

부동산 거래에의 스마트계약 도입과 관련된 법적 문제들

- 코드와 자연어 사이의 괴리, 블록체인과 현실세계 사이의 간극 -

대전지방법원 · 대전가정법원 서산지원 판사 高 唯 剛

■ 논문요약 ■

스마트계약은 최근 주목받고 있는 블록체인의 응용영역 중 하나로, 우리나라 정부도 부동산 거래에 블록체인 기술을 도입하는 방안을 추진하고 있다. 본 글은 거래 당 규모가 크고 사람들의 실생활에 큰 영향을 미치는 부동산 거래에 스마트계약을 도입할 때에 생겨날 수 있는 몇 가지 법적 쟁점에 관한 분석을 하고자 한다.

스마트계약은 블록체인에 등록되는 순간 내용을 수정하기가 까다롭고, 실행이 시작되고 나서는 도중에 중단시키기도 어렵다. 이러한 특성들은 계약의 위·변조를 어렵게 하고 이행을 보장하는 장점이면서 동시에 스마트계약 도입에 장애물로 작용하기도 한다. 스마트계약은 경직된 프로그래밍 언어로 작성되므로 작성 당시부터 장애 발생할 수 있는 상황들을 예측하여 프로그램 내에 입력해두어야 하는데 이는 과도한 시간과 비용을 요구할 뿐만 아니라 현실적으로도 불가능에 가깝다. 스마트계약의 경직성은 계약과 실정법규에서 사용되는 추상적이고 불명확한 개념들을 온전히 수용하지 못하는 한계를 드러낸다. 이를 극복하기 위하여 스마트계약을 사후에 수정하거나 실행을 중단시킬 수 있는 코드를 미리 삽입하거나, 블록체인 외부의 정보를 호출할 수 있는 오라클 기능을 도입하는 방안들이 있지만, 자칫 스마트계약의 강점이 사라질 수 있고 기술적으로도 한계와 부작용이 존재한다.

나아가 부동산과 같이 현실세계에 존재하는 실물자산의 경우 스마트계약의 자동실행기능으로 권리변동을 어떻게 해결할 수 있을지의 문제도 해결해야 한다. 단순히 블록체인에 실물자산의 권리변동을 기록하는 것만으로는 현실세계에 어떠한 영향을 끼칠 수 없고 민법상 형식주의를 준수해야 하는 문제가 생기기 때문이다. 현실세계와 블록체인 사이의 간극을 좁히는 방안 중 하나로, 부동산등기부를 블록체인으로 이전하고 스마트계약이 구동하는 블록체인과 연동시키는 방안을 생각할 수 있다.

적어도 현재 단계에서 스마트계약은 생각만큼 ‘스마트’하지는 않다. 그러나 자연어 처리기술이 더 발전하면 컴퓨터가 모호한 자연어 개념을 이해하고 처리할 수 있는 폭이 지금과는 차원이 다르게 넓어질 것이고, 오라클 기능의 발달로 스마트계약이 블록체인 바깥의 세계를 탐지하고 인식하는 능력도 비약적으로 향상될 것으로 전망된다.

[주제어] 스마트계약, 블록체인, 실물자산의 토큰화, 블록체인 등기제도, 스마트계약 오라클
Blockchain Contracts, Land Registry on Blockchains, Smart Contracts, Smart Contract Oracles, Off-chain Assets

■ 목 차 ■

- | | |
|---|-----------------------------------|
| I. 들어가며 | |
| II. 블록체인과 스마트계약 | |
| 1. 블록체인 기술 개관 | 1. 계약의 문제와 물권변동 문제의 구별 |
| 2. 스마트계약의 개념 - 스마트계약은 '계약'인가? | 2. 스마트계약으로 부동산을 거래하는 계약을 체결하는 문제 |
| 3. 퍼블릭 블록체인에서 구동되는 스마트계약의 특성 | 3. 스마트계약으로 부동산의 물권변동을 구현하는 문제 |
| III. 스마트계약으로 부동산 거래를 구현하는 방법과 관련된 법적 문제 | 4. 보론: 스마트계약으로 부동산의 현실인도를 구현하는 문제 |
| | IV. 맺으며 |

* 논문접수: 2020. 7. 30.

* 심사개시: 2020. 8. 5.

* 게재확정: 2020. 8. 26.

I. 들어가며

2017년경 비트코인(Bitcoin)을 필두로 한 암호화폐(cryptocurrency)의 급격한 가치 상승은 세계 금융시장에 엄청난 열풍을 불러일으켰고, 덩달아 블록체인(blockchain) 기술도 많은 주목을 받았다. 투자자산으로서 암호화폐의 인기는 오래가지 않아 진정되었으나, 금융, 의료, 물류 등 다양한 산업분야에서 블록체인 기술을 응용하기 위한 시도는 활발히 이루어지고 있다. 법률 분야와 관련하여 블록체인 기술의 적용이 논의되고 있는 기술 중 하나가 스마트계약(smart contracts)이다.

스마트계약의 개념은 이미 1990년대에 등장하였으나, 별다른 관심을 끌지 못하다가 블록체인 기술의 등장과 함께 다시금 주목을 받고 있다. 특히 스마트계약을 핵심 기능으로 내세운 이더리움(Ethereum)이 급부상하면서, 스마트계약을 어떻게 활용할지에 관하여 학계와 산업계에서 연구·개발이 활발히 이루어지고 있다. 우리나라 정부는 2024년까지 블록체인을 기반으로 한 부동산 거래 플랫폼을 구축할 것을 추진하고 있고, 부동산공부뿐만 아니라 스마트계약까지도 가능한 체계를 목표로 삼고 있다고 파악된다.¹⁾ 정부는 별도로 스마트계약의 보안성 강화를 위한 기술개발도 추진 중이다.²⁾

본 글은 스마트계약을 부동산 거래에 도입할 때 고려해야 하는 몇 가지 쟁점을 짚고자 한다. ‘스마트계약’이라는 용어가 빈번하게 사용되고 있지만, 사실 스마트계약은 생각만큼 ‘스마트’하지는 않다. 스마트계약은 블록체인에 기록되면 계약의 수정이 어려울 뿐만 아니라, 작성에 사용되는 프로그래밍 언어가 모호하거나 불명확한 개념을 이해하고 처리하는 데에 한계를 보이기 때문이다. 스마트계약이 애초에 ‘계약’이 맞는지에 대하여도 여전히 논란이 있다.

현재 논의되는 스마트계약의 다수가 블록체인에서 구동되는 것을 전제하는 만큼, 스마트계약의 특성을 이해하기 위해서는 블록체인 기술에 대한 기본적인 이해가 필요하다. 본 글은 먼저 블록체인 기술을 개관한 다음, 스마트계약의 개념과 특성을 살펴본다. 그 다음 스마트계약의 중요한 특징인 불변성과 자동실행성이 프로그래밍 언어의 경직성과 결합되었을 때 계약언어의 불명확성을 수용하는 데에 어떤 한계가 있는지를 다룬다. 나아가 부동산 거래와 같이 현실세계의 실물재화를 스마트계약을 이용하여 거래하는 경우, 민법상 형식주의를 어떻게 준수할 수 있을지를 검토한다.

II. 블록체인과 스마트계약

1. 블록체인 기술 개관

가. 블록체인의 개념과 구성요소

블록체인 기술은 2008년 Satoshi Nakamoto라는 익명의 개발자가 작성한 글에서 처음 소개되었는데, 비트코인이라는 암호화폐의 생성과 거래방식을 기술적으로 뒷받침하기 위한 기술로 고안되었다.³⁾ 본 글에서는 스마트계약의 작동원리와 특성을 이해하기 위하여 필요한 범위에서 기술을 설명한다.

블록체인은 사용자 사이의 거래를 기록하는 분산형 데이터베이스로, ‘분산’이란 블록체인에 참여하는 노드(node)들이 동일한 데이터를 중복하여 저장한다는 의미이다.⁴⁾ 블록

1) 국토교통부 보도자료, “포스트 코로나 시대, 블록체인 기반 부동산 거래 플랫폼 구축 추진”, (2020. 6. 26).

2) 과학기술정보통신부 보도자료, “데이터 경제를 위한 블록체인 기술 개발 사업 예타 통과”, (2020. 6. 30).

3) Satoshi Nakamoto, *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System* (2008), <<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>> (2020. 7. 30. 방문).

체인 참가자는 새로운 거래를 제안하는 사용자(user), 거래를 검증하여 블록체인에 등록하는 채굴자(miner), 블록체인상 거래를 저장하는 노드로 구분할 수 있다.⁵⁾ 한 참여자가 여러 역할을 겸하는 경우도 많다. 블록체인은 누구나 참여할 수 있는 퍼블릭 블록체인(public blockchain)과, 일부 선택된 당사자만이 참여하거나 접근권한을 차등적으로 설정할 수 있는 프라이빗 블록체인(private blockchain)으로 크게 분류할 수 있다. 프라이빗 블록체인은 다시 여러 기관이나 기업들이 공동으로 운영하는 컨소시엄 블록체인(consortium blockchain)과 하나의 운영 기관이 주도적으로 운영하는 단일 주체 블록체인(single entity blockchain)으로 나뉜다.⁶⁾ 가장 규모가 큰 블록체인들인 비트코인이나 이더리움 모두 퍼블릭 블록체인에 해당한다.

블록체인들은 공통적으로 승인된 거래들을 기록하는 장부(ledger)를 가지고, 블록체인 소프트웨어를 구동하는 노드들은 네트워크(network)를 구성하며, 등록대상인 거래를 검증하여 승인하기 위한 방식으로 합의(consensus) 알고리즘을 채택하고 있다.⁷⁾

나. 사용자 인증과 변조 방지를 위한 기술

사용자는 거래를 위하여 고유한 짝을 이루는 공개키(public key)와 비밀키(private key)를 생성할 수 있다. 은행거래라면 공개키가 계좌번호, 비밀키가 비밀번호에 대략 대응한다. 새로운 거래를 등록하기 위해서는 공개키에 대응하는 고유의 비밀키로 서명해야 하므로, 비밀키가 유출되지 않는 한 무단으로 특정 블록체인 이용자와의 거래가 등록되는 것이 방지된다.⁸⁾

개별 거래들은 묶어서 ‘블록’이라는 단위로 저장되고, 새로운 블록은 기존의 다른 블록을 참조하는 방식으로 기록되는데, 블록체인이란 용어는 블록들이 꼬리에 꼬리를 문 모습에서 유래한다.⁹⁾ 블록끼리는 암호화 해쉬(cryptographic hash) 기술을 활용하여 참조

4) 김병필·전정현, “블록체인 기술의 활용 범위에 관한 비판적 고찰”, 정보법학(제23권 제1호), 한국정보법학회(2019. 4.), 158~159면.

5) Jean Bacon et al., “Blockchain Demystified: A Technical and Legal Introduction to Distributed and Centralised Ledgers”, *Richmond Journal of Law & Technology* Vol. 25, (2018), p. 21.

6) 김병필·전정현, 앞의 논문(주 4), 164면.

7) Heather Hughes, “Blockchain and the Future of Secured Transactions Law”, *Stanford Journal of Blockchain Law & Policy* Vol. 3, (2020), pp. 11~12.

8) Jean Bacon et al., op. cit.(주 5), pp. 14~15.

9) Florian Idelberger et al., “Evaluation of Logic-Based Smart Contracts for Blockchain Systems”, *RuleML 2016: Rule Technologies, Research, Tools, and Applications*, (2016), p. 168.

■ 법조 제69권 제4호(통권 제742호) 연구논문

하도록 함으로써 개별 거래기록의 조작을 방지한다.¹⁰⁾ 해쉬란 데이터를 투입하면 이에 대응하는 일정한 해쉬값이 도출되는 암호화 함수로, 원본 데이터 중 단 1바이트만 바뀌더라도 전혀 다른 해쉬값이 나오기 때문에 변조 여부를 손쉽게 탐지할 수 있다. 블록1→블록2→블록3이 연속으로 등록되는 상황을 가정해보자. 블록2는 블록2의 거래정보에 더하여 선행블록인 블록1의 해쉬값을 함께 저장한다. 그 다음 블록3은 블록3의 거래정보에 더하여 선행블록인 블록2의 해쉬값, 즉 [블록2의 거래정보+블록1의 해쉬값]의 해쉬값을 포함하여 저장한다. 연쇄적인 구조 때문에 블록1의 거래정보를 조작하면 후속 블록들의 해쉬값이 모두 어긋나게 되므로 변조가 어렵다.¹¹⁾

비밀키로 인증을 거치고, 블록 사이를 해쉬값으로 묶어두더라도, 특정한 관리주체가 데이터베이스를 지배한다면 중간에 있는 거래정보를 조작한 다음 후속 해쉬값을 전부 다시 구하여 새로이 기록하는 식으로 조작할 위험이 여전히 있다. 블록체인이 가진 분산형 기록원장(distributed ledger) 구조의 역할은 바로 여기에 있다. 블록체인은 연쇄적으로 이어진 블록들을 하나의 중앙서버가 아닌 블록체인에 참여하는 노드들에 중복하여 저장하기 때문에, 조작되지 않은 노드들은 여전히 기존의 정보를 보관하고 있기 때문이다.¹²⁾

블록체인은 데이터를 등록하기 위한 특유의 검증방식으로 합의 알고리즘을 사용한다.¹³⁾ 통상의 데이터베이스는 중앙 관리주체나 신뢰할 수 있는 중개인이 검증을 하나, 블록체인의 경우 참여하는 노드들이 공개적으로 검증을 한다는 차이가 있다.¹⁴⁾ ‘합의’란 일반적인 용례와는 조금 다른 개념으로 기술적인 절차에 가깝다.¹⁵⁾ 두 사용자 사이에 거래가 이루어지면 그 내용이 암호화를 거쳐 네트워크에 전파된다.¹⁶⁾ 채굴자들은 거래들을 일정한 단위로 묶어 블록을 만든 다음, 기존 블록에 접붙일 수 있는 적절한 해쉬값

10) Kevin Werbach & Nicolas Cornell, “Contracts Ex Machina”, *Duke Law Journal* Vol. 67, (2017), p. 327.

11) Jean Bacon et al., op. cit.(주 5), p. 12.

12) Ibid., p. 21.

13) Thibault Schrepel, “Collusion by Blockchain and Smart Contracts”, *Harvard Journal of Law & Technology* Vol. 33, (2019), p. 120.

14) Mark Giancaspro, “Is a ‘Smart Contract’ Really a Smart Idea? Insights from a Legal Perspective”, *Computer Law and Security Review* Vol. 33, (2017), p. 826.

15) Kelvin F K Low & Eliza Mik, “Pause the Blockchain Legal Revolution”, *International and Comparative Law Quarterly* Vol. 69 No. 1, (2020), p. 5.

16) Alexander Savelyev, “Contract law 2.0: ‘Smart’ Contracts as the Beginning of the End of Classic Contract Law”, *Higher School of Economics Research Paper* No. WP BRP 71/LAW/2016, (2016), p. 5.

을 찾아나가기 위한 암호 퍼즐을 해결하는 작업을 수행하고, 가장 먼저 해결한 블록이 다시 네트워크에 전파된다.¹⁷⁾ 과반수 노드의 검증을 통과하게 되면 모든 노드는 검증된 블록을 추가한 블록체인을 저장하여 보관한다.¹⁸⁾ 가장 먼저 퍼즐을 해결한 채굴자는 투입한 자원(컴퓨터 하드웨어, 전기, 시간 등)에 대한 일종의 보상을 지급받는데, ‘채굴’한다는 용어도 여기에서 유래한다.¹⁹⁾

다. 퍼블릭 블록체인의 특징

프라이빗 블록체인은 어떻게 설계하고 규칙을 설정할지에 따라 너무나 다양한 구조와 특성을 가질 수 있기 때문에, 본 글은 블록체인의 원형인 퍼블릭 블록체인, 특히 스마트 계약과 관련하여 세계적으로 가장 널리 사용되는 이더리움을 중심으로 블록체인이 가지는 특징을 논의하기로 한다.

