인 기술이 금융을 포함한 산업과 사회서비스 등에 가져올 파급효과에 주목하고 기관 간 협력을 통해 해결하고자 노력
 - 연방 정부는 Emerging Citizen Technology* 프로그램에서 블록체인을 활용하여 정부 서비스를 구현하기 위한 미국 연방 블록체인 프로그램 시작
 - * 정부, 신생 및 중소기업, 시민단체가 협력하여 IT기술을 활용한 공공 서비스 선진화 이니셔티브 구현하는 프로그램(AI, 블록체인, VR/AR 등이 존재)
 - * Federal Blockchain Forum을 개최하여 연방정부 관리자 100명이 모여 이미 제출된 200건의 Use Case를 검토하고 제약사항 및 해결방안을 논의 (2017.07.)

36) "Using blockchain to improve data management in the public sector", McKinsey, 2017.02.

- 주 정부의 블록체인 도입 움직임도 활발하게 진행되고 있음

[표 8] 미국 주정부의 블록체인 도입 내용

주	내용
델라웨어	‘블록체인 이니셔티브(Blockchain Initiative)’추진 (2016.05.)
애리조나	‘애리조나주 전자거래법(Arizona Electronic Transactions Act)’을 개정하여 블록체인 기술 기반 서명, 계약 등 거래기록에 법률적 효력 인정 (2017.03.)
버몬트	‘버몬트주 증거법(Vermont Rules of Evidence)’를 제정하여 블록체인 기반 전자기록 인정 (1913 Blockchain enabling, 2016.05.)
일리노이	‘일리노이 블록체인 이니셔티브’발족 (2016.11.)

해외 정책 사례

- (두바이) 블록체인 기술 도입 로드맵을 만들어 정부 효율성, 산업 창출과 국제 리더십이라는 목표를 달성하기 위한 두바이 블록체인 전략 수립³⁷⁾
 - 매년 1억 개 이상의 문서를 차지하는 비자 신청, 청구서 지불 및 라이선스 갱신과 같은 필수 문서를 디지털로 전환할 예정
 - * 이로 인해 최대 114M Tons CO2 배출량을 절감하고 문서 처리 시간을 단축하여 최대 251백만 시간의 경제적 생산성 재분배 가능
- (영국) 노동연금부(Department of Work and Pensions)는 블록체인을 사용하기 위한 시험을 시작(2016), 사기 방지, 핵심 인프라 보호 및 자산 등록 등과 같은 영역에서 블록체인 활용에 대한 연구 수행
- (에스토니아) 사이버 보안 인프라와 전자 건강기록에 블록체인을 활용하여 국가적으로 블록체인 도입을 선도하고 있음³⁸⁾
 - 정부 저장소에 저장된 데이터의 무결성을 보장하고 내부자 위협으로부터 데이터를 보호하기 위해 확장 가능한 KSI(Keyless Signature Infrastructure) 블록체인 개발
- (온두라스) 중앙아메리카 최빈국 중 하나인 온두라스는 국가 토지 대장 관리를 위해 블록체인 기술 도입을 추진
 - 토지대장 관리가 미흡하여 군벌이나 토호 세력, 공무원들까지 시민들의 토지를 빼앗거나 정부 자료 해킹하는 경우가 빈번하여 보안이 강화되고 투명한 블록체인 기술 도입이 시급
- (조지아) 토지 소유권 및 부동산 거래 등록, 공증 서비스 등에 블록체인 기술을 사용하여 토지 소유에 대한 투명성을 제고하고 사기 가능성을 줄이며, 등록 과정의 시간과 비용 절감

37) “DUBAI BLOCKCHAIN STRATEGY” , Smart DUBAI, 2016.12.

38) security and safety, healthcare, e-estonia(<https://e-estonia.com/solutions/security-and-safety/>)

- **(국내 활용현황)** 디지털 공공 서비스에 블록체인을 활용하고자 하는 논의가 시작되고 있으며 지자체의 소규모로 블록체인을 도입하여 검토 진행
- **(행정자치부)** 블록체인 기술을 전자정부에 도입하는 방안을 모색하기 위한 전자정부 정책토론회 개최(2017.02.), 전자투표, 전자계약, 부동산 등기, 전자 문서 관리 등 행정 서비스에 블록체인 도입 방안에 대해 논의
 - **(경기도)** 2017년 ‘따복공동체 주민제안 공모사업’ 심사에 블록체인을 도입하여 다양한 도정 업무에 도입하여 객관성과 투명성 제고³⁹⁾
 - 사업안을 낸 주민이 직접 실시간 발표를 듣고 투표에 참여하여 공동체간의 담합, 조작투표, 소통의 부재 등 기존의 문제점을 보완
- **(제약사항)** 블록체인 기술이 산업적으로도 아직 충분히 검증되지 않았기 때문에 국가 인프라로 활용하기엔 많은 시간과 노력이 요구됨
- 국내의 경우 R&D 지원이나 전략 수립 로드맵이나 안내지침 및 지원 체계 구축을 위해 보다 적극적 대응이 필요
 - 해외는 정부 차원의 전략 및 지원을 통해 국가 기반구조로서 블록체인을 활용하고자 하는 움직임이 활발하며 공공 분야에서 중·소규모 수준의 활용 사례가 늘고 있음
 - 한국 문화는 중앙 집중성이 강하기 때문에 제도나 의식, 행동 등에서 블록체인 기술을 받아들이기에 다소 시간이 필요할 것으로 보이며 알맞은 사회적 적용 분야를 찾는 것도 관건임
 - 각 산업과 사회 기반구조로 활용하기 위해서는 공공의 선제적 도입을 통한 기술의 성숙도 제고 및 검증 체계를 확보 및 인식제고가 필요함

