

프라이빗 블록체인을 활용한 주택 재건축 안전진단 절차 및 기준에 관한 개념적 모형 제안*

Risk Assessment of Housing Reconstruction Projects Using Private Blockchain Technology: A Conceptual Model

조현범 Cho, Hyunbum**, 김기평 Kim, Ki Pyung***, 김수민 Kim, Sumin****

Abstract

Access to the information required for risk assessments of housing reconstruction projects is often complicated and time-consuming. This may lead to several issues with delivering housing reconstruction projects such as breach of duty and embezzlement while building occupants' actual needs and preferences are easily neglected. To address this, this research proposes a conceptual model based on a private blockchain platform and its Proof of Authority algorithm. To do this, a co-design method involving multiple construction and property experts was utilized. The proposed model shows its applicability and potential scalability to better manage critical information for housing reconstruction projects. Encouraging the active participation of certified workers and verifiers in trusted networks is believed to be the critical success factor of the proposed model. This informs regulators that promoting the unique benefits of established blockchain-based networks as well as "leading by example" should be prioritized.

Keywords: Housing Reconstruction, Risk Assessment, Private Blockchain, Proof of Authority

I. 서론

블록체인으로 널리 알려진 분산원장기술(Distributed Ledger Technology: DLT)은 정보를 공유, 관리, 유지하는 정보관리 인프라로서의 가능성이 인정되어 전 세계적으로 그 응용 및 활용 방법이 연구개발되고 있다. 국내에서도 이러한 흐름에 발맞추어 디지털 비대면 문화의 확산과 온라인 연결성 강화의 돌파구를 블

록체인에서 찾으려는 정부의 정책적 노력이 진행되고 있으며, 그 예로 2020년에는 초연결 및 비대면 신뢰 사회를 위한 '블록체인 기술 확산 전략'이 수립되었다(과학기술정보통신부 2020).

그러나 최근 블록체인을 적용한 디지털 서비스는 대부분 개인 신원인증 또는 단일 기록확인 서비스 등 단순한 정보인증에 국한되어 있기에 블록체인의 고유한 강점 및 장점들이 완전히 활용되지 못하고 있는

* 본 연구에서 제안된 내용 및 개념적 모형은 과학기술정보통신부에서 주최하고 한국인터넷진흥원에서 주관한 2021년 블록체인 대국민 아이디어 공모전에 제출되어 최종심사단계에 선발된 공모작에서 발췌하였음.

** 남호주대학교 경영대 조교수 및 서울과학기술대학교원 특임교수(제1저자) | Lecturer, UniSA Business, University of South Australia and Adjunct Professor, aSIST University | Primary Author | hyunbum.cho@unisa.edu.au

*** 남호주대학교 공과대 부교수(교신저자) | Senior Lecturer, UniSA STEM, University of South Australia | Corresponding Author | ki.kim@unisa.edu.au

**** 남호주대학교 경영대 조교수 | Lecturer, UniSA Business, University of South Australia | sumin.kim@unisa.edu.au

것이 현실이다. 특히 복잡한 분야의 다양한 이해관계자들이 참여하는 건설 및 부동산 사업 환경에서, 블록체인은 가치거래 및 정보 교환 등의 상황에서 정보 관리 인프라로서 의사결정의 효율성을 제고시키고 데이터의 신뢰도를 확보하는 방향으로 활용되지 못하고 있다.

이에 본 연구는 다양한 이해관계자들이 복잡한 절차를 따라 오랜 기간 상당량의 정보를 생성하고 복잡한 의사결정 과정을 거치는 주택 재건축 사업에 블록체인 기술을 적용하여 그 생산성을 향상하고, 정보와 의사결정의 신뢰성, 보안성, 투명성을 향상하는 동시에 그 과정에서 생성되는 빅데이터를 보다 효율적으로 수집, 관리, 분석, 활용하는 방안을 제시하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 재건축을 추진 중인 주택의 주거환경 데이터를 객관적으로 측정, 기록, 분석 및 공유하여 재건축 시 가장 오랜 시간이 걸리는 안전진단 평가에 활용될 수 있는 블록체인 기반 정보관리 플랫폼의 개념적 모형(Conceptual Model)을 제시하고자 한다.