(1) 탈중앙성

블록체인의 원형인 퍼블릭 블록체인의 큰 특징은 탈중앙성에 있다. 데이터가 하나 또는 소수의 서버에 집중되지 않고 노드들에 분산되어 저장, 관리된다. 새로운 블록을 추가하는 과정에서도 분산된 노드들이 합의 알고리즘으로 블록을 검증하고 등록한다. 블록체인은 일반적인 중앙집중식 데이터베이스보다 해킹 등을 통한 조작·삭제로부터 안전하다고 평가받는다. 하나의 노드만이 보관하는 데이터를 조작하거나 삭제하는 것은 의미가 없기 때문이다.²⁰⁾ 사용자들은 진정한 원본²¹⁾을 추적하여 대조하지 않더라도 블록체

17) 블록 사이의 해쉬값 연결구조를 앞서 설명할 때는 더 단순화시킨 것이고, 실제로는 ① 선행 블록의 해쉬값과 ② 해당 블록의 거래정보에다가 ③ 아무런 의미가 없는 부가문구(nonce)를 더하여 ①+②+③을 해쉬함수에 넣어 도출되는 해쉬값이 일정한 조건을 만족시켜야만 검증을 통과할 수 있다. 채굴자는 조건을 만족시키는 해쉬값이 도출될 때까지 부가문구를 계속하여 수정하면서 찾아나가는 과정을 퍼즐해결에 빚낸 셈이다. Jimi S., *How Does Blockchain Work in 7 Steps – A Clear and Simple Explanation*, Good Audience (2018), <<https://blog.goodaudience.com/blockchain-for-beginners-what-is-blockchain-519db8c6677a>> (2020. 7. 30. 방문).

18) Savelyev, op. cit.(주 16), p. 5.

19) Sarwar Sayeed et al., “Smart Contract: Attacks and Protections”, *IEEE Access* Vol. 8, (2020), p. 24417; Eric Tjong Tjin Tai, “Challenges of Smart Contracts: Implementing Excuses”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019), p. 81.

20) Michèle Finck, “Blockchains: Regulating the Unknown”, *German Law Journal* Vol. 19, (2018), p. 670. 여기에 더하여 앞서 본 것처럼 후속 블록체인이 이미 연결되어 있는 경우라면 후속 블록들의 해쉬값까지 모두 바꾸어주어야 한다.

21) 노드 사이의 우열관계가 없어 애초에 주된 원본(master copy)을 상정하기 어렵다(Jean Bacon et al., op.

인상의 기록을 신뢰할 수 있게 된다.²²⁾ 정부나 운영주체 등 특정한 관리자가 블록체인에 개입하려는 시도 역시 방지된다.

(2) 불변성

암호화 해쉬를 이용한 블록간의 순차적 연결과 분산형 기록원장 기술 등을 통하여 거래내역이 블록체인에 등록되면 조작이나 삭제가 어렵게 되는 특징을 불변성(immutability)이라고 부른다.²³⁾ 블록체인에 불변성이 보장되지 않는다면, 훨씬 저렴하고 편의성도 높은 아마존 클라우드 컴퓨팅 서비스와 비교하여 별다른 차별점이 없다.²⁴⁾

물론 블록체인에 등록된 내용의 조작이나 삭제가 절대로 불가능하지는 않다.²⁵⁾ 블록체인 전체 연산능력의 과반수를 확보할 수 있다면, 기존의 거래를 조작하거나 무효화시키는 것이 가능하다.²⁶⁾ 실제로 수정이 일어난 대표적 사례가 이더리움의 ‘DAO 사건’이다. DAO(분산형 자율조직)는 참가자들의 자율적인 운영을 확보하기 위한 조직을 의미한다. 그중 2016년 조직된 한 DAO는 스마트계약을 이용한 공모 방식으로 사람들로부터 자금을 투자받았다. 그런데 해커가 스마트계약의 허점을 이용하여 243만 ETH(이더리움의 가상화폐 단위인 Ether로, 당시 한화 약 510억 원)를 무단 이체하였다.²⁷⁾ 논쟁 끝에 노드 과반수의 합의로 위 거래를 무효화하고 블록체인을 해킹 발생 전으로 되돌리는 원상복구가 시행되었는데, 이를 hard fork라 한다.²⁸⁾

cit.(주 5), p. 21}.

22) Hughes, op. cit.(주 7), p. 9.

23) Tai, op. cit.(주 19), p. 82. 다만 프라이빗 블록체인의 경우에는 블록체인을 설계하는 방식에 따라 참가자들이 블록을 수정하게끔 규칙을 설정할 수도 있다(Eliza Milk, “Blockchains: A Technology for Decentralized Marketplaces”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019), p. 172).

24) Omar Faridi, *Blockchains Must “Guarantee Immutability” to Remain Competitive, Ethereum Classic Developer Says*, Cryptoglobe (2018), <<https://www.cryptoglobe.com/latest/2018/10/blockchains-must-guarantee-immutability-to-remain-competitive-ethereum-classic-developer-says>> (2020. 7. 30. 방문).

25) ‘불변성’이라는 용어가 조작이 절대로 불가능하다는 오해를 불러일으킬 수 있으므로, ‘일반적으로 알려진 방법으로는 쉽게 조작이 불가능하고, 블록체인 네트워크에 참여한 사람이 블록체인에 변경을 가하기로 집단적으로 결정을 하지 않는 한은 조작이 불가능하다’는 서술이 보다 정확하다는 지적으로는 Hughes, op. cit.(주 7), p. 11 참조. 다만 불변성이라는 용어가 블록체인과 스마트계약의 특징으로 이미 널리 사용되고 있는 만큼 본 글에서는 불변성이라는 용어를 그대로 사용하되, 불변성의 한계에 대해서도 아울러 기술하는 방법을 택한다.

26) Milk, op. cit.(주 23), p. 172.

27) 입법정책연구원, 한국의 블록체인에 대한 법 규제 체계, 정책연구(2019), 201면.

28) James Grimmelmann, “All Smart Contracts Are Ambiguous”, *Journal of Law & Innovation* Vol. 2, (2019),

(3) 공개성과 익명성

퍼블릭 블록체인에서는 누구나 해당 블록체인에서 일어난 모든 누적 거래기록을 열람할 수 있어 거래과정의 투명성이 보장된다고 평가된다.²⁹⁾ 거래에 관여된 당사자들의 신분이 노출된다는 의미는 아니다. 많은 퍼블릭 블록체인들은 익명성을 지니므로, 공개키(또는 공개키를 기반으로 생성된 주소)만 노출될 뿐 실제로 공개키를 누가 사용하는지는 드러나지 않기 때문이다.³⁰⁾

라. 프로그램 코드를 탑재할 수 있는 블록체인의 등장

블록체인이 처음 고안된 목적은 금융거래 기록을 안전하게 보관하기 위해서였지만, 점차 문서나 증서와 같은 다른 정보를 저장하는 것까지 영역을 넓혀나갔다. 이후 기술이 발전하면서, 단순히 정보를 기록하는 것을 넘어 블록체인 위에서 실행이 가능한 프로그램 코드까지 지원되었다.³¹⁾ 스마트계약을 비롯한 프로그램 코드를 지원하는 블록체인의 막을 본격적으로 연 것이 이더리움이다.

2. 스마트계약의 개념 - 스마트계약은 ‘계약’인가?

가. 스마트계약의 첫 등장과 재조명

‘스마트계약(smart contracts)’이란 개념은 1994년 프로그래머 겸 법률가인 Nick Szabo의 글에서 단초를 발견할 수 있다. 당시에는 블록체인 기술이 없었기 때문에, 스마트계약의 역시 블록체인을 전제하지 않았다.³²⁾ Szabo는 스마트계약을 ‘계약조항을 실행하는 전산화된 거래 프로토콜’이라고 정의하며, 스마트계약을 도입하여 계약의 이행을 보장하고 중개인의 필요성을 최소화하여 거래비용을 줄일 수 있다고 전망하였다.³³⁾ Szabo는

p. 18.

29) Riccardo de Caria, “Definitions of Smart Contracts: Between Law and Code”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019), p. 20.

30) Schrepel, op. cit.(주 13), p. 5.

31) Valentina Gatteschi et al., “Technology of Smart Contracts”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019), p. 42.

32) Oscar Borggno, “Usefulness and Dangers of Smart Contracts in Consumer Transactions”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019), p. 289.

■ 법조 제69권 제4호(통권 제742호) 연구논문

자판기(자동판매기)를 스마트계약의 원형으로 들었다.³⁴⁾ 소비자가 자판기에 돈을 투입하고 상품을 고르면 상품이 자판기에서 나오고, 투입된 돈과 판매가격 사이에 차액은 즉시 거슬러 준다. 미리 설계된 방식에 따라 소비자와 자판기사업자 사이에 동산매매계약의 체결과 이행이 자동적으로 이루어지는 셈이다.

스마트계약은 블록체인 기술과 함께 비로소 주목받게 되었다.³⁵⁾ Szabo는 암호화 기술로 거래의 완전한 이행이 보장될 것으로 내다보았지만 실제로 자동적인 이행을 실현할 수 있는 기술까지는 제시하지 못하였는데, 블록체인 기술이 이를 보완하였기 때문이다.³⁶⁾ 최초의 블록체인인 비트코인은 비트코인 스크립트(Bitcoin Script)를 활용한 간단한 코드를 지원하였지만 제한적이었다.³⁷⁾ 이후 이더리움은 사용자들이 작성한 스마트계약을 블록체인상에 등록·실행하는 것을 핵심으로 내세워 출시되었다. 이더리움 스마트계약에는 솔리디티(Solidity)라는 언어가 주로 사용되는데, 솔리디티는 튜링완전(Turing-complete) 언어로서 무한 루프(infinite loop) 등 복잡한 연산까지 지원하다.³⁸⁾ 프로그램을 통하여 블록체인에서 가치이전을 하는 것이 가능해지며, 이상적으로는 중개인이나 분쟁해결기관에 기대지 않고도 계약의 이행을 코드의 자동실행으로 보장하고, 거래의 내용을 공개된 블록체인에 등록함으로써 조작가능성을 없애고 투명성을 높이는 프로그램의 개발이 가능하다는 기대감이 일었다.³⁹⁾

나. 통일되지 않은 스마트계약의 개념 정의

스마트계약은 블록체인과 결합한 활용가능성이 주목을 받으면서, 역으로 블록체인이 스마트계약의 개념요소로 침투하게 되었다. 그 때문인지 스마트계약의 정의는 아직도 혼란스러운 양상이다. ① 프로그래밍 언어로 작성되어 기계장치를 통해 자동적으로 실행

33) Nick Szabo, *Smart Contracts* (1994), <<https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>> (2020. 7. 30. 방문).

34) Nick Szabo, *The Idea of Smart Contracts* (1997), <<https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/idea.html>> (2020. 7. 30. 방문).

35) Gatteschi et al., op. cit.(주 31), p. 42.

36) Werbach & Cornell, op. cit.(주 10), p. 330.

37) Mark Verstraete, "The Stakes of Smart Contracts", *Loyola University Chicago Law Journal* Vol. 50, (2019), pp. 760~761.

38) Vitalik Buterin, *A Next Generation Smart Contract & Decentralized Application Platform*, Ethereum White Paper, (2018), p. 28.

39) 윤태영, "블록체인 기술을 이용한 스마트계약", *재산법연구*(제36권 제2호), 한국재산법학회(2019. 8.), 74면.

가능한 명령문이라는 견해,⁴⁰⁾ ② 사전에 입력한 조건이 충족될 경우 블록체인 위에서 자동적으로 실행되는 소프트웨어라는 견해,⁴¹⁾ ③ 프로그램 코드의 형태로 존재하는 합의로서 블록체인 위에서 구동되면서 사전에 입력한 조건에 따라 계약 조항이 자동으로 집행되는 것이라는 견해,⁴²⁾ ④ 일정한 조건이 충족되면 미리 입력해둔 계약의 내용이 자동적으로 실현되는 프로그래밍 가능한 컴퓨터 프로토콜이라는 견해⁴³⁾ 등이 있다. 스마트계약에 관한 규율을 조기에 도입한 미국 애리조나 주법은 ‘탈중앙화된 분산원장 위에서 일정한 조건이 충족되면 구동되는(event-driven) 프로그램으로, 분산원장에 등록된 재화의 이동을 관리하고 공시할 수 있는 것’이라고 정의한다.⁴⁴⁾

스마트계약을 정의하는 다양한 방식들은 블록체인의 내지는 이와 유사한 분산원장기술을 기반으로 구동되는 것을 전제로 하는지 여부, 당사자 사이의 합의를 요구하는지 여부, 전통적인 계약이라는 법적인 관점에서 출발하여 기술적 요소를 가미할지 아니면 순수한 프로그램이라는 기술적인 관점에서 출발할지 등에 따라 조금씩 차이를 보인다고 할 수 있다.

스마트계약을 정의하는 방식에 따라 법적인 취급에도 차이가 날 수밖에 없다. 전통적인 의미에서의 법적인 계약은 ‘두 명 이상의 당사자가 청약과 승낙이라는 서로 대립하는 의사표시를 하고 그 합치로써 성립하는 법률행위’라고 정의되고,⁴⁵⁾ 법질서는 사적 자치의 원칙에 따라 당사자 사이의 합의를 법적인 구속력이 있는 것으로 인정하고 법적 보호를 부여한다.⁴⁶⁾ 그런데 스마트계약의 요소에 당사자의 합의조차 요구하지 않고, 단지

40) de Caria, op. cit.(주 29), p. 4.

41) 정경영, “암호통화의 본질과 스마트계약에 관한 연구”, 상사법연구(제36권 제4호), 한국상사법학회(2018. 2.), 135면; Gatteschi et al., op. cit.(주 31), pp. 37~38; Savelyev, op. cit.(주 16), p. 15; Lary A. DiMatteo et al., “Smart Contracts and Contract Law”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019), p. 4.

42) 정진명, “블록체인 기반 스마트계약의 법률문제”, 비교사법(제25권 제3호), 한국비교사법학회(2018. 8.), 931면; Louis-Daniel Muka Tshibende, “Smart Contracts: Issues of Property and Security Rights”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019), p. 240.

43) Hughes, op. cit.(주 7), p. 13; Tai, op. cit.(주 19), p. 82; Werbach & Cornell, op. cit.(주 10), p. 320; Pierluigi Cuccuru, “Beyond bitcoin: an early overview on smart contracts”, *International Journal of Law and Information Technology* Vol. 25, (2017), p. 2; Max Raskin, “The Law and Legality of Smart Contracts”, *Georgetown Law Technology Review* Vol. 1, (2017), p. 309.

44) Arizona House Bill 2417 § 44-7061 E.2.

45) 김용덕 편집대표, 『주식 민법[총칙 2](제5판)』, 한국사법행정학회(2019. 5.), 425면.

46) 김용덕 편집대표, 위의 책, 370면.

입력된 조건에 따라 구동되는 순수한 프로그램으로만 파악한다면 구속력의 근거가 무엇인지 설명하기가 어렵다. 전통적인 계약의 개념으로부터 절연한다면 ‘계약’이라는 표지가 가져다주는 일반적인 인식과 결합하여 오히려 혼동을 초래할 우려도 있다. 한편, 블록체인 기술을 스마트계약으로 인정받기 위한 요소로 요구할 필요는 없다고 생각한다.⁴⁷⁾ 특정한 기술에 의존하는 정의 방식은 향후에 더 진보된 대체 기술이 등장하는 경우 생명력을 잃을 수 있기 때문이다.

이에 따라 본 글은 스마트계약을 ‘당사자 사이의 합의가 프로그램 코드로 표현된 것으로, 사전에 입력된 조건에 따라 구동되는 프로그램’이라고 정의한다. 프로그램으로서 실행기능을 보유한다는 측면에서 종이계약서와는 다르고, 인간이 사용하는 자연어(natural language)가 아닌 프로그래밍 언어가 주가 된다는 의미에서 전자계약과도 구별된다.

그렇다고 하여 다수의 스마트계약이 블록체인에서 구동하는 것을 전제로 개발되고 있고, 학문적인 논의들도 블록체인에 기반을 둔 스마트계약만을 집중적으로 다루고 있는 현상을 간과할 수는 없으므로, 이하에서 분석할 스마트계약의 특성을 비롯한 법적 문제를 논함에 있어서는 블록체인이나 분산원장에서 작동하는 스마트계약을 전제한다.