39) “블록체인 국내 첫 도입, 직접민주주의 구현 나서는 경기도 ‘따복공동체’”, 뉴스조선, 2017.02.

5. 시사점 및 정책 방향

- 글로벌 기업 및 정부는 블록체인 기술을 활용하여 분야별로 각국의 실정에 맞는 성공 사례를 찾고 있음
 - 블록체인 기술은 오랜 연구개발 끝에 상용화가 되는 기술과는 다르게 적용을 통한 실패와 교훈을 반복하며 현재도 빠른 속도로 발전하고 있음
 - **(산업분야 적용)** 현재 블록체인 적용은 시스템의 효율성을 높여야 하는 요구 사항이 크거나 새로운 비즈니스를 창출이 필요한 분야에 해당
 - 기업들은 비용과 시간을 절감하기 위해 오픈소스 과제(하이퍼래저, 이더리움)를 활용하여 다양한 사례를 발굴하고 적용하고 있음
 - **(사회분야 적용)** 데이터 관리에 보안성이 강화되어야 하거나 투명성과 신뢰성이 요구되는 영역에 적용이 필요
 - 기반 인프라로 활용하기 위해서는 보다 많은 검증을 해야 하며 관련 이해관계자의 의지가 매우 결정적 요소로 작용
- 블록체인 기술이 가져올 혁신적 기대효과에도 불구하고 국내는 금융분야 이외에 타 산업이나 정부·공공 서비스로의 확산 시도는 저조
 - **(기술적 제약)** 블록체인 기술에 대한 잠재적인 위험 요소나 검증 미흡으로 인한 우려로 각 분야의 블록체인 도입 및 활용에 제약이 존재
 - 블록체인의 논의가 활발한 금융 분야도 블록체인의 기술적 한계와 문제점*에 따른 블록체인 도입에 대한 거부감과 불신 존재
 - * 처리 속도, 확장성, 기존 시스템의 대체 비용, 기술의 미성숙성, 잘못 인식된 보안성, 안전성 보장 등
 - 실제 산업 전반에 활용하기 위해서는 기술적 한계와 문제점을 극복하여 기술의 안정성을 확보해야 하는 현안이 남아 있음
 - **(법제도적 근거부족)** 현행 법제도 상 블록체인 기술의 법적 문제 발생 가능성과 사고 발생 시 책임 소재가 불명확한 현안이 존재

- 분산 장부인 블록체인의 도입 및 활용은 다양한 법적 문제의 발생 가능성*을 내재하고 있으며 원인 규명이 어려운 문제의 경우, 책임소재가 불분명
- * 개인정보보호법 등 현행법은 중앙 집중 관리체계에 초점을 두고 있어 탈중앙화에 본질을 둔 블록체인 기술과 상충하며 법률에서 데이터 보유 기간이 규정된 경우, 거래 기록의 삭제가 사실상 불가능한 블록체인의 특성과 충돌됨

[표 9] 정보 삭제 관련 현행법

법률	조항	내용
개인정보 보호법	제21조(개인정보의 파기)	개인정보 처리자는 보유기간의 경과, 개인정보의 처리 목적 달성 등 그 개인정보가 불필요하게 되었을 때에는 지체 없이 그 개인정보를 파기하여야 한다.
신용정보의 이용 및 보호에 관한 법률	제18조(신용정보의 정확성 및 최신성의 유지)	신용정보회사 등은 신용정보주체에게 불이익을 줄 수 있는 신용정보를 그 불이익을 초래하게 된 사유가 해소된 날부터 최장 5년 이내에 등록·관리 대상에서 삭제하여야 한다.