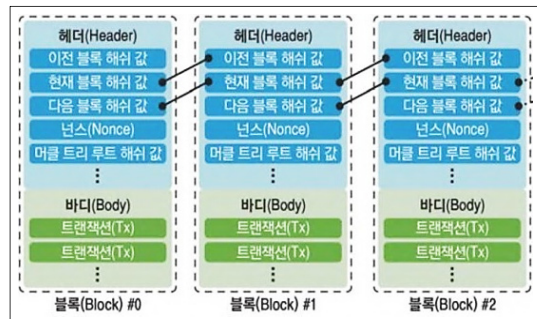
II. 문헌 고찰

1. 블록체인의 이론적 배경

블록체인 기술은 분산원장기술을 바탕으로 하여 기존의 중앙화된 Client-Server 기반이 아닌, Peer-to-Peer 분산형 네트워크를 기반으로 발명되었다(Park, Kim, Choi and Shim 2018). 이 기술은 특정 데이터가 새로 생성되거나 기존에 기록된 데이터에 변경사항이 있을 시 이를 고유의 해시값을 포함한 블록에 기록한 후 개별의 블록체인 네트워크 참여자들에게 전송하여 검증을 거치는 과정을 거친다. 일련의 과정을 통해 생성된 블록이 최종 승인되면, 해당 블록체인 내에서 기존에 존재하는

블록들의 해시값과 함께 기록, 연결되어 상호 의존하게 된다(<그림 1> 참조).

그림 1_블록체인 구조 및 의존성 성립



자료: 한국산업기술진흥협회 2016.

블록체인상에 존재하는 블록들 간의 상호 의존성 및 연관성은 해당 네트워크상에 존재하는 데이터 및 관련 트랜잭션(Transaction, 데이터 교환 기록)에 대한 신뢰성을 보장하는 데 핵심적인 역할을 수행한다. 기존의 시스템과 비교하면, 블록체인 참여자들은 해당 블록에 저장된 고유의 해시값을 비교하여 데이터의 위·변조 여부를 자체적으로 확인할 수 있다. 이에 따라 데이터를 검증하는 데 필요한 공적 기관의 역할을 하는 제3자 개입의 필요성과 이에 수반된 중개 수수료가 줄일 수 있다는 특징이 있다(이후빈 2020). 또한, 블록체인 내 기록된 데이터를 인위적으로 조작하기 위해서는 반수 이상의 네트워크 참여자(51% rule)가 필요하고, 일반적으로 10초 이내라는 아주 짧은 시간 안에 해당 작업을 완료하는 것이 필수이기에 단일 서버에 의존하는 기존의 시스템에 비해 데이터 보호에 있어 더 높은 안전성을 가지고 있다고 볼 수 있다(이후빈 2020; Shrestha and Nam 2019). 더욱이 기록된 데이터를 네트워크상의 모든 참여자들에게 쉽게 개방 및 공유할 수 있어 단일 서버에 부과되는 과부하로 인한 정보처리 지연 등의 문제점을 자체적으로 해결

할 수 있다는 장점이 있다(Komalavalli, Saxena and Laroia 2020).