다. 온라인상 전자계약과의 구별

스마트계약은 온라인 전자계약과도 구별된다. 온라인 쇼핑몰에서 전자책을 구매⁴⁸⁾하는 경우를 생각해보자. 소비자가 결제수단 정보를 입력하고 최종적으로 구매를 승인하면, 이후의 결제나 전자책 전송 등 이행과정은 웹사이트와 서버 내에 미리 입력된 프로그램 코드에 따라 자동적으로 처리된다. 그렇다고 하여 위 전자계약이 스마트계약은 아니다. 소비자는 구매를 최종 승인하는 과정에서 자연어로 작성된 약관에 동의하게 되는데, 그 약관이 계약의 주된 내용으로 성립하는 것이고, 프로그램 코드는 전자적인 방식으로 이루어진 의사표시의 합치에 따른 계약 내용을 현실적으로 이행하는 부분만을 담당할 뿐이다.⁴⁹⁾ 가령 프로그램 코드의 오류로 주문과 다른 전자책이 전송되었다면 이행

47) 유사한 입장에서 스마트계약의 개념은 기술 중립적이어야 하고 블록체인과 무관할 수 있다는 점이 고려되어야 한다는 견해로 김진우, “스마트계약과 약관통제에 관한 시론적 고찰”, 비교사법(제27권 제1호), 한국비교사법학회(2020. 2.), 195면.

48) 물론 법적으로는 매매가 아니라 디지털콘텐츠 이용계약에 가깝다고 할 수 있으나, 아마존(Amazon)의 웹사이트도 ‘구매(Buy)’ 라고 버튼에 표기하는 등 소비자 입장에서는 전자책을 ‘구입’한다고 이해할 수 있으므로, 논의의 편의를 위해 매매라고 설명한다.

49) Rory Unsworth, “Smart Contract This! An Assessment of the Contractual Landscape and the Herculean

이 계약내용과 부합하지 않았던 것이므로 채무불이행이 문제될 수 있다. 반면 스마트계약에서는 프로그램 코드 그 자체가 계약조항에 해당하고, 프로그램의 개발 과정에서 작성되는 기타 서류는 원칙적으로 해석을 위한 참고자료에 불과하다.⁵⁰⁾

3. 퍼블릭 블록체인에서 구동되는 스마트계약의 특성

퍼블릭 블록체인에서 작동하는 스마트계약은 퍼블릭 블록체인의 특성을 공유한다. 스마트계약의 실행은 채굴자들에 의하여 분산적으로 이루어지고(탈중앙성), 한 번 등록된 스마트계약의 내용은 변조하기 까다롭다(불변성). 계약의 내용과 그에 따른 거래 내역은 공개된다(공개성).⁵¹⁾ 이하에서는 스마트계약의 특성 중 계약의 전 단계에 걸쳐 영향을 미치는 불변성과 자동실행성을 중심으로 분석한다.

가. 불변성

(1) 불변성의 내용

스마트계약은 블록체인에 등록되면 당사자 사이의 합의가 있더라도 내용을 수정·삭제하기가 까다롭다. 불변성은 아래의 자동실행성과 결합하여 계약의 이행을 강력히 보장한다.⁵²⁾ 스마트계약에 입력해둔 대로 계약의 이행이 이루어진다는 신뢰가 기술적인 방법으로 보장되기 때문이다.

(2) 불변성의 한계

불변성은 절대적이지 않고 몇 가지 한계가 존재한다. 극단적인 방법으로는 DAO 사건처럼 노드 과반수의 합의로 거래를 처음부터 없던 것으로 취급하는 방향으로 블록체인 자체를 수정하는 hard fork가 있으나, 사적 주체간의 거래를 무효화하기 위하여 노드 과반수의 동의를 얻는다는 것은 현실성이 떨어진다.

Challenges it Currently Presents for ‘Self-executing’ Contracts”, *Legal Tech, Smart Contracts and Blockchain*, (2019), p. 20.

50) Werbach & Cornell, op. cit.(주 10), p. 350.

51) 블록체인에 공개되는 부분은 프로그래머가 작성한 소스 코드(source code)가 아닌 컴퓨터가 직접 읽고 실행할 수 있는 오브젝트 코드(object code)이기는 하나(Zibin Zheng et al, “An Overview on Smart Contracts: Challenges, Advances and Platforms”, *Future Generation Computer Systems* Vol. 105, (2019), p. 5), 오브젝트 코드를 디컴파일링(decompiling)하면 해독 가능한 소스 코드로 변환할 수 있다.

52) DiMatteo et al., op. cit.(주 41), p. 4; Schrepel, op. cit.(주 13), p. 142.

■ 법조 제69권 제4호(통권 제742호) 연구논문

당사자 사이에 스마트계약을 작성할 때부터 계약의 내용을 수정하거나 실행을 중단할 수 있는 코드를 삽입해두는 방법도 있다.⁵³⁾ 가령 솔리디티 언어가 지원하는 *selfdestruction* 함수를 이용하면 스마트계약을 이후의 블록체인에서 삭제하여 더 이상 호출할 수 없도록 만들 수 있다.⁵⁴⁾ 스마트계약의 일부분이 별도의 위성 계약(*satellite contract*)을 참조하도록 작성한 다음 위성 계약만 교체하는 방식으로 계약내용을 수정하는 방법도 기술적으로 가능하다.⁵⁵⁾ 스마트계약의 실행에 관여하는 라이브러리(*library*)를 교체 가능하도록 미리 프로그램 코드를 작성한 다음 해당 라이브러리만 교체하는 방식으로 기능을 수정하는 방법도 있다.⁵⁶⁾

다른 방편으로는 블록체인에 이미 등록된 스마트계약을 상계하는 내용의 새로운 스마트계약을 체결하는 방법이 있다.⁵⁷⁾ 가령 일정한 조건이 충족되면 A가 B에게 500ETH를 이전하는 거래가 기존의 스마트계약이었는데, A와 B의 합의로 계약을 해제하고 싶다면, B가 A에게 반대로 500ETH만큼을 이전하는 스마트계약을 체결하여 등록하는 것이다. 일부만 상계하는 새로운 스마트계약을 등록하는 방법으로 계약의 변경도 가능하다.⁵⁸⁾ 이 방법은 스마트계약을 처음 설계할 때부터 수정·중단이 가능한 코드를 짜 넣는 방법보다는 간이하고,⁵⁹⁾ 오류의 여지도 적다고 할 수 있으나, 새로운 스마트계약을 작성하고 등록하는 과정에서 소요되는 비용⁶⁰⁾이 증가할 수 있다.

스마트계약이 블록체인에 등록된 후에는 수정이 어렵다고 하여, 처음부터 모든 내용을 프로그램 코드에 입력해두어야 하는 것은 아니다. 계약의 일부를 장래에 보충하기 위하여 블록체인 외부의 정보를 호출할 수 있는 오라클(*oracle*) 기능이 있기 때문이다.⁶¹⁾ 오

53) Jeremy M Sklaroff, “Smart Contracts and the Cost of Inflexibility”, *University of Pennsylvania Law Review* Vol. 166, (2017), p. 291.

54) Bill Marino & Ari Juels, “Setting Standards for Altering and Undoing Smart Contracts”, *RuleML 2016: Rule Technologies, Research, Tools, and Applications*, (2016), p. 158.

55) *Ibid.*, p. 164.

56) William Metcalfe, “Ethereum, Smart Contracts, DApps”, *Blockchain and Crypto Currency*, (2020), p. 87.

57) Low & Milk, *op. cit.*(주 15), p. 9.

58) 가령 B가 A에게 500ETH 대신 100ETH를 이전하는 스마트계약을 체결하면 100ETH만큼의 대금감액효과를 누릴 수 있다.

59) 예를 들어 일정한 경우 대금을 감액시키는 조항을 스마트계약에 미리 집어넣기 위해서는 구체적으로 어떤 경우(조건)에 얼마가 감액이 일어나는지(결과)를 미리 입력해두어야 한다.

60) 스마트계약의 작성에 기술전문가가 추가로 동원되어 증가하는 비용도 있지만, 등록 자체도 별도의 비용이 필요할 수 있다. 이더리움에 스마트계약을 등록하기 위해서는 가스(*gas*)라 불리는 처리비용을 미리 지불해야 하기 때문이다.

라클은 크게 자동화된 오라클, 신뢰할 수 있는 제3자 오라클과 전문가 오라클로 구분할 수 있다.⁶²⁾ 이 구분은 상호 배타적인 것은 아니라서 하나의 오라클이 여러 가지 성격을 결합 수도 있다. 가령 당사자가 미리 합의로 지정해둔 중재인은 중립적인 제3자이면서 전문적인 자격을 겸비한 오라클이다. 특히 인간이 정보를 입력하는 오라클을 이용할 경우에는 스마트계약 내에 모호하거나 재량적인 판단을 요하는 개념이 있다고 하더라도 장래에 오라클을 통하여 확정되도록 설계할 수 있으므로,⁶³⁾ 스마트계약의 불변성이 다소 완화되는 효과를 가져다준다.

나. 자동실행성(self-execution)⁶⁴⁾

(1) 자동실행성의 개념과 의의

스마트계약의 중요한 특징 중 하나로 자동실행성이 꼽힌다.⁶⁵⁾ 당사자 사이의 계약이 전자적인 형태로 체결된다는 사실만으로는 계약이 더 잘 준수될 것이라고 장담할 수 없다.⁶⁶⁾ 그러나 스마트계약은 스스로 작동하면서 미리 입력해 둔 계약내용을 처리한다는 특징이 있다.⁶⁷⁾ 기술적으로는 블록체인에 참여한 채굴자의 컴퓨터가 스마트계약을 실행한 다음 도출되는 결과 값을 네트워크에 다시 전파하는 방식이다.⁶⁸⁾ 스마트계약은 미리 입력한 조건이 만족되면 급부의 이행이 자동적으로 실행되므로, 스마트계약은 당사자 사이에 채권적 권리의무관계를 설정하는 의무부담행위와 함께, 권리를 이전하는 처분행위 중 물권적 합의가 동시에 이루어진다.⁶⁹⁾ 즉 스마트계약으로 매매계약을 체결한다면 일

61) Gatteschi et al., op. cit.(주 31), p. 44.

62) Tai, op. cit.(주 19), pp. 83~84.

63) Jia Wang & Lei Chen, "Regulating Smart Contracts and Digital Platforms: A Chinese Perspective", *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019), p. 195.

64) '자동집행성'으로 번역되기도 한다. 'execution'이란 용어는 계약법 측면에서는 이행 또는 집행이라는 의미를 지니지만, 프로그램 측면에서는 실행이라는 의미를 지니 스마트계약에서는 이중적인 함의를 가진다. 본 글에서는 스마트계약의 프로그램으로서의 특징에 조금 더 주안점을 주어 '스마트계약의 실행을 통한 계약내용의 자동적인 이행과 집행'을 포괄하는 개념으로서 '자동실행성'이라는 용어를 사용한다.

65) 김진우, 앞의 논문(주 47), 190면.

66) Marino & Juels, op. cit.(주 54), p. 152.

67) Wang & Chen, op. cit.(주 63), p. 185.

68) Aashish Kolluri et al., "Exploiting The Laws of Order in Smart Contracts", *ArXiv:1810.11605* [cs.CR], (2018), p. 4.

69) 정진명, 앞의 논문(주 42), 944면.

종의 소유권유보부매매에 가깝다고 할 수 있다. 우리나라 판례는 등기나 등록을 필요로 하는 부동산 등 재산의 경우 등기나 등록을 대금완납시까지 미룰 수 있기 때문에 소유권유보부매매의 개념을 인정할 필요가 없다고 보고 있으나,⁷⁰⁾ 스마트계약으로 자동적으로 등기까지 이전되도록 설계가 가능하다면 소유권유보부매매의 개념을 부동산거래에도 도입할 필요가 있다고 생각한다(다만 구체적으로 등기의 자동실행을 어떻게 구현할지의 방법은 아래에서 별도로 논한다).

자동실행성에 따라 이론적으로는 계약상대방의 의사나 능력에 따라 계약이 불이행 될 위험을 걱정하지 않아도 되므로, 상대방을 신뢰할 수 있는지 점검하기 위한 신용·이행 능력에 대한 조사비용이나,⁷¹⁾ 계약의 체결 후 이행상황을 계속 관찰·추적하는 비용을 절약할 수 있다.⁷²⁾ 사정의 변경이 생기더라도 스마트계약은 미리 입력해둔 조건에 맞추어 실행되므로, 매도인은 더 좋은 조건을 제안 받더라도 매매계약을 고의로 불이행할 수 없게 된다.⁷³⁾ 계약의 이행과정을 예측하기가 보다 쉬워지고,⁷⁴⁾ 계약 자체적으로 이행이 해결되므로 계약의 이행과 집행을 강제하기 위한 절차나 비용이 들지 않는다.⁷⁵⁾ 법원이 계약을 어떻게 해석할지 예측이 힘들다고 생각하는 당사자들은 그러한 위험을 회피할 수도 있다.⁷⁶⁾ 즉 이상적으로만 작동한다면, 스마트계약은 거래의 교섭에서부터 집행에 이르기까지 계약의 전 과정에서 거래비용을 큰 폭으로 절감하고 효율성을 높일 수 있다.⁷⁷⁾

70) 형사사건인 대판 2010. 2. 25. 2009도5064에서 실시된 법리로, 이를 민사사건에도 적용한 사례로는 서울고판 2017. 1. 10. 2015나2029365 참조.

71) Raskin, op. cit.(주 43), p. 319.

72) Primavera De Filippi & Aaron Wright, *Blockchain and the Law: The Rule of Code*, Harvard University Press, p. 80 (2018).

73) Savelyev, op. cit.(주 16), p. 18.

74) Jakub J Szczerbowski, "Transaction Costs of Blockchain Smart Contracts", *Law and Forensic Science* Vol. 16, p. 1 (2018).

75) Borgogno, op. cit.(주 32), p. 291. 블록체인에서 스마트계약을 구동하는 데에도 비용이 소요되지만, 전통적인 계약에서 계약의 이행을 강제하기 위한 소송비용 등과 비교하면 적은 금액이다(Hongjiang Zhao & Cephas P.K Coffie, "Economic Force of Smart Contracts", *SSRN Electronic Journal*, (2018), p. 10, <<https://www.ssrn.com/abstract=3138063>> (2020. 7. 30. 방문)).

76) Marc Clément, "Smart Contracts and the Courts", *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019), p. 271.

77) Werbach & Cornell, op. cit.(주 10), p. 335.

(2) 스마트계약으로 실정법 질서를 탈피할 수 있는지 여부

자동실행성이 계약의 이행을 완전하게 보장한다는 기대는 당사자들이 계약을 규율하는 실정법 질서에 얽매이지 않는 독자적인 법체계를 만들어낼 수 있을지의 문제와 연결된다.⁷⁸⁾ 당사자들이 계약을 체결하며 기존의 법질서를 따르는 이유 중 하나는, 상대방이 불이행할 경우 법원에 소를 제기하여 강제이행이나 손해배상을 구하는 등 실정법상 구제수단으로 계약목적을 달성하기 위해서이다. 스마트계약이 이행의 문제를 완전히 해결해준다면, 특정한 실정법에 의존할 유인이 감소할 수 있다.⁷⁹⁾

그러나 스마트계약으로 당사자들이 실정법을 벗어던질 수 있다는 발상은 이상론에 가깝다.⁸⁰⁾ 스마트계약도 불이행의 문제가 얼마든지 발생할 수 있다. 가령 지급기일에 매수인의 암호화폐 계좌에 잔고가 부족하면 계약불이행이 발생할 수 있다.⁸¹⁾ 이를 방지하려고 스마트계약이 등록된 순간 당사자가 장래 이행할 자산을 동결시키는 방법이 있지만, 현대 경제활동의 근간 중 하나인 신용거래를 침해하는 것이므로 바람직하지 않다.⁸²⁾ 다른 예로, 대금지급이 완료되는 순간 목적물의 비밀번호가 매수인에게 전송되는 스마트 계약을 생각해보자. 매도인이 잘못된 비밀번호를 블록체인에 등록하거나 비밀번호를 중간에 바꾼다면 불이행이 발생할 수 있다. 특히 암호화폐와 같은 블록체인상의 재화가 아닌 실물재화가 연관되어, 계약 내용 중 일부라도 블록체인 바깥에서 일방의 임의이행을 기대해야 하는 상황이라면 계약불이행은 얼마든지 발생할 수 있다.

나아가 스마트계약을 체결할 때 계약의 이행을 둘러싸고 장래에 발생할 수 있는 모든 상황을 미리 예측하여 입력해두는 것은 불가능에 가깝고, 스마트계약이 당사자들의 실제 의사와는 다른 내용으로 작성되거나 오류가 발생하여 분쟁이 촉발될 가능성도 간과할 수 없다(보다 구체적으로는 아래 III.항에서 다룬다).