- (국내 활용 사례 부족) 해외의 경우 비금융분야와 사회분야에서 도입을 위한 시도가 다양하게 이루어지지만, 국내는 사례 발굴 측면에서 상대적으로 미흡
 - 각국 정부 및 기업은 블록체인의 파급력을 인식하고 기술 개발 및 분야별 시범과제 진행하여 우수 사례 발굴을 위한 노력이 활발함
 - 국내는 블록체인 관련 포럼이나 학회 설립을 통해 블록체인의 발전을 주도하고자 하나 금융 외 분야에서 블록체인을 활용한 사례 발굴은 미흡한 편
 - * 과기정통부는 대학 및 기업의 블록체인 기술개발에 30억 원을 투자하고 블록체인 분야 대학IT연구센터(ITRC) 신규 지원 등 인력 양성 (2017.01.)
 - * 한국블록체인포럼(2015.12.), 한국블록체인학회(2016.11.), 블록체인 표준화 포럼 (2017.03.), 블록체인 오픈포럼(2017.03.), 한국블록체인산업진흥협회 (2017.08.) 등
 - * 금융 분야의 블록체인 컨소시엄은 금융위원회와 금융감독원 주도로 블록체인 협의회(2016.11.), 금융권 공동 블록체인 컨소시엄(2016.11.)이 구성
 - 세상을 바꿀 파괴적 혁신 기술인 블록체인을 선도하여 글로벌 경쟁력 제고를 위한 정책 마련과 산업별 기업과 공공/정부의 적극적인 협업이 필요
- (정부 정책 방향) 블록체인 활용 촉진을 위한 국가 차원의 전략을 마련하고 블록체인의 확산을 위한 기반 조성이 시급

[표 10] 블록체인 활성화를 위한 정책 방향 제시

정책 방향	세부 사항
국가 차원 전략 마련	블록체인 육성 로드맵 수립
	R&D 도전과제 공모
	공공분야의 선제적 도입
블록체인 확산을 위한 기반 조성	분야별 컨소시엄 구축 지원
	블록체인 전문기술센터 설립 및 운영
	신생기업 지원 체계 마련
	관련 법·제도 정비

① 블록체인 육성 로드맵, 공공분야에 선제적 도입 등 국가 차원의 전략 마련

○ (블록체인 육성 로드맵 수립) 국가 차원의 블록체인 육성 로드맵을 통한 중장기적 계획 수립 필요

- (종합적 혁신 전략 수립) IoT, 물류·유통, 에너지 등 산업 분야와 의료 및 공공/행정 서비스 등 사회 분야를 포함하는 혁신 전략 필요

- (표준화 및 지침 제공) 범부처 차원의 기술 개발 및 상호운용성 표준화 계획 수립을 통해 관련 기관과 기업에 명확한 지침 제공

* 두바이는 국가 차원의 두바이 블록체인 전략(Dubai Blockchain Strategy)를 통해 기술 도입 로드맵을 수립하고 개방형 플랫폼을 구축(2016.12.)

* 호주는 블록체인을 미래 기반 기술로 선정하고 국제적인 블록체인 표준을 개발하기 위한 로드맵 발표(2017.03.)

- (오픈소스 활용 촉진) 국가 R&D 과제에서 산업별 오픈소스 컨소시엄(하이퍼레저 등)을 활용하고 오픈소스에 적극적으로 참여하여 최첨단 수준 유지

○ (R&D 도전과제 공모) 블록체인 기술로 산업별 활용 확산을 위한 방법과 아이디어, 기술적 제약 극복 방법을 챌린지 방식으로 공모

- (챌린지 운영) R&D 지원방식 중 하나로 기술적 제약과 신규 비즈니스 모델 도출 등 목적 지향형 과제를 챌린지 방식으로 공모 진행

* 신재생에너지 활성화, 서비스 수익 모델 개발 등 목적지향형 과제를 제시하고 이를 블록체인 기술을 활용하여 해결하는 R&D 과제를 공모

- 미국의 ONC는 블록체인 챌린지를 통해 건강 정보 관련 연구에 블록체인 기술을 활용 가능성에 대한 아이디어를 공모
 - * 가장 진보적인 건강IT 적용 및 건강정보 전자교환을 구현하기 위한 주 연방 기관인 ONC(The Office of the National Coordinator)는 2016년 9월부터 블록체인 기술을 활용하는 도전과제를 2차례 공모 (부록 참고)
- **(공공분야의 선제적 도입)** 블록체인 기술이 가져올 신뢰성 제고라는 사회적 패러다임 변화를 위해 공공 부문을 중심으로 다양한 활용 시도가 필요
 - * 두바이, 에스토니아, 영국, 스웨덴 등은 공공부문에 대한 블록체인 기술의 개발, 적용 및 활성화에 앞장서고 있음
 - (공공 관리 분야) 이력에 대한 추적이 필요한 분야에 투명성과 신뢰성을 제공하는 블록체인을 선제적으로 도입하여 시범 운영을 통해 기술력 제고
 - * 농축산물의 이력관리시스템에 일부 적용(육우나 달걀 등)하거나 학생부, 이민자 관리 등에 시범적으로 적용하여 데이터의 상호 감시체계를 구축하고 보안성 강화
 - (민간 참여 촉진) 블록체인을 이용한 공공 서비스 개선사업에 민간의 참여를 촉진하여 관련 역량을 내재화할 수 있도록 간접적으로 지원
 - * 공공 클라우드 도입 사례에서 추진된 민간사업자 참여를 위한 다양한 정책 방안을 벤치마킹, 공공부문의 블록체인 도입을 효율적으로 추진하고 민간부문으로 확산시키기 위한 정책을 마련
 - (모범사례 구축) 공공 부문의 블록체인 도입을 통해 블록체인 활용 모범사례를 구축하고, 이를 바탕으로 민간 부문으로 블록체인 활용 확산
 - * 블록체인 기술의 효과가 극대화될 수 있는 분야를 선정하여 적용하는 것이 중요하며 챌린지 방식의 공모나 전문가를 대상으로 수요 조사 방법을 채택 필요
 - (모범사례의 경제성 분석) 모범 사례를 대상으로 객관적 검증을 위한 경제성 분석을 수행하여 홍보 효과 극대화
 - * 블록체인 활용 효과가 객관적 수치로 분석되어 제시된다면 관련 이해당사자들의 의사결정에 영향을 줄 수 있음
 - (모범 사례의 적용 확산) 파일럿 과제의 실제 적용을 위한 확장성 검토와 기존 시스템과의 연계를 고려 필요