이러한 장점들에 기반하여 2014년부터 에스토니아 정부는 블록체인 기술을 주민등록체계에 도입한 'E-Residency'라는 디지털 행정서비스를 운영 중이며, 월마트는 IBM사와 협력하여 2017~2018년 중국 내 매장들을 대상으로 블록체인을 기반으로 한 식품 유통관리 프로세스를 상용화하였다(Unny and Lai 2020). 또한, 호주에서는 2018년 연방과학산업연구소(The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation: CSIRO)의 주도하에, 국가에서 제공하는 장애 보험 제도(National Disability Insurance Scheme: NDIS)와 연동하여 'Smart Money'라고 명명된 블록체인 기술 검증(Proof of Concept: PoC)이 소개되었으며, 이를 이용해 보험금 지급 및 예산 편성 등의 목적으로 사용될 수 있을 것으로 예상하고 있다(Royal, Rimba, Staples and Gilder et al. 2018). 한편, 국내에서는 의료계 및 금융계에서 사용자 정보 확인 등의 목적으로 사용될 수 있는 블록체인 기반 시스템 'Nexledger'가 삼성 SDS에 의해 개발되었고(Arumugam and Sharma 2022), 2018년도에는 서울시 노원구 주도로 블록체인 기반 지역화폐 '노원(NW)'이 개발되어 운영 중이다(이상우 2019).

2. 블록체인 기반 기술과 종류

4차 산업혁명 기술의 발전과 더불어 블록체인 기술은 혁신적이고 신뢰할 수 있는 데이터 관리 기술로서 그 사용 방식과 적용 범주가 지속적으로 발전해 왔다. 블록체인의 진화 단계는 애플리케이션의 범주에 따라 현재 3단계로 나누어진다(Swan 2015). 제1세대 블록체인은 네트워크상의 사용자들 간 결제 시에 비트코인으로 대표되는 암호화폐가 사용되고, 그 트랜잭션 데이터가

모든 참가자들에게 분산되어 저장되는 퍼블릭 블록체인(Public Blockchain)의 형태이다(Xu, Pautasso, Zhu and Gramoli et al. 2016).

네트워크 내 모든 참여자의 합의에 따라 데이터의 신뢰성이 검증되기 때문에, 데이터의 투명성이 높고 다수가 참여할수록 보안이 강화되는 특징이 있다(Yang, Wakefield, Lyu and Jayasuriya et al. 2020). 그러나 다수의 합의에 도달해야 트랜잭션 데이터 및 관련 블록의 유효성이 검증되기 때문에 처리 속도가 느리며, 네트워크상의 불특정 다수가 블록에 접근할 수 있어 해당 네트워크를 대상으로 한 해킹의 위협이 존재하는 단점이 있다(Yang, Wakefield, Lyu and Jayasuriya et al. 2020, <표 1> 참조).

표 1_퍼블릭 블록체인과 프라이빗 블록체인 비교

구분	퍼블릭 블록체인	프라이빗 블록체인
참여 조건	네트워크상의 누구든 참여 가능	사전 허가된 기관/참여자
참여 제어	불가능	가능(사전 허가 및 권한이 부여/제한)
암호화폐	필수조건	필요하지 않음
블록 검증속도	느림	빠름

제2세대 블록체인에서는 퍼블릭 블록체인의 블록 검증 속도가 느린 점을 보완하기 위해, 프라이빗 블록체인(Private Blockchain) 기술이 등장하여 적용되었다. 프라이빗 블록체인은 오직 허가받은 기관 또는 사용자에게 네트워크 접근 권한을 제공하는 사전지정 사용자 전용 블록체인으로 정의할 수 있다(Yang, Wakefield, Lyu and Jayasuriya et al. 2020; Wang, Zhang, Xu and Zhou 2019). 많은 수의 참여자들을 위해 비트코인 발행 및 운영이 필요한 퍼블릭 블록체인과는 다르게, 프라이빗 블록체인에서는 거래 및 결제와 관련하여 법적