계약당사자들의 합리적인 의사도, 스마트계약을 체결하더라도 실정법 질서가 여전히 적용될 것을 기대한다고 해석하는 게 타당하다.⁸³⁾ 혹시라도 스마트계약을 체결하는 과

78) Filippi & Wright, op. cit.(주 72), p. 87은 스마트계약을 이용하면 실정법에 얽매이지 않는 독자적인 법체계를 만들어낼 수 있다고 전망하고 있다.

79) 스마트계약은 법규나 사법기관 없이 독자적으로 존재할 수 있다는 견해로 Savelyev, op. cit.(주 16), p. 15.

80) 같은 입장으로는 DiMatteo et al., op. cit.(주 41), p. 4 등.

81) Stuart D. Levi & Alex B. Lipton, *An Introduction to Smart Contracts and Their Potential and Inherent Limitations*, (2018), <<https://corpgov.law.harvard.edu/2018/05/26/an-introduction-to-smart-contracts-and-their-potential-and-inherent-limitations/>> (2020. 7. 30. 방문).

82) Low & Milk, op. cit.(주 15), p. 29.

■ 법조 제69권 제4호(통권 제742호) 연구논문

정에서 의사표시의 하자가 개입되거나, 완전한 이행이 아니라고 사후에 판명되거나,⁸⁴⁾ 외부상황의 변동 때문에 계약의 이행을 강제하는 것이 오히려 불공정해지는 경우 등에는 취소, 해제, 무효, 손해배상, 담보책임 등 실정법이 제공하는 블록체인 바깥의 구제수단으로라도 보호받기를 희망할 것이기 때문이다(다만 익명성이 보장되는 퍼블릭 블록체인에서는 상대방의 인적사항을 모를 경우 소송을 진행하거나 상대방의 책임재산에 집행하기가 현실적으로 곤란할 것이므로, 실제 신원을 아는 당사자 사이에 스마트계약을 체결하는 경우에 실효성이 있을 것이다).

정책적으로도 국가 차원에서 스마트계약, 특히 강행법규를 위반하는 계약들을 치외법권 영역에 머물도록 남겨둘 것이라 전망하기는 힘들다. 실제로 미국의 애리조나 주,⁸⁵⁾ 테네시 주,⁸⁶⁾ 일리노이 주⁸⁷⁾는 스마트계약으로 계약이 체결되었다는 이유만으로 법적인 효력을 부인하여서는 안 된다는 내용을 입법화하여 스마트계약 역시 법질서 내로 명확하게 끌어들이었다.

III. 스마트계약으로 부동산 거래를 구현하는 방법과 관련된 법적 문제

1. 계약의 문제와 물건변동 문제의 구별

특히 부동산의 매매나 근저당권 설정 등 부동산의 물건과 관련된 거래에 블록체인 기술을 도입하는 데에는 크게 두 평면이 존재한다. 당사자 사이의 부동산 거래를 블록체인에서 작동하는 스마트계약으로 체결하는 부분과, 부동산에 관한 물건변동을 블록체인에 기록하여 적법·유효하도록 효과를 부여하는 부분이다. 전자가 계약당사자 사이의 의무 부담행위와 물건적 합의를 블록체인에 기록하는 문제라면, 후자는 물건변동을 위한 법적 형식인 부동산등기에 블록체인 기술을 적용하는 문제라고 할 수 있다. 두 논의가 혼용되는 경우가 종종 있어 명확히 해두고자 한다.

83) Tai, op. cit.(주 19), p. 84.

84) 가령 목적물의 하자가 나중에 발견되었는데 스마트계약에 하자담보책임에 관한 내용을 제대로 입력해두지 않은 경우.

85) Arizona House Bill 2417 § 44-7061 C.

86) Tennessee Code § 47-10-202(c).

87) Illinois Blockchain Technology Act § 10(a).

		계약(의무부담행위 + 물권적 합의)	
		블록체인 미도입	블록체인 도입
물권변동 (등기)	블록체인 미도입	① 기존 방식	② 스마트계약 + 기존 등기부
	블록체인 도입	③ 전통적인 계약 + 블록체인 등기부	④ 스마트계약 + 블록체인 등기부

[표] 블록체인 기술의 부동산 거래 도입 영역에 따른 분류

기존의 부동산 거래방식이 블록체인을 전제하지 않는다면(표 ①), 블록체인 기술을 도입할 경우, 부동산 거래는 스마트계약으로 체결하더라도 등기는 기존의 부동산등기부에 기록하는 방식(표 ②), 부동산 거래는 기존 방식으로 체결하되 블록체인 기반의 부동산등기부에 물권변동을 기록하는 방식(표 ③), 계약과 등기제도 모두에 블록체인 기술을 도입하는 방식(표 ④)을 상정할 수 있다. 물론 이것은 정말로 개략적인 구분방법이고, 구체적으로 적용되는 블록체인 기술의 종류나 네트워크의 구조, 허용된 참여자의 범위나 권한 등에 따라 다양한 파생방식이 가능하다.⁸⁸⁾ 이렇듯 물권변동 부분은 스마트계약으로 반드시 구현해야 할 영역은 아니나, 스마트계약의 특징인 자동적인 이행을 보장하기 위해서는 결국 물권변동의 문제까지 해결되어야 하는 만큼 함께 논의할 필요가 있다. 이하에서는 먼저 계약부분에 해당하는 스마트계약의 일반적인 한계점을 분석하고(2.항), 부동산의 물권변동의 자동실행 문제를 해결하기 위한 등기부의 블록체인화 문제를 다룬다(3.항), 보론으로 부동산의 인도문제를 어떻게 해결할 수 있을지를 짚기로 한다.

2. 스마트계약으로 부동산을 거래하는 계약을 체결하는 문제

가. 스마트계약은 정말로 ‘스마트’ 한가?

스마트계약은 블록체인에 한 번 등록되면 내용을 수정하기가 어렵고, 자동적으로 실행이 이루어지는데다가 구동을 중단시키기도 힘들다. 그런데 스마트계약은 인간이 평소에 사용하는 자연어보다 훨씬 경직된 프로그래밍 언어로 작성되어야 한다. 스마트계약이 확실한 이행보장, 높은 예측가능성, 거래비용 절감과 같은 장점을 온전히 달성하려면, 작성

88) 스마트계약이 작동하는 블록체인과 등기부가 탑재된 블록체인을 별개로 운영할 수도 있다. 가령 당사자 간의 거래는 퍼블릭 블록체인에서 이루어지도록 하되, 등기기록 자체는 국가가 중앙집중적인 권한을 유지할 수 있도록 폐쇄적인 프라이빗 블록체인 방식을 이용할 수 있다.

단계에서부터 추후 발생할 수 있는 사건들을 예측할 수 있어야 하고, 그러한 가능성들을 컴퓨터가 이해할 수 있는 명확한 조건문으로 치환할 수 있어야 한다. 계약당사자가 합의한 사항이 스마트계약의 코드에 정확하게 반영되어야 하고, 오류가 거의 없어야 한다. 그러나 위 조건들을 모두 만족시키는 이상적인 스마트계약은 현재의 기술 수준으로는 달성하기가 어렵다.

나. 계약언어의 불명확성과 스마트계약의 특성 사이의 충돌

(1) 프로그래밍 언어와 자연어 사이의 간극

프로그래밍 언어로 작성되는 스마트계약은 장래에 발생할 사건이나 위험을 예측하여 각 상황에 따른 결과 값을 미리 입력해 두어야 하므로, 사전적 관점(*ex ante*)에서 문제를 규율하는 구조이다. 전통적인 계약법 역시 당사자들이 장래의 상황을 예측하여 계약에 이해관계의 조정을 미리 반영해두는 것을 허용하지만,⁸⁹⁾ 기본적으로는 추후 분쟁이 발생하면 법원과 같은 분쟁해결기관이 개입하여 이해관계를 조율할 것을 예정하는 사후적 관점(*ex post*)의 규율 방식이라고 할 수 있다.⁹⁰⁾

전통적인 계약에 등장하는 많은 권리, 의무는 프로그래밍 언어의 문법인 조건문(*if-then*)으로 치환이 가능하다.⁹¹⁾ A가 B에게 자신이 소유한 부동산을 3,000ETH에 매도⁹²⁾ 하면서, 중도금 1,500ETH는 2020. 7. 30.에 지급하기로 합의하였다고 가정해보자. ‘특정한 일자(2020. 7. 30.)가 도래하면 → B의 암호화폐 계좌에서 A의 계좌로 1,500ETH를 송금한다’와 같은 조건문은 프로그래밍 코드로 작성하기에 적합하다. 조건의 성취여부를 컴퓨터가 명확하게 판별할 수 있고, 실행되어야 하는 결과도 명확하게 표현될 수 있기 때문이다.

그러나 계약 조항에 추상적이고 모호한 불확정개념이 들어가는 순간 프로그래밍 언어는 한계에 봉착한다. 모호성은 컴퓨터가 인식하고 처리할 수 있는 프로그래밍 언어와 인간이 사용하는 자연어를 구별 짓는 특성이다. 계약에 자주 등장하는 법률용어들은 우리

89) 장래의 불이행에 대비한 손해배상 예정액(민법 제398조 제1항)을 확정금액으로 계약에서 미리 정해두는 경우가 대표적인 사례다. 다만 위 예정액도 법원의 직권감액(동조 제2항)을 통한 사후적 교정을 예정하고 있다.

90) Tai, op. cit.(주 19), p. 98.

91) Wang & Chen, op. cit.(주 63), p. 189.

92) 블록체인상의 암호화폐를 전자금융거래법상 전자화폐 등 법정화폐로 취급할 수 있을지 여전히 논란이 있어 해당 사례는 매매계약이 아니라고 볼 여지도 있으나 이해의 편의를 위하여 매매계약이라고 설명한다.

가 일상생활에서 사용하는 용어보다는 그 의미가 정형화된 편이기는 하지만, 법률용어 역시 자연어인 이상 그 명확성에 한계가 있을 수밖에 없다.⁹³⁾ 객관적이라고 통용되는 ‘사전적 정의’도 결국에는 인간들이 실제로 해당 단어를 어떻게 사용하는지에 따라 영향을 받으므로 고정적이지 않다.⁹⁴⁾ 반면 프로그래밍 언어는 진위 여부가 명확한 논리판단이나 수치화가 용이한 영역에 어울리고,⁹⁵⁾ 미리 정의되지 않은 모호한 개념을 이해하거나 처리하는 데에 적합하지 않다.⁹⁶⁾ 프로그래밍 언어는 일반적으로 컴퓨터에게 재량을 허용하지 않는다고 이해할 수 있다.⁹⁷⁾ 물론 프로그래밍 언어에서도 불명확성을 완벽하게 제거할 수 있는 것은 아니지만, 자연어가 가지는 불명확성과는 비교할 수 없다.⁹⁸⁾ 최근에는 기술의 발달로 컴퓨터가 인간의 자연어를 이해하고 처리하는 자연어 처리기술(natural language processing)이 급격한 발전을 보이고 있으나 아직 맥락과 상황을 종합적으로 고려하여 섬세하게 의미를 도출하는 수준은 아니다.⁹⁹⁾

(2) 계약언어의 불명확성 수용에 있어 스마트계약이 가지는 한계

당사자 사이에 계약을 체결할 때, 다소의 공백을 둔 불완전한 계약을 체결하는 모습이 오히려 일반적이라고 할 수 있다.¹⁰⁰⁾ “최대한 협조한다”나 “~등”과 같은 의미나 범위가 다소 불명확한 개방적·예시적 표현은 어느 계약에서나 흔히 볼 수 있다. 이러한 계약언어의 불명확성은 분쟁의 씨앗이 되기도 하지만, 현실적으로 불가피할 뿐만 아니라 거래 관계에 구체적 타당성과 유연성, 융통성을 가져다주는 장점이 있다.

장래에 발생이 가능한 경우의 수를 모두 예측하는 것부터가 현실적으로 가능하지 않다. 2020년 COVID-19 사태로 인하여 계약불이행과 불가항력 면책 여부가 논의되는 상황을 누가 미리 스마트계약에 코딩해둘 수 있었겠는가? 그나마 일부 상황을 예측하더라도, 개별 경우의 수마다 구체적으로 어떻게 해결할지를 체결단계에서부터 미리 교섭하고 확정하는 것은 큰 비용을 소모한다.¹⁰¹⁾ 미리 가지치기를 해둔 경우의 수 중 실제로 실현

93) Eliza Mik, “Smart contracts: Terminology, Technical limitations and Real World Complexity”, *Law, Innovation & Technology* Vol. 9, (2017), p. 17.

94) Grimmelmann, op. cit.(주 28), p. 10.

95) 윤태영, 앞의 논문(주 39), 78면.

96) Cuccuru, op. cit.(주 43), p. 12.

97) Savelyev, op. cit.(주 16), p. 13.

98) Raskin, op. cit.(주 43), p. 324.

99) Werbach & Cornell, op. cit.(주 10), p. 366.

100) Wang & Chen, op. cit.(주 63), p. 194.

될 상황은 소수에 불과할 것이므로, 비용투입을 정당화할 만한 보상이 있지도 않다. 스마트계약의 장점으로 언급되는 교섭비용의 절약이 무색해지는 지점이다. 더구나 미리 예측을 하여 대비해야 하는 사건들에는 계약의 이행에 장애가 될 만한 상황들도 포함된다. 계약이 원만하게 이행될 것을 기대하고 교섭에 임하여도 얼마든지 결렬이 가능한데, 계약의 불이행이나 무효, 취소 등 문제 상황을 교섭 단계에서부터 상정하면서 구체적인 해결방안들까지 합의에 이르러야 한다면 계약체결의 성사가 방해될 가능성이 있다.

부동산 거래와 관련된 예를 들어본다. 국토교통부 표준부동산매매계약서 제3조는 “매도인은 저당권, 지상권, 임차권 등 소유권의 행사를 제한하는 사유가 ... 있을 때에는 잔금 수수일까지 그 권리의 하자 및 부담 등을 제거하여 완전한 소유권을 매수인에게 이전해야 한다”고 정하고 있다. 여기서 ‘소유권의 행사를 제한하는 사유’로 나열된 저당권, 지상권, 임차권은 ‘등’이란 문구가 있으니 예시적 열거라는 점은 명백한데, 어느 경우까지 소유권의 행사를 제한하는 사유에 해당하는지는 가치판단¹⁰²⁾을 동원한 해석이 필요한 부분으로, 프로그래밍 언어의 조건문으로 구성하기 쉽지 않다. 컴퓨터가 이해하지 못하거나 잘못 이해할 가능성을 없애기 위하여 ‘등’을 삭제하고 ‘유치권, 전세권, 가압류, 가처분, 가등기, 우선매수청구권, 환매권’과 같이 제한사유들을 명시적으로 추가한다면 효율적인 계약언어 사용이라고 보기 어려울 뿐만 아니라, 누락되는 사유가 발생할 경우 스마트계약이 대처할 수 없는 문제가 생긴다. ‘유치권’이 민사유치권(민법 제320조)만을 의미하는지 상사유치권(상법 제58조)까지도 포함하는지, ‘저당권’이 근저당권(민법 제357조)도 포함하는지 등도 컴퓨터가 재량을 발휘해야 하는 상황이 발생하지 않도록, 쉽게 말해 컴퓨터가 고민할 여지가 없도록 정의해 두어야 한다. 나아가 저당권, 가압류·가처분이나 가등기와 같은 부담은 오라클 기능을 이용하여 인터넷등기부로부터 관련 정보를 호출하여 부담의 존부를 판별할 수 있지만, 유치권은 스마트계약이 그 존부를 탐지하기가 쉽지 않다. 그밖에도 전통적인 계약이라면 부담이 제거되지 않을 경우 매수인이 해당 부담을 승계하는 대신 매매대금을 적절하게 감액하는 방법으로 당사자들이 계약체결 후라도 새로 합의할 수 있지만, 스마트계약은 승계되는 부담과 그에 따른 감액된 대금을 처음부터 정해야 하므로 융통성이 떨어진다. 이처럼 스마트계약의 프로그래밍 언어는 계

101) Jerry I-H Hsiao, “‘Smart’ Contract on the Blockchain-Paradigm Shift for Contract Law?”, *US-China Law Review* Vol. 14, (2017), p. 692.

102) 해당 사유가 정말로 소유권의 행사를 제한하는지? 저당권, 지상권, 임차권과 동등하다고 평가될 만한 제한 사유인지? 등.

약언어의 불명확성을 온전히 수용하지 못하는 결과, 너무 경직되어 상황에 따른 유연한 대응이 어려워 구체적 타당성이 떨어질 수 있다는 한계가 있다.