② 블록체인 활용 활성화를 위한 기반 조성

- **(분야별 컨소시엄 구축 지원)** 블록체인 활용 논의가 활발한 금융 분야와 같이 에너지, 의료, 사물인터넷(IoT), 자동차, 유통 등 산업별 블록체인 활성화를 지원하기 위한 민간 컨소시엄 구축 지원
 - 민간에 블록체인 인식을 높이기 위해 분야별 성공사례를 발굴하여 공유하고 블록체인 도입 및 활용 관련 정보를 제공하는 블록체인 활용 안내지침* 제시
 - * 공공부문 모범사례를 공유하고, 블록체인 도입 및 활용 관련 정보를 제공하는 안내지침을 수립하고 이용 촉진을 위한 인식제고 교육 및 캠페인 등을 병행
- **(블록체인 전문기술센터 설립·운영)** 블록체인 기술에 관련한 전 세계의 움직임을 수집하고 스마트계약, 규제 및 상호운용성, 표준 등 전문 지식 발굴
 - 유럽 위원회(European Commission)는 블록체인 관련 계획을 모니터링/분석하고 소통하기 위한 ‘관측소(Observatory)’와 ‘포럼(Forum)’ 운영 예정⁴⁰⁾
 - * 2017년 9월까지 제안서를 검토하여 향후 28개월간 50만 유로 규모로 블록체인 개발 및 동향에 대한 지속적인 모니터링 및 분석, EU차원의 역할 및 활동에 대한 전문지식 개발, 이해관계자 및 전문가와의 소통을 위한 장 마련
 - 국내는 산학연관 전문가 협의체인 ‘블록체인 오픈포럼’을 구성(2017.03.31.)하고 컨퍼런스 및 토론회 개최
- **(신생기업 지원 체계 마련)** 금융을 포함한 다양한 분야에서 글로벌 시장 진출을 목표로 하는 신생기업을 발굴하고 후속 차원의 지원 체계 구축
 - 두바이는 블록체인 전략 중 하나인 산업 창출을 목표로 혁신적인 블록체인 신생기업을 발굴을 위한 ‘SDO(Smart Dubai Office) 블록체인 챌린지’ 개최(2017.05.)⁴¹⁾
 - ‘두바이 블록체인 전략(Dubai Blockchain Strategy)’에 기여할 기회를 얻고 파일럿 제품을 선보일 수 있는 후속 차원의 지원 제공
 - * 세계 15개국에서 참여한 21개 신생기업이 참여, 1위는 태양열 거래소인 썬익스체인지(The Sun Exchange), 2위 학위 정보 등을 디지털로 발급하는 에듀체인

40) “Pre-Information Notice for the EU Blockchain Observatory / Forum”, 2017.04.

41) “SDO Blockchain Challenge”, <https://www.1776.vc/sdo-blockchain-challenge/>

(Educhain), 3위는 다이아몬드 진품 확인서비스인 에버레저(Everledger)가 선정됨

○ **(관련 법제도 정비)** 블록체인 내 거래에 대한 법적 보호 장치 마련 및 블록체인 산업 활성화를 위한 관련 법제도 개선 필요

- 개인 간 직접 거래 시 계약이나 결제 불이행 등 문제 발생 시 법적인 보호 조치를 마련하고 발생 가능한 문제에 대한 기존 법제도 검토 및 개정 필요
 - * 중앙 집중 관리체계 중심의 개인정보보호법, 전자금융거래법, 전자문서 및 전자거래 기본법, 거래 기록 삭제가 필요한 신용정보법 등 기존 법제도의 개선
- 블록체인 활용 및 활성화를 위한 법률을 추가할 필요성이 대두됨
 - * 블록체인에 저장된 데이터나 스마트계약과 암호화폐에 법적 효력을 부여하고 디지털신원확인을 위한 법률 등