인 책임을 지는 이해관계자들만이 네트워크에 참여하기 때문에 데이터의 트랜잭션 속도가 더 신속하며, 지적재산권 및 데이터 보안성 확보 측면에서 장점이 있어 최근 여러 분야에서 그 효용성을 인정받고 있다 (Ghazal, Hasan, Abdullah and Bakar et al. 2022; Yang, Wakefield, Lyu and Jayasuriya et al. 2020; Dorri, Luo, Kanhere and Jurdak et al. 2019). 특히 제2세대 블록체인의 경우 Szabo(1994)의 스마트계약(Smart Contracts) 기술을 구현 및 적용하였는데, 이는 제3자의 개입이 불필요한 네트워크 참여자들 간의 자동화된 계약 확인 시스템으로 정의할 수 있다. 이를 위해 네트워크상 참여자들 사이의 선제적 규칙 제정 및 상호 신뢰 수립이 필수 불가결하며, 이를 기반으로 참여자들 간의 상호 계약 조건 이행 여부를 자동으로 확인한다(Khan, Loukil, Ghedira-Guegan and Benkhelifa et al. 2021; Singh, Parizi, Zhang and Choo et al. 2020). 이를 통해 퍼블릭 블록체인에 비해 보다 신속하고 안전한 트랜잭션을 가능하게 한다는 장점을 가지며, 이는 다양한 이해관계자들이 복잡한 의사결정 과정을 거쳐 오랜 기간 상당량의 정보를 생성하여 그 신뢰성과 투명성이 중요하게 대두되는 주택 재건축 사업과 같은 경우에 있어 더욱 유용하다고 할 수 있다. 이에 국내의 최근 연구에서도 프라이빗 블록체인의 건설 및 부동산 관련 정보 관리 인프라로서의 가능성과 확장성이 논의되고 있다 (김승호, 강혁, 이근호 2022; 한정희 2021; 왕호성, 문신혜, 한능우 2020).

3. 주택 재건축 사업과 프라이빗 블록체인

건설 및 부동산 산업은 단순히 주택이나 주거지의 공급을 넘어 국가 경제 및 국민의 주거 복지에 미치는 영향이 크며 그 특성상 주민, 정부 기관, 건설업체, 관리업체 등 다수의 참여자와 관련이 있다. 그중 주택

재건축 사업은 주택 가격 안정화뿐 아니라 도시의 슬럼화 방지에도 기여하여 그 중요성이 더욱 크다고 할 수 있다(이용만, 배순석 2007). 다만 평균 사업 기간이 10년에서 길면 20년으로 그 계획 및 실행 기간이 다른 건설 또는 부동산 사업에 비해서 복잡하고 긴 편으로 관련 정보의 관리 및 의사 결정, 필요 자재의 생산, 유통, 보관, 활용에 이르기까지 더욱 투명하고 효율적인 관리가 필수이나 아직까지 신뢰성이 높은 일원화된 시스템이 부재한 상황이다(Yang, Wakefield, Lyu and Jayasuriya et al. 2020; 이진규 2014).

또한 현재 재건축 사업은 정부 기관이 주도하는 것이 아니라 민간 위주로 진행되고 있어 재건축 추진위원회와 조합 구성 및 인가 과정에서 여러 가지 법적인 문제들이 발생하기 쉬운 구조이며, 재건축 조합의 임원들과 조합장에 의한 횡령 및 업무상 배임 등의 문제들도 실제 보고되고 있다(최형선 2016).

이러한 문제들의 근본적인 원인 중 하나로 주택의 실제 거주민과 조합원 대다수의 의견이 재건축 사업의 진행 시에 충분히 반영되지 못하고 있다는 점을 뽑을 수 있다. 즉 수많은 조합원들이 모든 재건축 사업 관련 업무들에 참여하는 것은 현실적으로 매우 어렵기 때문에 재건축 추진위원회 설립 및 임원 선출 등과 같은 중요한 사안에서 주도적인 소수의 인원이 이끄는 방향으로 진행되는 문제가 발생한다(김주덕 2023). 특히 임차인의 비율이 높은 공동 주택의 경우에는 이와 같은 문제가 더욱 두드러지는 편이다(박환용, 김호권 2007). 불투명한 정보와 제한된 정보 접근 권한에 덧붙여 재건축 추진위원회와 조합원들의 재건축 사업에 대한 이해와 전문성이 부족한 점도 또 다른 문제점으로 지적된다(황태운 2014). 이와 관련하여 「도시개발법」은 조합원들의 알권리를 보장하기 위하여 재건축 사업과 관련된 다양한 계획 문서들이 작성 및 변경된 경우 이를 모든 이해관계자들에게 공개하