(3) 계약언어뿐만 아니라 실정법에도 존재하는 불명확성

스마트계약을 활용한다고 하더라도 기존의 실정법 질서를 벗어날 수 없다면, 계약 조항뿐만 아니라 실정법의 방대한 법리들까지 프로그래밍 언어로 작성해야 하는 문제를 해결해야 한다.¹⁰³⁾ 종이 계약서로 치면 관련법령의 내용이나 이를 해석하기 위한 지침(판례, 주석서 등)을 모두 기술해 넣어야 한다고 비유할 수 있다.

그런데 모호한 불확정개념은 민법을 비롯하여 계약을 규율하는 실정법에도 산재해 있다. 많은 법규나 법리들은 요건-효과의 구조를 취하고 있어 조건-결과로 이루어진 프로그래밍 언어의 조건문으로 변환하기에 적합하다고 생각할 수 있으나, 수많은 법적 분쟁들은 요건의 충족 여부가 명확하지 않아 발생한다. 가령 부동산 유치권의 점유는 ‘물건과 사람의 시간적·공간적 관계와 본권관계, 타인지배의 배제가능성 등을 고려하여 사회관념에 따라 합목적적으로’ 판단하여야 한다.¹⁰⁴⁾ ‘물건,’ ‘사람,’ ‘시간적·공간적 관계,’ ‘지배,’ ‘배제가능성,’ ‘사회관념,’ ‘합목적적’ 등 모든 단어가 불명확하다고 보더라도 과언이 아니다. 이 판단기준을 컴퓨터가 명확하게 이해하고 처리할 수 있는 프로그래밍 언어로 옮기는 작업은 현재의 자연어 처리기술을 동원하더라도 가능하지 않아 보인다.

더구나 실정법은 새로운 법률의 제정이나 기존 법률의 개정, 폐지 등으로 계속 바뀌는데, 스마트계약은 불변성 탓에 이러한 변경에 대응하기 어렵다.¹⁰⁵⁾ 스마트계약이 법률의 변경을 고려하지 않고 자동실행될 경우 자칫 위법한 집행이 이루어질 우려도 있다.¹⁰⁶⁾ 스마트계약으로 주택임대차계약을 체결한 사안을 가정해보자. 2019. 7. 30. 제21대 국회를 통과한 개정 주택임대차보호법은 임차인의 계약갱신요구권을 도입하고 있어(개정법 제6조의3), 임대인은 임차인이 적법하게 갱신을 요구하면 계속 거주를 허용하여야 한다. 그런데 스마트계약이 법률의 개정을 반영하지 못하여 기존에 작성된 프로그램 코드대로 임차인의 건물 출입권한이 정지된다면 법률을 위반하는 결과가 일어날 수 있다.¹⁰⁷⁾

103) Tai, *op. cit.*(주 19), p. 84.

104) 대판 1996. 8. 23, 95다8713.

105) 김제완, “블록체인 기술의 계약법 적용상의 쟁점 -스마트계약을 중심으로-”, 법조(제67권 제1호), 법조협회(2018. 2.), 179면; Milk, *op. cit.*(주 23), p. 173.

106) 김창희, “스마트계약에 수반되는 자력 집행에 관한 법적 연구”, 법학연구(제22권 제1호), 인하대학교 법학연구소(2019. 3.), 487면.

이에 대한 대책으로 국가가 공공 데이터베이스를 구축하여 관련법령이 개정된 경우 스마트계약이 변경사항을 호출하여 당사자들이 개정법에 맞추어 스마트계약의 내용을 변경할 수 있는 코드를 미리 삽입해 두는 방안이 제시된다.¹⁰⁸⁾ 그러나 법령의 개정을 스마트계약에 곧바로 반영하기는 쉽지 않다. 개정 주택임대차보호법만 보더라도 계약갱신 요구권의 예외사유로 ‘임대인이 목적 주택에 실제 거주하려는 경우(개정법 제6조의3 제1항 제8호)’나 ‘그밖에 임차인이 임차인으로서의 의무를 현저히 위반하거나 임대인이 임대차를 계속하기 어려운 중대한 사유가 있는 경우(개정법 제6조의3 제1항 제9호)’를 들고 있는데, 불명확한 개념이 포함된 위 사유들을 명확한 프로그램 코드로 변환하기는 어렵다. 더구나 신법은 관련 사례나 판결이 집적되어 있지 않기 때문에 어려움이 가중된다. 또한, 법령의 변경을 추적하고 변경내용을 반영하는 데에 많은 비용이 지출될 것으로도 예상된다.

(4) 오라클 기능의 한계

스마트계약의 불변성을 다소 완화하기 위하여 오라클 기능을 이용해서 외부 정보를 블록체인 내로 불러들여오는 방법을 택하더라도 한계는 있다. 먼저 오라클에 의존하게 되면 스마트계약의 불변성이 가져다주는 조작불가능성이나 예측가능성이 다소 희생되어야 한다.¹⁰⁹⁾ 외부에서 입력되는 정보의 범위에 따라 스마트계약의 내용이 사실상 변경될 수도 있고, 인간전문가를 오라클로 둘 경우 판단결과의 예측가능성이 감소할 수 있기 때문이다.

더 큰 문제는 오라클이 잘못된 정보를 스마트계약에 주입할 위험이다.¹¹⁰⁾ 오라클 기능은 그 자체로는 유입되는 정보의 정확성을 보장하지 않는 만큼, 유입되는 정보가 조작되지 않거나 진실하다는 점을 검증할 방안을 별도로 마련해야 한다.¹¹¹⁾ 가령 스마트계약에 감정인이 오라클 기능을 통하여 목적물 하자에 대한 손해배상액을 추후에 입력할 수 있도록 설계하였다고 가정해보자. 감정인이 입력한 금액대로 손해배상금 이체기능이 실

107) 개정법은 법 시행 당시 이미 존속 중인 임대차에 대하여도 적용되고(개정법 부칙 제2조 제1항), 임차인에게 불리한 약정은 무효이므로(주택임대차보호법 제10조), 당사자 사이의 합의로 임차인의 갱신요구권을 배제하는 것도 허용되지 않는다.

108) Raskin, *op. cit.*(주 43), p. 327.

109) Mik, *op. cit.*(주 23), p. 176.

110) Levi & Lipton, *op. cit.*(주 86).

111) Werbach & Cornell, *op. cit.*(주 10), p. 336.

행된 후, 판단근거나 감정인의 중립성에 논란이 생겨 실행된 손해배상액에 관한 분쟁이 발생할 수 있다. 다시 법원에 소를 제기하는 방법도 있겠으나,¹¹²⁾ 분쟁해결비용이 이증으로 드는 문제가 생긴다(특히나 소송과정에서 법원이 별도의 중립적인 감정인을 또다시 선정하는 경우). 이를 방지하기 위하여 애초에 복수의 오라클을 두어 서로를 교차 검증하게끔 하는 방안이 제시되나,¹¹³⁾ 복수의 전문가 오라클을 두는 그 자체로 비용이 과다하게 증가할 수 있고 ‘오라클 합의체’의 판단을 기다려야 스마트계약의 후속 단계가 실행될 수 있게 된다. 중간자를 최소화하여 거래비용을 절감하고 별도의 개입 없이도 신속하게 자동적인 이행과 집행이 이루어질 수 있다는 스마트계약의 이상이 퇴색될 수밖에 없다.

(5) 프로그램 코드와 당사자 의사 사이의 불일치 문제

스마트계약을 실제로 작성하는 방식에는 여러 가지가 있을 수 있다. 초기에는 당사자 사이에 먼저 자연어로 합의 내용을 정리한 합의문을 작성한 다음 이를 바탕으로 프로그래밍 언어로 된 스마트계약 프로그램을 작성하는 방식이 주류일 것으로 예상된다.¹¹⁴⁾ 우선 자연어로 마련된 합의문에 대한 정확한 검토가 선행되어야 한다.¹¹⁵⁾ 애초에 합의문이 당사자의 의사를 제대로 반영하지 못한다면 스마트계약으로 변환하더라도 그 흠이 그대로 전사될 수밖에 없기 때문이다.¹¹⁶⁾ 스마트계약에 담긴 프로그램 코드에 대한 법률적·기술적 검토가 필요한 만큼 양 쪽의 경험과 지식을 모두 갖춘 전문가가 투입되거나 법률전문가와 기술전문가의 협업이 필요한데,¹¹⁷⁾ 당사자들이 두 영역의 전문가들에게 작성 업무를 맡겨야 함에 따라 비용이 증가할 수 있다.

계약에 사용되는 다수의 불명확개념들은 경직된 프로그래밍 언어로 스마트계약을 작성하는 데에 큰 장벽이지만, 그밖에도 프로그램을 작성하는 과정 그 자체에서도 프로그

112) 손해배상액이 부당히 과다하게 입력되었다면 부당이득반환, 과소하게 입력되었다면 차액만큼을 추가로 손해배상으로 구하는 형태의 소송일 것이다.

113) Mik, op. cit.(주 93), p. 24.

114) Low & Mik, op. cit.(주 15), p. 28. Reggie O'Shields, "Smart Contracts: Legal Agreements for the Blockchain", *North Carolina Banking Institute* Vol. 21, (2017), p. 190에서는 장래에 분쟁이 발생하였을 경우에 대비하여 법원 등 외부 분쟁해결기관이 해석할 수 있는 기준을 제시할 목적으로 스마트계약에 대응되는 자연어 판을 준비해두어야 한다고 주장한다.

115) Mik, op. cit.(주 93), p. 17.

116) Diana Vieira Fernandes, Tokens, "'Smart Contracts' and System Governance", *SSRN Electronic Journal*, (2019), p. 43, <<https://www.ssrn.com/abstract=3492274>> (2020. 7. 30. 방문).

117) Cuccuru, op. cit.(주 43), p. 10; Mik, op. cit.(주 93), pp. 18~19.

■ 법조 제69권 제4호(통권 제742호) 연구논문

래밍 언어가 당사자의 합의의 내용을 온전히 반영하지 못하고 왜곡이 일어나는 문제가 있을 수 있다.¹¹⁸⁾ 원인에는 여러 가지가 있을 수 있는데, 기술전문가가 프로그램 코드를 작성하는 과정에서 일부 조항을 누락할 수 있고,¹¹⁹⁾ 법률전문가의 설명이 부족했을 수도 있으며, 전달과정에서 오해가 생길 수도 있다. 마치 외국어를 번역할 때 중역을 할 경우 원어의 의미에서 더욱 멀어질 가능성이 커지는 것처럼, 비법률가인 당사자→법률전문가→기술전문가를 거치면서 일상언어(자연어)→법률용어(자연어)→프로그래밍 언어로 여러 단계를 거쳐 변환이 이루어짐에 따라 당초에 당사자들이 의도한 내용이 왜곡될 가능성은 조금이라도 더 커질 수밖에 없다.¹²⁰⁾

이와 같은 왜곡을 원인으로 하여 스마트계약을 구성하는 프로그램 코드가 당사자가 의도와 불일치하는 경우, 착오를 이유로 한 취소로 당사자가 구속력에서 벗어날 수 있을지 문제될 수 있다. ① 스마트계약의 경우에는 블록체인에 등록되어 네트워크 전체에 전파되는 프로그램 코드만이 기준이 된다는 견해가 있는데,¹²¹⁾ 착오에 의한 취소를 허용하지 않는 입장으로 해석된다. ② 계약당사자에게 표시의사가 결여되어 있지만 착오에 표시의 중대한 과실이 있기 때문에 착오에 의한 취소가 원칙적으로 불가능하나, 기술전문가가 프로그램 코드의 내용을 정확하게 설명하지 못하여 당사자가 스마트계약의 체결에 이른 경우에는 착오취소를 허용할 여지가 있다는 견해도 있다.¹²²⁾ ③ 스마트계약에서도 일반적인 계약 법리에 따른 착오취소가 가능하다는 견해도 있다.¹²³⁾

법적인 계약이 당사자들을 구속하는 근거는 당사자들이 합의된 내용에 따라 구속을 받고자 하는 의사를 스스로 표명하였기 때문이다. 스마트계약이라는 형식을 택하였다고

118) Low & Mik, op. cit.(주 15), p. 28.

119) Gatteschi et al., op. cit.(주 31), p. 55.

120) 스마트계약으로 변환하는 과정에서 중요한 사항을 누락하거나 당사자의 의사가 곡해되는 문제점을 최소화하기 위하여, 정형화된 계약의 경우 일정한 양식으로 만들어 사용자의 입력내용에 따라 자동으로 스마트계약으로 변환하는 방법으로 플랫폼들이 개발되고 있다(Werbach & Comell, op. cit.(주 10), p. 375). 기술적인 시각에서 접근하는 방식에 관하여는 Christopher D. Clack, "Smart Contract Templates: Legal Semantics and Code Validation", *Journal of Digital Banking* Vol. 2, (2018) 참조. 다만 이러한 플랫폼 서비스의 경우 변환과정에서의 오류나 곡해로 인한 책임을 누가 부담해야 하는지에 관하여 추가 논란이 생길 수 있다.

121) Savelyev, op. cit.(주 16), p. 19. 코드 자체를 제외한 나머지 자료는 전부 주석일 뿐이라는 입장인 Werbach & Comell, op. cit.(주 10), p. 350도 조금 더 온건하지만 유사한 입장으로 보인다.

122) 정진명, 앞의 논문(주 42), 957면. 다만 958면에서는 '스마트계약에서 의사와 표시 사이에 충돌은 있을 수 없다'고도 서술하고 있다.

123) 이규옥, "블록체인 기술 기반 스마트 컨트랙트에 관한 법적 연구", 박사학위논문, 성균관대학교 법학전문대학원(2019), 102면.

하여 표시에 특별한 가치를 둘 필요는 없다. 스마트계약의 코드를 최종적으로 표시된 처분문서로 취급하고, 당사자의 자연어로 작성된 합의문이 있을 경우에는 스마트계약을 해석하는 데에 중요한 참고자료로 보면 족하다.¹²⁴⁾ 한편 프로그램 코드에는 개발자가 곳곳에 기능설명이나 참고용으로 자연어로 된 주석(comment)을 달아두는 경우가 많은데, 주석은 당사자의 의사보다는 기술전문가의 의도를 반영하는 것에 가깝고, 주석을 작성하는 방법이나 분량도 개발자 개인에 따라 편차가 크기 때문에 참고자료로서의 가치는 상대적으로 낮게 보아야 한다.

계약의 해석 결과 의사와 표시의 불일치가 확인되는 경우라면 어떻게 처리해야 하는가? 스마트계약이라고 하여 일반적인 착오 법리를 배제할 필요는 없다. ① 당사자 쌍방에 공통된 착오가 있다면, 즉 당사자 사이에 합의가 이루어졌으나 스마트계약 코드만이 잘못 표현되었다면 애초에 당사자가 합의한 내용대로의 계약이 당사자 사이에 성립한 것이고, 코드에 기재된 내용에 따라 어떠한 계약이 체결되었다고 볼 수는 없다(오표시 무해의 원칙¹²⁵⁾). 실행을 중단시킬 수 있는 명령문을 미리 삽입해두지 않았다면 스마트계약은 중단되지 않고 계속 실행될 것이므로, 잘못된 스마트계약의 거래결과를 상계할 수 있는 반대거래를 새로운 스마트계약으로 작성하여 블록체인에 등록하여 기존 스마트계약의 효과를 무효화시키는 후속 작업이 필요하다.¹²⁶⁾ 다만 쌍방의 협조가 있어야 가능한 방법이므로(반대거래를 블록체인에 등록하기 위해서는 당사자들의 비밀키가 필요하므로), 일방이 스마트계약 코드에 기입된 내용대로의 계약이 체결되었다고 주장하는 등 분쟁이 생기는 경우에는 블록체인 바깥에서 부당이득반환을 구하는 방법 등으로 해결하여야 한다. ② 계약당사자들 중 한 쪽만이 착오에 빠졌다면, 민법 제109조의 요건을 충족하는 한 취소를 허용해주어야 한다고 생각한다. 스마트계약이 블록체인에 공개됨에 따라 이를 기초로 이해관계를 맺는 제3자가 생기면 민법 제109조 제2항에 따라 보호하면 족하다. 취소권이 인정되더라도 스마트계약에 취소가 가능하도록 미리 설계해두지 않았

124) 법원이 스마트계약 코드를 해석하려 할 경우 기술적인 장벽 때문에 당사자의 의사를 제대로 탐구하지 못할 우려가 있으므로, 스마트계약 자체적으로 해석을 위한 기준을 탑재하여야 한다는 견해로 Michel Cannarsa, "Contract Interpretation", *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019), p. 112.