□ **(기업의 점진적 적용과 확대)** 기업은 정부의 선도적 블록체인 도입 활성화 방향을 적극적으로 활용하고 정부/기관/글로벌 SW기업과의 협력 및 단계별 점진적 적용을 통해 경쟁력 제고

- **(업계 간 협력 관계)** 기업 간 공동 대응 전략을 통해 블록체인 개발 관련 정보를 공유하고 비용을 분담하여 주도적 위치 선점
 - IBM, SAP, Intel 등 글로벌 SW기업은 블록체인 기술 개발 및 확산을 위해 분야별 다양한 기업과 전략적 협업 체제 구축
- **(단계별 점진적 적용)** 블록체인의 안정적 도입에서 확산까지 그 효과를 극대화하기 위해 단계별 적용 계획 수립이 필요
 - (1단계) 비즈니스 요구사항 분석과 산업별 서비스 모델 도출
 - (2단계) 산업별 서비스 모델의 타당성 검증: 단기간 6개월 이내 구현 가능한 범위에서 블록체인 활용 범위 도출
 - (3단계) 기존 Legacy 시스템이 존재할 경우, 두 시스템 간 원활한 연계를 위한 방안이 필요하며 서비스 확산에 따라 네트워크 참여자가 늘어나는 경우를 대비한 확장 가능성 고려 필요

[부록] 분야별 블록체인 기술의 해외 활용사례

□ 물류·유통 분야의 해외 활용사례

① (하이퍼레저) 투명한 공급망 추적과 관리를 위해 하이퍼레저 기반으로 과제 수행

○ (아랍에미리트) 두바이 정부주도로 중동 교역에서 수출입 물품의 추적 효율성을 향상하기 위해 협업 추진⁴²⁾

- 두바이 세관, 두바이 무역(Trade) 등 두바이 정부는 IBM과 IT 업체 DUTECH와 협력하여 하이퍼레저 패브릭과 IBM 클라우드를 활용하여 수출입 프로세스를 위한 무역 금융 및 물류 솔루션 개발 (2017.02.)
- 주요 이해 관계자가 제품/배송 상태에 대한 실시간 정보를 수신할 수 있도록 출하 데이터를 전송, 종이 기반 계약을 스마트계약으로 변경

○ (Everledger) 보석이나 고급 와인의 출처에 관련한 기록을 하이퍼레저 기반 블록체인으로 관리하여 제품의 출처를 인증하고 추적하여 사기문제를 해결

- 종이 인증서의 위조 문제나 출처에 대한 사기를 해결하고 전쟁지역에서 채굴된 다이아몬드와 같이 갈등문제를 유발할 수 있는 보석을 모니터링 가능
- 다이아몬드의 거래 내역을 관계자(판매자, 은행, 보험사 등)와 분산 저장하고 개별 다이아몬드의 메타데이터(레이저 기록 및 색, 크기 등)를 유일한 식별자로 만들어 거래 내용과 함께 저장하여 감정서의 위조를 방지
- 보험사기를 위한 장부 조작이나 허위보고서, 증명서 작성을 원천적으로 봉쇄 가능

* 사기 방지를 위해 블록체인으로 인증서를 관리하면 보험 회사는 매년 50억 달러 절약가능⁴³⁾, Barclays와 협력하여 120만 개가 넘는 다이아몬드가 디지털화됨

○ (인텔) 해산물을 추적하기 위해 하이퍼레저 쏘투스 레이크(Sawtooth Lake) 기술을 적용한 데모 공개⁴⁴⁾

42) "IBM Launches Blockchain Initiative with Dubai Government Agencies and Enterprises on IBM Cloud", IBM News room, 2017.02.

43) "A Close Look at Everledger", ALTOROS, 2017.03.