는 것을 원칙으로 한다. 그러나 정보 미공개 또는 정보 공개 거부에 대한 처벌 규정이 미비하여 재건축 사업 계획 및 실행 정보들이 모든 조합원과 부동산 소유자 그리고 임차인들에게 투명하게 공유되고 있지 않은 것이 현실이다.

한편 2023년 현재 재건축을 포함한 국내외 건설 및 부동산 산업에서는 대부분 이론적인 고찰이나 연구 모형의 제시에 그쳐 실제 블록체인의 적용 및 운용 사례가 많지 않은 것이 실정이나(Kim, Lee and Kim 2020; Yang, Wakefield, Lyu and Jayasuriya et al. 2020), 상기한 어려움을 극복하기 위해 블록체인의 활용성이 주목받고 있다(Kiu, Chia and Wong 2022; Scott, Broyd and Ma 2021; Kim, Lee and Kim 2020; Perera, Nanayakkara, Rodrigo and Senaratne et al. 2020). 가령, 최근 홈 오토메이션, 보안 및 방법, 에너지 소비 관리 등의 목적으로 흔히 사용되는 스마트 홈 시스템은 시스템 중앙화를 기반으로 소수의 중앙 제어 기기들을 통해 여러 대의 IoT 기기들을 제어할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 정보 공유를 위한 실시간 네트워크 구축과 개인 정보 보호를 위한 암호화 기술에 대한 보안 및 프라이버시 위협은 현존하는 문제점으로 지적되고 있어 그에 알맞은 해결책이 필요하다(Farooq, Khan, Rehman and Abbas et al. 2022; Baucas, Gadsden and Spachos 2021; Davis, Mason and Anwar 2020; Arif, Khan, Rehman and Kabir et al. 2020). 다수의 연구는 이러한 문제점들의 해결책 중 하나로 프라이빗 블록체인을 제안하고 있으며(Park and Chang 2023; Baucas, Gadsden and Spachos 2021; Qashlan, Nanda, He and Mohanty 2021; Qashlan, Nanda and He 2020a; 2020b; Tantidham and Aung 2019), 특히 이들 연구는 스마트 계약의 활용이 외부 침입자의 스마트 홈 시스템으로의 허가되지 않은 접속을 막음과 동시에 관련 정보의 위변조를 방지하는 데 강점이 있다고 강조하고 있다. 이와 관련

하여 Aung and Tantidham(2017)은 사용자의 설정사항을 스마트 계약을 바탕으로 기록하여 개인 설정 정보를 안전하게 저장 및 관리할 수 있는 스마트 홈 시스템 모형을 제안하였고, Park and Chang(2023)의 최근 연구에서는 스마트 계약을 통해 프라이빗 블록체인 네트워크상에 허가되지 않은 시스템으로의 접속을 방지하고, 기존에 제시된 스마트 계약 모형들보다 더욱 빠른 정보 처리가 가능함을 보여주었다.