125) 대판 1996. 8. 20. 96다19581 등 참조.

126) 기존 스마트계약이 취소된 경우 목적물의 반환을 위하여 또 다른 스마트계약을 체결할 수 있다는 고형석, "스마트계약에 관한 연구", 민사법의 이론과 실무(제21권 제4호), 민사법의 이론과 실무학회(2018. 12.), 197면도 같은 취지라고 할 수 있다.

다면 자동실행에 따른 블록체인상의 거래를 무효화시키는 데에 지장이 생길 수 있는데, 그런 경우에는 스마트계약의 실행이 완료된 이후 블록체인 바깥에서 부당이득반환을 구하는 방법으로 해결해야 할 것이다.

(6) 프로그램 코드 내 오류(bug)에 따른 문제

스마트계약은 사람이 작성하는 프로그램이므로 고의나 실수로 인한 오류가 포함되어 있을 가능성이 얼마든지 존재한다.¹²⁷⁾ 잘못된 계좌로 대금이 송금되도록 하거나, 프로그램의 조건을 제대로 설정하지 않아 대금의 이중 지급이 일어나거나, 잘못된 금액을 송금하는 등 상황이 발생할 수 있다. 그런데 블록체인에 등록이 마쳐진 스마트계약은 원칙적으로 불변성 때문에 오류를 사후에 수정하기가 까다롭다.¹²⁸⁾ 일반적인 프로그램이라면 업데이트(update)나 패치(patch)를 통하여 오류가 있는 부분을 비교적 용이하게 사후 수정할 수 있는 것과의 차이이다.

스마트계약의 오류를 최소화하거나 효과적으로 피해를 복구하기 위한 대응책들은 계속 논의와 연구가 이루어지고 있는 영역이다. ① 먼저 보안상 허점이나 실행과정의 오류를 블록체인에 등록하기 전에 미리 감지하여 바로잡을 수 있는 기술적 수단들이 개발되고 있다.¹²⁹⁾ ② 거시적인 해결책으로, 정형적인 거래에 표준화된 스마트계약을 도입하여 오류나 허점이 발견되면 점진적으로 표준 자체를 보완하는 방안도 제시된다.¹³⁰⁾ 이 방법은 새롭게 체결되는 스마트계약들의 오류를 줄여 장기적으로 시장 전체에서 스마트계약의 신뢰도를 높여나가는 장점은 있으나, 이미 오류가 발생한 개별 스마트계약을 구제하기에는 실효적이지 않을 수 있다. ③ 사후적인 해결방안으로는 hard fork와 같이 해당 블록체인 내부에서 해결하는 방안이 있으나, 비상적인 수단일 뿐 통상적인 구제수단으로 기능하기는 어렵다. ④ 블록체인 바깥에서 법원에 부당이득반환이나 손해배상청구를 하는 방법으로 해결하기 위해서는 누구의 책임으로 스마트계약의 오류가 발생하였는지를 확정해야 할 텐데, 애초에 당사자 측이 개발자에게 실수로 잘못된 데이터를 제공한 것이 원인이라면 당사자 사이에서 착오의 범리로 해결될 가능성이 높고, 개발자가 프로그램 코드를 작성하는 과정에서 그의 책임으로 오류가 발생하였다면 개발자에게 프로그램 개

127) 김제완, 앞의 논문(주 105), 177면.

128) DiMatteo et al., op. cit.(주 41), p. 4.

129) Zheng et al., op. cit.(주 51), pp. 7~8.

130) Low & Mik, op. cit.(주 15), p. 31.

발계약의 불완전이행에 따른 손해배상책임을 묻는 것도 가능해 보인다.¹³¹⁾

3. 스마트계약으로 부동산의 물건변동을 구현하는 문제

가. 현실의 재화를 블록체인에서 거래할 경우 발생하는 난점

블록체인은 디지털 공간인 네트워크상에서 정보의 교환과 이동이 이루어지지만, 부동산은 우리가 사는 현실세계에 존재한다. 특히 스마트계약의 자동실행성은 부동산을 비롯하여 블록체인 바깥에 존재하는 재화(off-chain asset)를 거래할 때 한계를 내비치게 된다.

간단한 사례로 B가 A로부터 A 소유인 부동산을 매수하는 스마트계약을 체결하려는 데, B는 암호화폐로 대금을 지급하고 A는 B에게 부동산의 소유권을 이전해주기로 합의하였다고 하자. B의 암호화폐 계좌에서 A의 계좌로 대금을 송금하도록 프로그램 코드를 작성하는 것은 기술적으로 어려울 게 없다.¹³²⁾ 까다로운 부분은 A에서 B로의 소유권 이전을 스마트계약으로 어떻게 구현할지다.

실물자산에 관한 권리와 경제적 가치가 블록체인상에서 거래될 수 있도록 디지털 재화로 화체시키는 작업을 ‘토큰화(tokenization)’라고 부르는데,¹³³⁾ 부동산에 관한 제반 권리와 거래내역을 블록체인에 기록하는 것도 토큰화의 일종이다. 블록체인은 내용의 조작이 어려울 뿐 기본적으로는 정보를 기록하는 장부에 불과하다. 블록체인에 ‘해당 부동산의 소유자는 A에서 B로 변경되었다’는 사항을 기록하는 것만으로 현실에서 B가 부동산 소유권을 취득하지는 못한다. 현실에 존재하는 실물 자산의 경우 기존에 존재하는 실정법 질서가 권리관계를 이미 규율하고 있고,¹³⁴⁾ 우리 민법은 형식주의에 입각하여 부동산

131) 송인방·양영식, “블록체인 스마트계약의 상용화 대비를 위한 법적 과제”, 법학연구(제18권 제2호), 한국법학회(2018. 6.), 20~21면도 개발자의 책임에 관하여 유사한 견해를 취하고 있다.

132) B가 암호화폐가 아닌 실제의 통화를 지급한다고 가정하더라도, 오라클을 이용하여 미리 지정해둔 A의 계좌에서 B의 송금내역을 확인되는 경우에만 ‘대금지급’이라는 조건이 충족된 것으로 인식하도록 프로그램을 작성할 수 있다. 시중 은행이 자동이체에 사용하는 펌뱅킹망을 이용하여 대금결제가 가능하다는 제안으로는 진진형·김기형, “블록체인을 도입한 부동산 시장 시스템”, 2017년도 한국정보통신설비학회 학술대회, 한국정보통신설비학회(2017. 8.), 266면 참조.

133) OECD, *The Tokenisation of Assets and Potential Implications for Financial Markets*, OECD Blockchain Policy Series, (2020), p. 11.

134) Rod Thomas, “Blockchain’s Incompatibility for Use as a Land Registry: Issues of Definition, Feasibility and Risk”, *European Property Law Journal* Vol. 6, (2017), p. 368.

의 경우 법률행위로 인한 소유권의 취득은登記하여야 효력이 생기기 때문이다(민법 제186조).

이렇듯 블록체인 네트워크 내부와 바깥에 있는 현실세계 사이에는 괴리가 존재하는데,¹³⁵⁾ 간극을 메우려면 스마트계약이 어떠한 형태로든 현실에 존재하는 실물재화에 접근할 수 있어야 한다.¹³⁶⁾ 블록체인과 현실세계를 연결하는 작업은 암호화폐가 아닌 실물거래에 블록체인 기술을 도입하는 데에 있어 가장 많은 비용이 들고 어려운 작업이 예상되는 분야 중 하나다.¹³⁷⁾

나. 스마트계약으로 부동산의 물권을 이전하는 구체적인 방식들

스마트계약의 자동실행으로 부동산의 등기를 구현하는 방식에도 다양한 접근방식을 생각할 수 있다. 현재의 법 제도 내에서 기술적인 수단을 동원하여 자동적인 등기신청이 가능하도록 모색하는 방법이 있고, 부동산등기제도에 블록체인기술을 도입하는 방법, 스마트계약에 따른 거래는 등기가 필요하지 않도록 특별규정을 두는 방법도 논의될 수 있다. 장기적으로는 두 번째 방법이 바람직한 길이라고 생각한다.

(1) 현행 법제 내에서 해결하는 방안

가능한 한 현행 법 제도를 손대지 않고 기술적으로 해결하는 방법으로는 스마트계약의 실행 결과를 현행 등기기록에 실시간으로 반영할 수 있는 시스템을 구축하는 방안이 있다. 우리나라처럼 부동산등기부가 전산화된 경우라면 블록체인과 등기망을 연동하여, 스마트계약이 자동으로 등기신청을 할 수 있도록 설계하는 방법이다. 전자적인 방식으로 자동화된 등기신청을 지원하기 위하여 인터넷등기소 전자신청시스템¹³⁸⁾과 연계하는 방안을 생각할 수 있다. 아직은 당사자가 등기신청을 할 경우 등기의무자가 공인인증서로 전자서명을 직접 해야 하지만, 최근 개정되어 2020. 12. 10.부터 시행예정인 전자서명법은 블록체인을 활용한 전자서명수단의 도입가능성을 열어두고 있으므로,¹³⁹⁾ 자동신청 방

135) de Caria, op. cit.(주 29), pp. 28~29.

136) Raskin, op. cit.(주 43), pp. 309~310.

137) Martin von Haller Gronbaek, *Blockchain 2.0, Smart Contracts and Challenges*, Bird & Bird, (2016), <http://www.twobirds.com/~media/pdfs/in-focus/fintech/blockchain2_0_martinvonhallergroenbaek_08_06_16.pdf> (2020. 7. 10. 방문).

138) <http://www.iros.go.kr/pos1/jsp/help2/jsp/002004001001.jsp> (2020. 7. 30. 방문).

139) 개정 전자서명법(2020. 6. 9. 전부개정, 법률 제17354호) 제6조 제1항: 국가는 생체인증, 블록체인 등 다양한 전자서명수단의 이용활성화를 위하여 노력하여야 한다.

식은 기술적으로 해결이 가능할 것으로 전망된다.

한편 등기신청인은 등기원인을 증명하는 정보를 신청 시 제출하여야 하는데(부동산등기규칙 제46조 제1항 제1호),¹⁴⁰⁾ 스마트계약의 경우 처분문서에 해당하는 프로그램 코드의 제출로 충분할지가 문제된다. 등기관이 형식적 심사권만을 가지더라도, 프로그램 코드만을 제출한다면 그 코드가 실제로 당사자 사이의 계약서에 해당되는지부터가 심사하기가 곤란할 터이므로, 현실적인 문제 때문이라도 코드뿐만 아니라 자연어로 작성된 합의문을 일종의 해석본으로 첨부하여 함께 제출하도록 스마트계약을 설계함이 바람직하다.

다만 이러한 방식을 현실거래에 도입하기에는 몇 가지 문제가 있다. 먼저 스마트계약이 구동되는 블록체인과 등기망을 연동하는 과정에서 오류가 생길 수 있다. 등기신청을 자동화하는 코드 부분, 즉 블록체인과 등기망 사이의 연결부위는 블록체인 바깥에 있기 때문에 불변성으로 보호받지 못하므로 보안설계를 제대로 하지 않으면 외부공격에 취약할 수 있다. 퍼블릭 블록체인을 경유한 익명신청을 허용한다면 부동산실명제도를 위반할 소지가 있고,¹⁴¹⁾ 부동산의 진정한 권리자를 파악하기 어려워 등기의 공시기능을 저해할 뿐만 아니라 과세 등 다른 국가기능을 실현하기가 어려워진다. 스마트계약의 적법성이 문제되거나 오류가 발생하여 블록체인 바깥의 구제수단을 사용하려 할 때 상대방의 인적사항을 확인하지 못하여 곤란을 겪는 일도 벌어질 수 있다.¹⁴²⁾

(2) 블록체인에서 부동산등기제도를 운용하는 방안

부동산공부의 관리를 위하여 블록체인 기술을 도입하려는 시도가 국·내외에서 활발하게 벌어지고 있다. 선발주자인 조지아공화국은 2016년 토지등기부에 블록체인 기술을 적용하였는데, 국민들이 인터넷등기소 홈페이지에서 등기를 신청하면 인터넷등기소가 등기정보를 퍼블릭 블록체인인 비트코인 네트워크에 등록하는 방식이다.¹⁴³⁾ 스웨덴 부동산 등기청도 2018년부터 블록체인 기술을 사용한 부동산 거래 시스템을 시범운영 중이

140) 전자신청을 하는 경우라도, 전산정보처리조직에 의한 부동산등기신청에 관한 업무처리지침(등기예규 제1601-4호) 제4의 라.(1) 및 별지 제3호에 따르면 매매에 의한 소유권이전등기를 신청하기 위해서는 매매계약서를 필수정보로 첨부해야 한다.

141) 송인방·양영식, “부동산 거래에서 블록체인 스마트계약의 활용 가능성에 대한 연구”, 법학연구(제18권 제4호), 한국법학회(2018. 12.), 20면.

142) Thomas, op. cit.(주 134), p. 383.

143) Qiuyun Shang & Allison Price, “A Blockchain-based Land Titling Project in the Republic of Georgia”, *Innovations Technology Governance Globalization* Vol. 12, (2018), p. 76.

■ 법조 제69권 제4호(통권 제742호) 연구논문

다.¹⁴⁴⁾ 우리나라 정부는 2024년까지 부동산등기부를 포함한 부동산종합공부시스템에 블록체인 기술 기반의 데이터 공유방식을 적용하는 사업을 추진하고 있고,¹⁴⁵⁾ 관련하여 2019년 제주특별자치도에서 토지대장 등 국토교통부 소관의 공부 일부를 금융결제원이 노드의 하나로 참여하여 저장하고, 금융기관이 금융결제원의 시스템에 접속하여 확인하는 시스템을 시범적으로 운영하였다.¹⁴⁶⁾ 정부는 향후 금융대출뿐만 아니라 계약체결에서부터 등기이전까지 한 번에 가능한 블록체인 기반의 통합 부동산 거래 서비스로 발전시킬 계획을 세우고 있다.¹⁴⁷⁾

우리나라 정부가 부동산 거래에 블록체인 기술을 도입하는 방식이 구체적으로 어떤 구조를 예정하는지는 명확하지는 않으나, 첫 단계로는 부동산등기부를 정부기관, 법원(등기소), 금융기관이 네트워크 노드로 참여하는 프라이빗 블록체인에 탑재한 다음,¹⁴⁸⁾ 장기적으로는 민간 거래 플랫폼까지도 참여시켜 스마트계약에서부터 등기까지 블록체인 상에서 통합적으로 이루어지는 부동산 거래 플랫폼을 계획하는 것으로 파악된다.¹⁴⁹⁾

현행 부동산등기법제는 법원행정처에 등기정보중앙관리소를 두고 등기정보를 보관, 관리하는 전산정보처리조직을 운영하는 것을 전제하고 있다(부동산등기규칙 제9조). 분산원장기술을 핵심으로 한 블록체인 기반의 새로운 등기제도를 도입하기 위해서는 등기부의 개념을 바꾸거나 넓히는 방향으로 관련 법령의 개정이 뒷받침되어야 한다. 블록체인 상의 등기를 민법 제186조의 등기로 취급해주지 않는다면 블록체인의 기록만으로 물건변동의 효력발생요건을 갖출 수가 없기 때문이다.

부동산등기부를 블록체인으로 이전하면 권리변동의 내용이 투명하게 공개되고, 등기

144) 한국금융연구원, “스웨덴의 블록체인 기반 부동산 거래 시스템 구축”, 주간금융브리프(제27권 제6호), (2018. 3.), 1면.

145) 국토교통부 보도자료(주 1), 3면. 한편 대법원이 등기업무의 편의성을 증진하고 등기기록의 신뢰성을 강화하기 위하여 추진하고 있는 ‘미래등기시스템 구축사업’에는 등기부를 블록체인에 기록하는 내용은 포함되지 않은 것으로 보인다(공공투자관리센터, “국가등기체계 개편을 위한 미래등기시스템 구축사업”, 2019년도 예비타당성조사 보고서, 공공투자관리센터(2019. 1.), 67~68면).

146) 좌승훈, “제주도, 블록체인 부동산 거래시스템 도입 실무회의”, 파이낸셜뉴스(2018. 11. 9.).

147) 과학기술정보통신부·국토교통부 보도자료, “중이증명서 없이 편리하게...블록체인이 부동산 거래도 바꾼다”, (2018. 10. 30.).