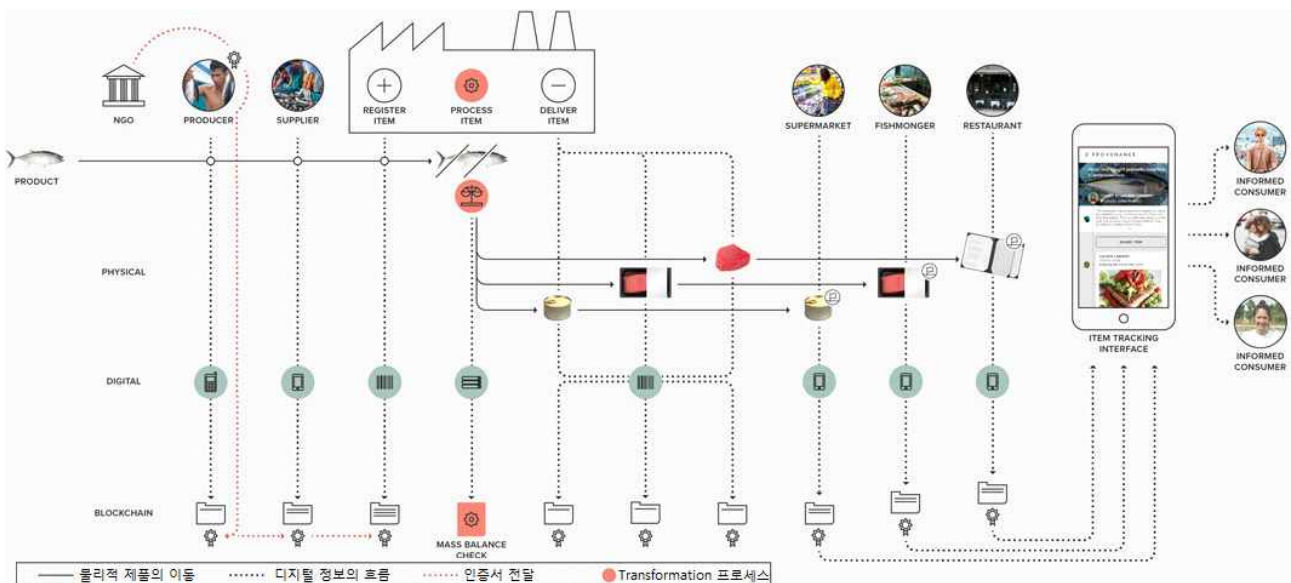
44) "Intel Demos Seafood Tracking on Sawtooth Lake Blockchain", Coindesk, 2017.04.

- * 해산물은 IoT 센서를 통해 물리적으로 태그 → 센서는 블록체인에 시간과 위치 관련 데이터를 지속적으로 전송 → Sawtooth는 유통 경로를 통해 변경 내용을 추적·기록 → 구매자는 물고기의 출처에 대한 포괄적 기록에 접근 가능

② (이더리움) 이더리움 기반으로 제품의 이동경로 추적을 위한 실시간 데이터 수집 및 추적 시험

- (Provenance) 제품의 원산지부터 소비자까지 공급망을 추적하기 위해 이더리움 기반의 블록체인을 활용하고 있음
- 인도네시아에서 잡은 2가지 종류의 참치를 공장, 소비자에 이르기까지 블록체인을 활용하여 추적하여 공급망의 투명성 제고(2016.05.)⁴⁵⁾

[그림 14] 제품의 공급망 전달 과정



자료: Provenance 홈페이지

- (BHP Billiton) 세계 최대의 광산 회사로 암석 및 유체(fluid) 샘플의 이동 경로를 기록하고 출하 중에 생성되는 실시간 데이터를 수집하고 관리하기 위해 이더리움 활용

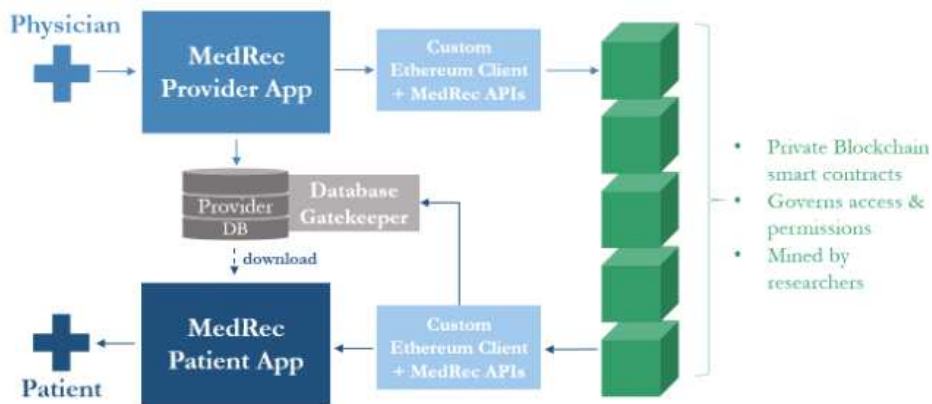
45) “This Emerging Tech Company Has Put Asia’s Tuna On The Blockchain” , Forbes, 2016.09.

□ 의료 분야의 해외 활용사례

- ① (데이터 활용 활성화) 블록체인 기술을 통해 의료정보의 사용 현황에 대한 추적과 감시를 강화하여 투명한 활용을 촉진
 - (에스토니아) E-Health Foundation은 데이터 중심의 보안 회사인 Guardtime과 독점적인 KSI(Keyless Signature Infrastructure)를 사용하여 100만 에스토니아 시민의 건강 기록을 확보하고 의료정보 유통⁴⁶⁾ (2016.04.)
 - 핀란드와 사회보험 및 디지털 처방기록에 대한 자동 정보교환(automatic cross-border data exchange)을 위한 공동선언(joint declaration)
 - (한계) 공공 및 민간 기관 간의 건강 데이터 교환을 위한 데이터 소유 및 관리 구조와 관련된 복잡성을 고려할 때 에스토니아의 블록체인 보안 건강 기록 모델을 전 세계적으로 복제하는 것은 어려울 수 있음
 - 민감정보인 의료정보 활용에 대한 대안으로 블록체인 기술을 사용하여 의료정보가 사용 현황에 대한 강력한 추적 및 감시로 신뢰 구축
- ② (데이터 관리 및 공유) 개인을 중심으로 의료기록, 유전체, 라이프로그 등을 통합하고 주체적인 데이터 관리를 할 수 있는 체계 구축
 - (MedRec) MIT Media Lab은 의료정보에 대한 인증, 기밀성, 책임 및 데이터 공유를 관리하기 위해 블록체인을 사용하여 분산 기록 관리 시스템 개발
 - 이더리움 기반으로 의료기록 접근을 관리 및 공유하는 수단을 제공하고 연구자는 채굴(Mining)의 결과로 비식별화된 환자의 의료정보에 접근 가능
 - * 암호로 서명된 자료 요청 질의문을 수신하여 문지기(GateKeeper)를 통해 신원을 확인하고 블록체인 내 환자-제공자 계약을 확인하여 해당 ID에 데이터 접근 권한을 확인하여 요청에 대한 지역(local) DB와의 동기화 허용

46) “Blockchain Startup to Secure 1 Million e-Health Records in Estonia” , Coindesk, 2016.03.

[그림 15] MedRec의 시스템 구조



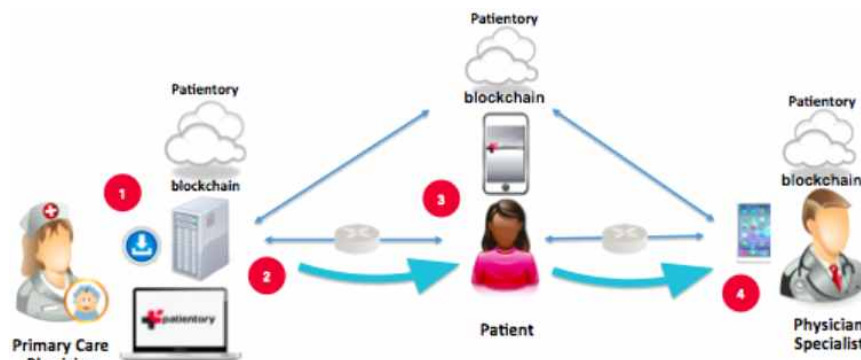
자료 : MedRec, Medical Data Management on the Blockchain, 2016.09.

○ (Patientory) 이더리움 스마트 계약 기반 헬스케어 블록체인 솔루션

- 환자 의료정보의 안전한 보관과 빠르고 간편한 제공을 목표로 Patientory 솔루션 저장소를 임대하여 사용 가능

* 2017.05.31 ICO(Initial Coin Offering) 시작, 2017.06.03. 종료 (시가총액 730만 달러, 약 82억 원)

[그림 16] Patientory 솔루션 계획



자료 : Patientory⁴⁷⁾

○ (Gem Health) 개인이 헬스케어 데이터 제공 및 저장 권한을 직접 관리하여 요청자(의사 등)에게 부여하는 스마트 계약 기반 EMR(Electronic Medical Record) 데이터 블록체인 솔루션 개발

- 휴대용 앱(App) 기반의 편리한 환자 의료정보 제공을 목표로 자체 개발한 GemOS을 통해 간편한 신원 인증이 가능 (2016.04. 공개)

47) Patientory: A Healthcare Peer-to-Peer EMRStorage Network v1.1, 2017.05.

- 미국 내 단일 시스템 구축을 통한 병원 간 환자 데이터 접근성 확대 추진, 개인 블록체인 형태로 개발 중이며, 필립스가 협력회사로 참여

③ (데이터 공유 및 활용) 병원 방문 경험 공유나 의료기기 데이터 수집 및 공유

- (Dentacoin) 환자의 치과 치료 경험을 공유하여 치과 치료 품질을 향상하는 것을 목표로 한 이더리움 기반 치과 치료 리뷰 블록체인

- 리뷰어는 token을 받고 협력 치과의사/클리닉의 치료서비스에 사용 가능, 향후 글로벌 신뢰리뷰(Global Trusted Reviews) 플랫폼으로 성장 추진

- * 2014년부터 개발 시작, 2017.07.01. ICO(presale) 시작 및 진행 중이며 치과보험 모델, 건강관리 데이터베이스, 애프터케어, 교육서비스 등 연계 가능

- (Bowhead) 세계 최초 블록체인 기반 의료기기 솔루션으로 검사용 기기 (catridge)와 약물 등 분사장치(dispensing device)를 하이퍼레저 기반으로 개발

- 환자가 혈당 시험지 등을 검사 기기에 삽입하면, 검사 결과가 블록체인에 기록되고 담당 의료인에게 전송, 환자는 token을 받음

- * 2017.7.17.~8.31. 내 ICO(Initial Coin Offering) 진행예정

미국 ONC 블록체인 챌린지 사례

- 2016년 9월, 건강 관련 연구에서의 블록체인 사용 가능성에 관련된 백서를 모집하는 “Blockchain Challenge” 진행
 - 제출된 총 70개의 백서 중 15개의 수상작을 발표하였으며 연구기관 6건, 기업 3건(컨설팅기업 포함), 개인 6건
- 2017년 3월, 오픈소스 분산원장 기술과 건강관련 표준을 활용하여 3가지 트랙*중 하나를 해결하는 “Blockchain in Healthcare Code-A-Thon” 을 진행