148) 내부망과 외부망을 구별하여, 내부망은 국가기관만이 참여하는 단일주체 블록체인으로, 외부망은 금융기관들과 선별된 부동산중개업체 등이 참여하는 컨소시엄 블록체인 방식으로 이원화하여 구성하자는 견해로는 선종철·김진욱, “블록체인을 이용한 부동산종합공부시스템 참조모델”, 정보처리학회논문지: 컴퓨터 및 통신시스템(제7권 제11호), 한국정보처리학회(2018. 11.), pp. 284~285 참조.

149) 한국주택금융공사, “블록체인 기술 기반의 부동산 스마트계약 플랫폼 사업 동향”, 주택금융 Insight(제2020-2호), (2020. 1.), 3면

부에 기록되는 시간을 단축할 수 있으며, 관련 서류와 등기기록의 위·변조를 방지할 수 있다는 장점이 있다.¹⁵⁰⁾ 특히 등기부의 편성과 기록, 관리에 분산원장기술을 활용할 경우 조작가능성은 크게 줄어든다. 동일한 등기기록이 단일한 서버가 아닌 다수의 노드에 중복하여 기록되어 있기 때문에, 하나의 노드에 침입하여 기록을 조작하는 것만으로는 변조에 성공할 수 없기 때문이다. 우리나라의 전산화된 등기제도는 접근성과 효율성 측면에서 이미 세계적으로 선진적인 시스템이지만, 블록체인 기술의 적용을 통하여 등기기록의 무결성을 더욱 강화할 수 있다.

부동산등기부에는 퍼블릭 블록체인보다는 프라이빗 블록체인의 구조가 더 바람직하다고 생각한다.¹⁵¹⁾ 제한적으로 선별된 노드만 참가하는 프라이빗 블록체인의 경우에는 정보를 기록하고 검증하는 노드의 수가 한정되어 있기 때문에, 분산저장으로 정보의 조작가능성을 방지하는 측면에서는 퍼블릭 블록체인보다 불리하다. 프라이빗 블록체인은 설계하는 방법에 따라 얼마든지 특정한 관리자에게 정보를 수정·삭제할 권한을 부여할 수도 있다.¹⁵²⁾ 불변성에 따른 조작불가능성을 다소 후퇴시키는 셈이다. 그렇지만 프라이빗 블록체인의 종합적인 보안 수준이 퍼블릭 블록체인보다 반드시 떨어진다고 단정할 수는 없다. 우선 상대적으로 중앙집중적인 방식을 택하는 만큼 최신 보안기술을 도입하고 탑재하는 것이 퍼블릭 블록체인보다 용이하다. 또한, 국가기관이 신원을 확인하고 검증절차를 거친 사용자만 블록체인에 참여할 수 있도록 설계한다면 등기부에 잘못된 정보가 기록되는 상황을 억제할 수 있다.¹⁵³⁾ 블록체인 기술에 익숙하지 않은 사용자들이 비밀번호를 도난당하거나 분실할 경우가 생길 수 있는데,¹⁵⁴⁾ 국가기관이 블록체인을 수정할 수 있고 사용자의 실제 인적사항을 파악하고 있다면,¹⁵⁵⁾ 사용자가 새로 발급한 공개키 주소로 자산을 이전해주는 방식으로 개입할 수 있다.

150) Shang & Price, *op. cit.*(주 143), p. 73.

151) 반면 부동산 거래는 거래 당 가격이 높고 빈번하게 일어나지 않으므로 공개 블록체인으로 구성하는 것이 더 적절하다는 견해로는 이준원, “부동산거래와 블록체인에 관한 소고”, *부동산법학(제23권 제2호)*, 한국부동산법학회(2019. 7.), 39면.

152) 이렇게 블록체인에 기록된 사항을 수정할 권한을 가진 참가자를 ‘슈퍼유저(super-user)’라고 부르기도 한다 {Chris Reed et al., “Beyond BitCoin - Legal Impurities and Off-chain Assets”, *International Journal of Law and Information Technology*, (2018), p. 17}.

153) 관리자가 사용자의 인적사항을 파악하고 있다면 공전자기록등불실기재죄로 고발하거나 손해배상청구를 하는 등 민·형사상 책임을 물을 수 있다.

154) 한정희, “블록체인 부동산등기의 원리와 응용 연구”, *부동산학보(제73권)*, 한국부동산학회(2018. 5.), 69면.

155) 다만 개인정보보호를 위하여 이용자의 신원정보는 공개 원장이 아닌 비공개 원장에 별도로 기록하여 보관하는 것이 바람직하다(Reed et al., *op. cit.*(주 152), p. 13).

■ 법조 제69권 제4호(통권 제742호) 연구논문

블록체인 등기부가 실제적인 권리관계와 어긋났을 때 사후적으로 교정하기 위해서라도 국가기관이 등기기록을 수정할 권한을 부여할 필요가 있다. 법원의 판결에 따른 수정이 대표적인 사례이다.¹⁵⁶⁾ 블록체인의 합의 알고리즘은 기록되는 정보가 네트워크 내 부적으로 완결성을 지니는 점까지만 보장할 뿐,¹⁵⁷⁾ 기록된 정보가 블록체인 바깥의 실제 권리관계와 일치하는지까지는 장담하지 못한다. 오라클 기능을 이용하여 외부의 정보를 호출하여 검증을 하는 방법도 아직까지는 많은 한계가 있다. 부실기록을 방치한다면 등기부에 대한 신뢰도가 크게 떨어질 수밖에 없으므로, 이를 국가기관이 신속하게 수정·삭제할 수 있는 방법이 필요하다. 스마트계약이 블록체인 등기부와 연동하여 자동으로 등기까지 이루어지도록 작성되었는데, 스마트계약이 실제적으로 무효인데도 작동을 중단시킬 수 있는 코드를 미리 삽입해두지 않아 등기기록이 마쳐진 사례를 생각해보자. 이런 경우라면 실제관계와 어긋난 등기기록을 수정하기 위하여, 법관의 유효한 서명이 있는 판결을 조건으로 블록체인에 등록된 기록을 수정·삭제할 수 있도록 허용하는 것이 바람직하다.

즉 부동산등기부는 퍼블릭 블록체인이 내세우는 탈중앙화나 불변성의 장점을 다소 양보하더라도 프라이빗 블록체인의 방식으로 운영하는 방법이, 장기적으로 블록체인이 단순히 정보를 수록하는 원장의 차원을 넘어 법질서가 승인하는 권리의 변동을 기록하는 네트워크로 정착할 수 있는 방향이라고 생각한다. 다만 부동산 물권변동의 결과가 아닌 계약의 부분, 즉 부동산에 관한 스마트계약까지도 국가기관이 주도적으로 관리하는 프라이빗 블록체인에 일률적으로 통합하는 방안에 대해서는 유보적인 입장을 취하고 싶다. 스마트계약은 등기보다는 당사자 사이의 사적 자치가 훨씬 중요시되는 영역인 만큼 계약을 체결하는 방식의 자유를 보장하여야 하고, 다양한 유형의 블록체인을 활용하는 기술들이 시장에서 자유로이 경쟁하여 효율성, 보안성, 편의성 등이 뛰어난 스마트계약 플랫폼이 개발되도록 유도할 필요가 있기 때문이다.¹⁵⁸⁾ 예를 들어 부동산 거래의 완전한

156) Reed et al., op. cit.(주 152), p. 18.

157) 가령 동일한 부동산에 관하여 서로 모순되는 복수의 등기기록이 생기는 현상을 방지할 수 있다.

158) 정부는 2016년 8월부터 종이와 인감을 사용하지 않고 온라인 서명으로 부동산 거래에 관한 전자적 방식의 계약을 체결하고 계약서류를 공인된 문서보관센터에 보관하는 부동산 거래 전자계약시스템을 운영하고 있으나, 아직은 이용률이 전체 부동산매매와 임대차거래의 1%대에 머무는 등으로 보급에 난항을 겪고 있다 {최동현, “국토부, 부동산 전자계약 의무화한다, 아시아경제(2019. 7. 17.)}. 전자계약시스템은 스마트계약은 아니지만(중개인도 여전히 존재하고, 종이를 이용하지 않은 비대면거래를 가능하게 할 뿐이다), 사인 간의 거래 플랫폼을 국가 주도로 마련하는 것의 한계를 보여주는 사례라고 생각한다.

투명성에 가치를 두면 퍼블릭 블록체인 기반의 거래 플랫폼을 선호할 수 있다. 반면 어떤 사람은 부동산을 거래할 때 계약의 위·변조가능성을 제거하고 계약조건의 이행보장까지는 희망하더라도, 세부적인 계약내용이 블록체인 사용자들 모두에게 공개되는 것까지는 원하지 않을 수 있다. 그럴 경우 퍼블릭 블록체인의 규칙을 일부 수정한 프라이빗 블록체인 기반의 플랫폼이 더 유리할 수 있으므로, 당사자에게 선택권을 주는 게 바람직하다. 정리하면 부동산 거래에 있어 당사자 사이의 스마트계약은 사적 블록체인간 경쟁에 열어두고, 등기의 기록은 공적 블록체인이 맡는 방식이다. 물론 이와 같이 스마트계약과 등기부가 서로 다른 블록체인 네트워크에서 구동된다면, 서로 간의 연동과 호환을 어떻게 오류 없이 안전하게 보장할 수 있을지에 관하여는 향후 기술적으로 연구와 개발이 계속 필요하다.

(3) 등기가 불필요한 거래로 만드는 방안

급진적인 방법으로는 스마트계약으로 블록체인에서 이루어지는 일정한 범위의 부동산 거래에는 물권의 취득을 위하여 등기를 필요로 하지 않도록 만드는 방법(민법 제187조)이 있다. 그러나 스마트계약을 이용한 거래라고 하여 형식주의를 후퇴시킬 예외적 취급이 필요한지 의문이다. 당사자들은 계약의 형식을 자유로이 택할 자유가 있으므로 합의가 있는 한 스마트계약의 구속력을 인정하는 것에도 큰 무리가 없으나, 대세적인 효력이 있는 물권변동은 블록체인 바깥에 있는 물건에 관한 권리를 블록체인에 실시간으로 반영할 수 있는 기술의 발전, 즉 블록체인과 현실세계 사이의 괴리를 획기적으로 좁히는 방법이 등장하지 않는 한은 매우 신중하게 접근하여야 한다. 그렇지 않을 경우 자칫 기존 부동산등기부상 소유자와 블록체인상 소유자가 서로 불일치하여 누가 진정한 소유자인지에 관하여 추가적으로 분쟁이 발생할 수 있다.¹⁵⁹⁾

4. 토론: 스마트계약으로 부동산의 현실인도를 구현하는 문제

부동산의 현실인도와 같은 사실상 지배력의 이전은 스마트계약으로 구현하기가 더욱 까다롭다. 블록체인 상에서 현재 점유자를 변경한다는 내용을 기록하는 것만으로 블록체인 바깥에서 현상의 변경이 일어나지는 않기 때문이다. 그나마 부동산의 물권변동은 부

159) 블록체인과 종이로 된 권리증서 사이의 상충에 따른 이중소유의 문제를 지적한 견해로 김승래, “부동산거래의 블록체인에 의한 스마트계약 체계”, 부동산법학(제22권 제3호), 한국부동산법학회(2018. 11.), 114면.

■ 법조 제69권 제4호(통권 제742호) 연구논문

동산등기부라는 장부에다 기록을 함으로써 관념적으로 권리가 이전되는 효과를 부여하는 것인데, 계약당사자가 인도의무를 임의로 이행하지 않을 경우에는 물리력을 동원하여 현실에 개입하여야 할 상황이 생길 수 있기 때문이다.

기술적으로는 최근 널리 보급되고 있는 사물인터넷(Internet of Things) 기술을 동원하는 방법으로 간접적으로 인도의무의 이행을 강제하는 방법이 논의된다.¹⁶⁰⁾ 가령 A가 스마트계약으로 B에게 건물을 임대하였는데, 임대차기간이 적법하게 만료되었고 건물의 출입장치가 인터넷에 연결되어 있다고 하자. 스마트계약을 작성할 때 임대차가 종료하면 B의 출입권한을 정지시키는 코드를 삽입해두었다면, 임대차의 종료라는 조건이 충족된 경우 스마트계약이 출입장치에 정지명령을 보내어 B의 출입권한을 차단할 수 있다. 출입장치 외에 자동 단전·단수장치를 사용하는 것도 유사한 방법이다.

단 기술적인 구현가능성과는 별개로, 이러한 자동적인 강제조치를 담은 스마트계약 코드가 적법한지는 별도로 검토하여야 한다.¹⁶¹⁾ 법이 허용하는 한계를 넘어 물리적으로 영향을 주는 행위를 할 경우 민법상 불법행위나 형법상 범죄를 구성할 수도 있기 때문이다.¹⁶²⁾ 임대차계약을 근거로 임대인이 임차인의 차임연체를 이유로 행한 단전·단수조치가 형법상 정당행위에 해당하는지를 다룬 대판 2007. 9. 20. 2006도9157에서 제시된 기준¹⁶³⁾을 참고하여, 임대차가 종료되고 남은 임대차보증금 전액이 임차인 B에게 자동적으로 반환되는 것을 조건으로만 B의 출입을 차단시키도록 코드를 작성하면 위법집행의 문제를 피할 여지가 있다. 다만 이러한 강제방식은 어디까지나 간접적인 방식이라 계약의 완전한 이행을 보장한다고는 평가하기가 어렵다. 가령 출입정지 코드를 이용하더라도 B가 건물을 나가지 않으면서 버티는 경우까지 해결할 수는 없으므로 A로서는 인도단행가처분이나 건물인도의 소 등 다른 방안을 강구하여야 한다. 스마트계약이 판단한 임대

160) 미국의 경우, 차량의 리스료를 제때에 납부하지 않을 경우 리스회사가 차량의 시동을 걸지 못하도록 원격으로 시동장치를 정지시킬 수 있는 기계가 합법적으로 인정된다(김창희, 앞의 논문(주 106), 482면).

161) 채무자의 위법한 행위로 위로 발생하는 손해를 채권자가 감당하기 어려운 예외적인 경우에 한하여 단전·단수에 관한 자동 실행 코드가 적법하다고 평가될 수 있다는 견해로는 김창희, 앞의 논문(주 106), 484면.

162) 김현수, “블록체인 기반 스마트 컨트랙트와 계약법적 쟁점에 관한 소고”, 법학논총(제44권 제2호), 단국대학교 법학연구소(2020. 6.), 186면.

163) 대법원은 ‘임대인이 임차인의 차임 연체를 이유로 계약서상 규정에 따라 위 주점에 대하여 단전·단수조치를 취한 경우, 약정 기간이 만료되었고 임대차보증금도 차임연체 등으로 공제되어 이미 남아있지 않은 상태에서 미리 예고한 후 단전·단수조치를 하였다면 정당행위에 해당하지만, 약정 기간이 만료되지 않았고 임대차보증금도 상당한 액수가 남아있는 상태에서 계약해지의 의사표시와 경고만을 한 후 단전·단수조치를 하였다면 정당행위로 볼 수 없다고 판시하였다.’

차의 종료여부나 임대차보증금의 액수에 관하여 다툼이 발생하여 실행결과에 당사자들이 승복하지 않는 상황이 발생하더라도 당사자 사이에 별도 분쟁해결 절차를 거쳐야 할 가능성이 높다. 결론적으로, 현실인도의 경우에는 그 성질상 스마트계약의 자동실행성으로 구현하기에 아직은 적합하지 않다.

IV. 맺으며

당사자 사이의 합의를 담은 계약 언어에는 불명확한 개념들이 등장하는데, 이러한 불확정개념은 계약관계에 융통성을 제공한다. 모든 사항을 사전에 합의할 필요가 없으므로 교섭에 소요되는 시간과 비용을 절약할 수 있고, 돌발상황이 발생하더라도 당사자들 사이의 합의로 이해관계를 조정할 기회를 열어놓기 때문이다. 계약관계를 규율하는 각종 법령에도 등장하는 일반조항과 같은 불명확개념은 입법의 경직된 규율을 피하고 구체적인 타당성을 도모할 수 있도록 도와준다.

스마트계약은 추상적이고 모호한 개념과는 어울리지 않는 경직된 프로그래밍 언어로 작성되고, 블록체인에 한 번 등록된 스마트계약은 내용을 수정하기가 기술적으로 까다롭고, 도중에 실행을 중단시키기도 어렵다. 그렇다고 하여 장래 발생가능성이 있는 사건들을 미리 예측하여 프로그램 코드로 짜 넣는 것은 현실적으로 불가능에 가깝다. 계약과 계약법은 많은 곳에서 사후적 관점을 취하고 있는데, 이를 스마트계약의 사전적 관점으로 무리하게 기계적으로 변환하려다보면 당사자 누구도 의도하지 않은 불합리한 결과가 발생할 수 있다. 전통적인 계약과 계약법이 지닌 유연성을 스마트계약이 포섭하기 위해서는 자연어 처리기술의 발달과 같은 기술적 발전이 뒷받침되어야 한다.

특히 부동산 거래에 있어 스마트계약의 자동실행 기능으로 소유권이전 의무와 인도의무의 이행과 집행을 보장하기 위해서는, 블록체인 바깥에 있는 부동산에 관하여 물권과 점유를 어떻게 변동시킬 수 있을지, 즉 블록체인과 현실세계 사이의 간극을 어떻게 메꿀 수 있을지 고민이 필요하다. 우리 민법이 부동산 물권변동에 관하여 형식주의를 취하는 이상 자동적으로 등기가 이루어질 수 있는 방안을 마련해야 하는데, 부동산등기부를 국가기관이 관리·운영하는 프라이빗 블록체인으로 이전한 다음 스마트계약이 탑재된 블록체인과 연계·연동하는 방안을 생각해볼 수 있다. 반면 현실점유의 이전은 물리력을 사용해야 하는 문제가 있어 스마트계약으로 자동적인 집행을 구현하기는 까다롭다.

■ 법조 제69권 제4호(통권 제742호) 연구논문

새로운 기술의 선부른 도입은 오히려 불필요한 분쟁을 양산하고 신기술의 단점을 필요 이상으로 부각시켜 장기적으로 기술의 정착을 저해할 위험이 있다. 그렇다고 너무 보수적으로 접근하다보면 기술이 가져다주는 편익을 사회구성원들이 제때 누리지 못할 수 있다. 신기술이 도입되어 사용되는 과정에서 개발 당시에는 예상하지 못한 구체적인 문제점들이 포착되고, 그로부터 새로운 해결책과 보완책들이 나오면서 기술은 더욱 발전할 수 있다. 장래 자연어 처리기술이 발전하면 컴퓨터가 불명확한 개념을 이해하고 처리할 수 있는 폭이 지금과는 차원이 다르게 넓어질 것이고, 오라클 기능의 발달로 스마트계약이 블록체인 바깥의 세계를 인식하는 능력도 비약적으로 향상될 것이다. 수시로 기술의 발전 수준을 정확하게 분석하여 그에 대응하는 적합한 법 제도를 마련하여야 할 터인데, 이를 위해서는 컴퓨터공학과 법학의 교류가 계속 필요하다는 점을 마지막으로 강조하고 싶다.

■ abstract ■

Challenges Regarding the Application of Smart Contracts to Real Estate Transactions

- Acknowledging the Gap between Blockchain and Off-chain -

Ko, Youkang*

The Bitcoin hype that once shook the market might be over, but the underlying blockchain technology is still offering some promising future use cases. Smart contracts are one of the blockchain-related sectors that are attracting the most attention. This paper's objective is to discuss some precautions we should take before hastily applying smart contracts into real estate transactions, as the Korean government has recently initiated a project to develop a blockchain-based transaction system dedicated to real estate transactions.

This paper aims to cover two issues. The first issue is related to the practical difficulties entangled in the actual drafting, interpretation and self-execution of smart contracts in general. The second issue deals with the problems arising when attempting to transfer titles of real world ('off-chain') assets through smart contracts. The overarching analysis will tackle the yet unresolved tension among contract language's ambiguity, software code's rigidity, and blockchain's immutability.

While the definition of a smart contract has not reached a consensus, for the purpose of the discussion, I would like to define a smart contract as 'a program executable according to the predefined conditions, which is written based on the parties' agreement.' As the prevalent literature and practice focus on smart contracts running on blockchains, this paper will discuss smart contracts on the premises that they run on distributed ledgers.

One main obstacle to adopting smart contracts is the complexity of crafting smart contract language using rigid programming languages. Due to the immutable and self-executing features of smart contracts, contracting parties are required to foresee

* Judge, Seosan Branch of Daejeon District Court.

possible permutations of their relationship prior to the deployment. Not only is this task practically impossible, but it also is in conflict with the ambiguity and flexibility of the natural language profoundly used in contractual terms. There are some ways to mitigate this rigidity through implementing ‘kill switch’ codes from the outset, or by using oracles to import external events, but they all have certain limitations. Moreover, contract law principles should also be coded into smart contracts in order to achieve compliance with the existing law, which will introduce extra challenges.

Additional legal repercussions that can be triggered when on-chain transactions are tied with title transfers of off-chain assets, such as real property. Merely producing virtual representations of off-chain assets (‘tokenization’) would not be sufficient to bridge the gap between the blockchain and the real world. As a solution, the Korean government has plans to migrate the current real estate registry to blockchain networks. This migration might bring certain advantages, such as facilitating the potential integration with smart contracts, and preventing attempts of manipulating the records with the assistance of a decentralized storage system.

Smart contracts do not appear to be ‘smart’ enough, at least for the moment. However, a bright enough future still awaits, as NLP techniques are currently showing impressive advancements, and one day they are expected to enable the embracing of contract language and contract law’s ambiguity into smart contracts.

■ 참고문헌 ■

<국내문헌>

단행본

김용덕 편집대표, 『주석 민법[총칙 2](제5판)』, 한국사법행정학회(2019).

논문

- 고형석, “스마트계약에 관한 연구”, 민사법의 이론과 실무(제21권 제4호), 민사법의 이론과 실무학회(2018. 12.).
- 김병필·전정현, “블록체인 기술의 활용 범위에 관한 비판적 고찰”, 정보법학(제23권 제1호), 한국정보법학회(2019. 4.).
- 김승래, “부동산거래의 블록체인에 의한 스마트계약 체계”, 부동산법학(제22권 제3호), 한국부동산법학회(2018. 11.).
- 김제완, “블록체인 기술의 계약법 적용상의 쟁점 -스마트계약을 중심으로-”, 법조(제67권 제1호), 법조협회(2018. 2.).
- 김진우, “스마트계약과 약관통제에 관한 시론적 고찰”, 비교사법(제27권 제1호), 한국비교사법학회(2020. 2.).
- 김창희, “스마트계약에 수반되는 자력 집행에 관한 법적 연구”, 법학연구(제22권 제1호), 인하대학교 법학연구소(2019. 3.).
- 김현수, “블록체인 기반 스마트 컨트랙트와 계약법적 쟁점에 관한 소고”, 법학논총(제44권 제2호), 단국대학교 법학연구소(2020. 6.).
- 선종철·김진욱, “블록체인을 이용한 부동산종합공부시스템 참조모델”, 정보처리학회논문지: 컴퓨터 및 통신시스템(제7권 제11호), 한국정보처리학회(2018. 11.).
- 송인방·양영식, “블록체인 스마트계약의 상용화 대비를 위한 법적 과제”, 법학연구(제18권 제2호), 한국법학회(2018. 6.).
- _____, “부동산 거래에서 블록체인 스마트계약의 활용 가능성에 대한 연구”, 법학연구(제18권 제4호), 한국법학회(2018. 12.).
- 윤태영, “블록체인 기술을 이용한 스마트계약”, 재산법연구(제36권 제2호), 한국재산법학회(2019. 8.).
- 이규욱, “블록체인 기술 기반 스마트 컨트랙트에 관한 법적 연구”, 박사학위논문, 성균관대학교 법학전문대학원(2019).
- 이춘원, “부동산거래와 블록체인에 관한 소고”, 부동산법학(제23권 제2호), 한국부동산법학회(2019. 7.).

■ 법조 제69권 제4호(통권 제742호) 연구논문

- 전진형·김기형, “블록체인을 도입한 부동산 시장 시스템”, 2017년도 한국정보통신설비학회 학술대회, 한국정보통신설비학회(2017. 8.).
- 정경영, “암호통화의 본질과 스마트계약에 관한 연구”, 상사법연구(제36권 제4호), 한국상사법학회(2018. 2.).
- 정진명, “블록체인 기반 스마트계약의 법률문제”, 비교사법(제25권 제3호), 한국비교사법학회(2018. 8.).
- 한정희, “블록체인 부동산등기의 원리와 응용 연구”, 부동산학보(제73권), 한국부동산학회(2018. 5.).

기타자료

- 공공투자관리센터, “국가등기체계 개편을 위한 미래등기시스템 구축사업”, 2019년도 예비타당성조사 보고서, 공공투자관리센터(2019. 1.).
- 과학기술정보통신부 보도자료, “데이터 경제를 위한 블록체인 기술 개발 사업 예타 통과”, (2020. 6. 30.).
- 과학기술정보통신부·국토교통부 보도자료, “종이증명서 없이 편리하게...블록체인이 부동산 거래도 바꾼다”, (2018. 10. 30.).
- 국토교통부 보도자료, “포스트 코로나 시대, 블록체인 기반 부동산 거래 플랫폼 구축 추진”, (2020. 6. 26.).
- 입법정책연구원, 한국의 블록체인에 대한 법 규제 체계, 정책연구(2019).
- 좌승훈, “제주도, 블록체인 부동산 거래시스템 도입 실무회의”, 파이낸셜뉴스(2018. 11. 9.).
- 최동현, “국토부, 부동산 전자계약 의무화한다, 아시아경제(2019. 7. 17.).
- 한국금융연구원, “스웨덴의 블록체인 기반 부동산 거래 시스템 구축”, 주간금융브리프(제27권 제6호), (2018. 3.).
- 한국주택금융공사, “블록체인 기술 기반의 부동산 스마트계약 플랫폼 사업 동향”, 주택금융 Insight(제2020-2호), (2020. 1.).

<외국문헌>

단행본

- De Filippi, Primavera & Wright, Aaron, *Blockchain and the Law: The Rule of Code*, Harvard University Press, (2018).

논 문

- Bacon, Jean et al., “Blockchain Demystified: A Technical and Legal Introduction to Distributed and Centralised Ledgers”, *Richmond Journal of Law & Technology* Vol. 25, (2020).
- Borgogno, Oscar, “Usefulness and Dangers of Smart Contracts in Consumer Transactions”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019).
- Cannarsa, Michel, “Contract Interpretation”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019).
- de Caria, Riccardo, “Definitions of Smart Contracts: Between Law and Code”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019).
- Clack, Christopher D., “Smart Contract Templates: Legal Semantics and Code Validation”, *Journal of Digital Banking* Vol. 2, (2018).
- Clément, Marc, “Smart Contracts and the Courts”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019).
- Cuccuru, Pierluigi, “Beyond bitcoin: an early overview on smart contracts”, *International Journal of Law and Information Technology* Vol. 25, (2017).
- DiMatteo, Larry A. et al., “Smart Contracts and Contract Law”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019).
- Gatteschi, Valentina et al., “Technology of Smart Contracts”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019).
- Giancaspro, Mark, “Is a ‘Smart Contract’ Really a Smart Idea? Insights from a Legal Perspective”, *Computer Law and Security Review* Vol. 33, (2017).
- Fernandes, Diana Vieira, “Tokens, ‘Smart Contracts’ and System Governance”, *SSRN Electronic Journal*, (2019).
- Finck, Michèle, “Blockchains: Regulating the Unknown”, *German Law Journal* Vol. 19, (2018).
- Grimmelmann, James, “All Smart Contracts Are Ambiguous”, *Journal of Law & Innovation* Vol. 2, (2019).
- Heather Hughes, “Blockchain and the Future of Secured Transactions Law”, *Stanford Journal of Blockchain Law & Policy* Vol. 3, (2020).
- Hsiao, Jerry I-H, “‘Smart’ Contract on the Blockchain-Paradigm Shift for Contract Law?”, *US-China Law Review* Vol. 14, (2017).

■ 법조 제69권 제4호(통권 제742호) 연구논문

- Idelberger, Florian et al., “Evaluation of Logic-Based Smart Contracts for Blockchain Systems”, *RuleML 2016: Rule Technologies. Research, Tools, and Applications*, (2016).
- Kolluri, Aashish et al., “Exploiting The Laws of Order in Smart Contracts”, *ArXiv:1810.11605 [cs.CR]*, (2018).
- Low, Kelvin F K & Mik, Eliza, “Pause the Blockchain Legal Revolution”, *International and Comparative Law Quarterly* Vol. 69 No. 1, (2020).
- Marino, Bill & Juels, Ari, “Setting Standards for Altering and Undoing Smart Contracts”, *RuleML 2016: Rule Technologies. Research, Tools, and Applications*, (2016).
- Metcalf, William, “Ethereum, Smart Contracts, DApps”, *Blockchain and Crypto Currency*, (2020).
- Mik, Eliza, “Smart contracts: Terminology, Technical limitations and Real World Complexity”, *Law, Innovation & Technology* Vol. 9, (2017).
- _____, “Blockchains: A Technology for Decentralized Marketplaces”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019).
- O’Shields, Reggie, “Smart Contracts: Legal Agreements for the Blockchain”, *North Carolina Banking Institute* Vol. 21, (2017).
- Raskin, Max, “The Law and Legality of Smart Contracts”, *Georgetown Law Technology Review* Vol. 1, (2017).
- Reed, Chris et al., “Beyond BitCoin - Legal Impurities and Off-chain Assets”, *International Journal of Law and Information Technology*, (2018).
- Savelyev, Alexander, “Contract Law 2.0: ‘Smart’ Contracts as the Beginning of the End of Classic Contract Law”, *Higher School of Economics Research Paper* No. WP BRP 71/LAW/2016, (2016).
- Sayeed, Sarwar et al., “*Smart Contract: Attacks and Protections*”, *IEEE Access* Vol. 8, (2020).
- Schrepel, Thibault, “Collusion by Blockchain and Smart Contracts”, *Harvard Journal of Law & Technology* Vol. 33, (2019).
- Shang, Qiuyun & Price, Allison, “A Blockchain-based Land Titling Project in the Republic of Georgia”, *Innovations Technology Governance Globalization* Vol. 12, (2018).
- Sklaroff, Jeremy M, “Smart Contracts and the Cost of Inflexibility”, *University of Pennsylvania Law Review* Vol. 166, (2017).
- Szczerbowski, Jakub J, “Transaction Costs of Blockchain Smart Contracts”, *Law and*

Forensic Science Vol 16, (2018).

Tai, Eric Tjong Tjin, “Challenges of Smart Contracts: Implementing Excuses”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019).

Thomas, Rod, “Blockchain’s Incompatibility for Use as a Land Registry: Issues of Definition, Feasibility and Risk”, *European Property Law Journal* Vol. 6, (2017).

Tshibende, Louis-Daniel Muka, “Smart Contracts: Issues of Property and Security Rights”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019).

Unsworth, Rory, “Smart Contract This! An Assessment of the Contractual Landscape and the Herculean Challenges it Currently Presents for ‘Self-executing’ Contracts”, *Legal Tech, Smart Contracts and Blockchain*, (2019).

Verstraete, Mark, “The Stakes of Smart Contracts”, *Loyola University Chicago Law Journal* Vol. 50, (2019).

Wang, Jia & Chen, Lei, “Regulating Smart Contracts and Digital Platforms: A Chinese Perspective”, *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (1st ed.), (2019).

Werbach, Kevin & Cornell, Nicolas, “Contracts Ex Machina”, *Duke Law Journal* Vol. 67, (2017).

Zhao, Hongjiang & Coffie, Cephias P.K, “Economic Force of Smart Contracts”, *SSRN Electronic Journal* , (2018).

기타자료

Buterin, Vitalik, *A Next Generation Smart Contract & Decentralized Application Platform*, Ethereum White Paper, (2018).

Faridi, Omar, *Blockchains Must “Guarantee Immutability” to Remain Competitive*, Ethereum Classic Developer Says, Cryptoglobe, (2018).

Gronbaek, Martin von Haller, *Blockchain 2.0, Smart Contracts and Challenges*, Bird & Bird, (2016).

Levi, Stuart D. & Lipton, Alex B., *An Introduction to Smart Contracts and Their Potential and Inherent Limitations*, (2018).

Jimi S., *How Does Blockchain Work in 7 Steps – A Clear and Simple Explanation*, Good Audience, (2018).

Nakamoto, Satoshi, *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*, (2008).

■ 법조 제69권 제4호(통권 제742호) 연구논문

OECD, *The Tokenisation of Assets and Potential Implications for Financial Markets*,
OECD Blockchain Policy Series, (2020).

Szabo, Nick, *Smart Contracts*, (1994).

Szabo, Nick, *The Idea of Smart Contracts*, (1997).