- 3가지 트랙은 환자 데이터의 교환을 위한 “ID 관리 및 API”, 접근 관리, 감사 및 출처 정보 제공을 위한 “메타데이터 Tagging과 정책 표현”, 환자데이터의 안전한 연결 및 공유를 위한 “데이터 집계와 링크”
- 참가자는 Github을 통해 모든 소스 코드를 공개해야하며 총 상금은 \$15,000으로 1등 \$5,000, 2등 각 \$2000, 3등 각 1000\$, 장려상(Honorable Mention) 각 \$500 지급

출처 : ONC Tech Lab Innovation

[참고문헌]

1. 국내문헌

금융위원회, 블록체인기술 금융분야 도입방안을 위한 연구, 2016
 박현제(IITP), 블록체인 TechBiz 컨퍼런 ‘17 블록체인R&D 추진현황, 2017
 임명환, 블록체인 기술의 활용과 전망, 2016
 한국보건산업진흥원, 보건의료정보화를 위한 진료정보교류 기반 구축 및 활성화(1차년도), 2015
 한국은행, 분산원장 기술의 현황 및 주요이슈, 2016
 한국정보화진흥원, 블록체인과 공공데이터, 2017
 KEMRI, KEMRI 전력경제 REVIEW 제7호, 블록체인의 개념과 활용사례 분석, 2017
 KMI, KMI 동향분석 제26호, 2017
 LG CNS, 전력 자급자족(自給自足), 마이크로 그리드, 2015
 S&T GPS, 미래를 바꿀 기술, 블록체인, 2017

2. 국외문헌

Laure A. Linn, Blockchain for Health Data and Its Potential Use in Health IT and Health Care Related Research, 2016
 MedRec, Medical Data Management on the Blockchain, 2016
 Power Ledger Whitepaper, 2017
 Protenus Breach Barometer, 2016 Averaged at Least One Health Data Breach Per Day, Affecting More Than 27M Patient Records, 2017
 Ryan Osgood, The Future of Democracy: Blockchain Voting, 2016
 Satoshi Nakamoto, Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2008
 UK Government office for science, Distributed Ledger Technology:beyond block chain, 2016
 WEF, All you need to know about blockchain, explained simply, 2016

3. 기타

조선닷컴, ‘블록체인 국내 첫 도입, 직접민주주의 구현 나서는 경기도 따복공동체’, 2017
 법률신문, 미국정부, 블록체인 기술의 파급효과에 주목, 2017
 ALTOROS, ‘A Close Look at Everledger’, 2017
 CB Insight, ‘Blockchain Startup Investment Bounces Back’, 2017

- Coindesk, ‘Blockchain Startup to Secure 1 Million e-Health Records in Estonia’ , 2016
- Coindesk, ‘Intel Demos Seafood Tracking on Sawtooth Lake Blockchain’ , 2017
- Coindesk, ‘World’s Largest Mining Company to Use Blockchain for Supply Chain’ , 2016
- e-estonia(<https://e-estonia.com/solutions/security-and-safety/>)
- IDC, ‘IDC Predicts: Over 2K Exabytes of Healthcare Data by 2020’ , 2015
- Gartner, Hype Cycle for Emerging Technologies 2017, 2017
- Mckinsey, ‘Using blockchain to improve data management in the public sector’ , 2017
- Forbes, ‘This Emerging Tech Company Has Put Asia’s Tuna On The Blockchain’ , 2016
- Fortune, ‘Blockchain’ s Chasm of Death—and Who Will Make It Out’ , 2016
- IBM News room, “IBM Launches Blockchain Initiative with Dubai Government Agencies and Enterprises on IBM Cloud” , 2017
- International Business News, ‘Maersk and IBM want 10 million shipping containers on the global supply blockchain by year-end’ , 2017
- ONC Tech Lab Innovation(<https://oncprojecttracking.healthit.gov>)
- Provenance(<https://www.provenance.org/>)
- Pre-Information Notice for the EU Blockchain Observatory/Observatory / Forum, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/pre-information-notice-eu-blockchain-observatory-forum>
- PRNewswire, ‘Global Logistics Market to Reach US\$15.5 Trillion by 2023...’ , 2016
- SDO Blockchain Challenge(<https://www.1776.vc/sdo-blockchain-challenge/>)
- Smart DUBAI, ‘DUBAI BLOCKCHAIN STRATEGY’ , 2016

주 의

1. 이 보고서는 소프트웨어정책연구소에서 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 소프트웨어정책연구소에서 수행한 연구결과임을 밝혀야 합니다.