실제 현장에서 적용되고 있는 블록체인의 경우 대규모 사업의 원도급자와 많은 하도급자들 사이에 자주 발생할 수 있는 지급 불이행의 위험을 최소화하기 위해 프라이빗 블록체인 기반 스마트 계약의 활용이 늘어나고 있는 것이 현재 추세이다. 예를 들어, 2017년 유럽연합에서는 프라이빗 블록체인 플랫폼 'BIMChain'을 개발하였으며, 미국과 캐나다를 기반으로 하는 Inteliwave Technologies는 건설 부자재 관리 프라이빗 블록체인 플랫폼 'SiteSense'를 개발하여 현장의 건설 부자재 및 장비 재고 등을 실시간으로 파악하고 불필요한 구매와 낭비를 줄이며 가장 최적화된 시점에서 구매 주문하는 목적으로 사용하고 있다(Greenwald 2020). 한편 국내에서는 공공문서의 이력 및 무결성 관리와 진본 확인에 스마트 계약을 활용하는 방법과(왕호성, 문신혜, 한능우 2020), 부동산 등기 및 거래에 권위증명(PoA)을 기반으로 한 스마트 계약을 활용하는 방안이 제시되었으며(한정희 2021), 권위증명을 바탕으로 한 부동산 거래 시 참여하는 이용자들의 역할을 규정할 수 있는 모형 또한 제시되었다(김승호, 강혁, 이근호 2022).

위의 사례들에서 보았듯이 프라이빗 블록체인과 스마트 계약이 제공하는 정보처리 속도가 빠르고 사전 허가된 참여자만이 정보를 추가, 변경 및 관리할 수 있다는 특징점들은 재건축 사업이 가지고 있는 불투명한 정보처리 과정 및 관련 정보에 대한 접근성을 개선하

고, 해당 사업을 더욱 효과적으로 계획, 실행 및 관리하는 데 활용할 수 있다고 판단된다. 특히 현재 주택 재건축 판정을 위한 안전진단 기준(2023)은 1) 주거환경 30%, 2) 건축 마감 및 설비 노후도 30%, 3) 구조 안전성 30%, 4) 비용분석 10%로 이루어져 있는데(국토교통부 2023), 안전진단 기준 2)와 3)은 정량적으로 진단하고 분석하여 객관적인 수치로 파악할 수 있으나 주거환경과 같은 다소 주관적인 기준은 정량적으로 진단 및 분석하는 것이 쉽지 않은 편이다. 예를 들어 구조 안전성은 재건축 판정 기준으로 양호한 상태지만, 층간 소음이나 재난 시 소화 용이성 등의 주거환경이 매우 부실한 상태라면, 이는 이웃 간의 분쟁 및 소송으로 인한 사회적 비용이 발생하고 화재와 안전사고 등 소중한 생명을 잃는 사망사고로 이어질 수 있다(구한민, 김갑성 2021). 사실 그동안 재건축 안전진단 시, ‘주거복지’ 관련 데이터를 안전진단에 활용하기 위한 논의는 있었으나, 재건축 이해 당사자에 의해 관련 정보 및 데이터가 거짓으로 조작 및 기록될 우려와 보안사고 및 해킹 등의 위협으로 인해 그 논의가 더 이상 진척되지 못한 부분이 있다(강미나, 안흥기, 유미경 2015). 즉 정보의 투명한 공개와 공유 그리고 관리의 문제가 재건축 사업에서 주민들의 주거 복지에 관한 의견을 반영하는 데 근본적인 어려움으로 작용하고 있다고 볼 수 있다. 사회적 비용을 감소하고 주민들에게 더 안전한 환경을 제공하기 위하여 재건축 안전진단 시 주거복지의 데이터가 반드시 측정, 기록, 보관, 관리 및 활용이 되어야 함을 고려할 때 블록체인 기술을 기반으로 하여 보다 투명하고 신뢰성 있는 데이터 및 플랫폼의 구축과 활용은 재건축 안전진단에 있어 유용할 것으로 생각한다. 특히 사전 검증된 이해관계자들이 참여하는 프라이빗 블록체인이 제공하는 특징들은 재건축 사업 관련 정보 공유 및 관리 그리고 의사결정에 있어 더욱 적합한 기능이라고 생각한다.

III. 연구 방법

본 연구에서는 재건축 판정 진단을 위한 블록체인 플랫폼 모형을 만들기 위해서 Co-Design 방법론을 택하였다(안성희 2020). 총 3명의 건설 및 부동산 분야에서 다년간의 연구와 실무 경험을 가진 전문가들이 기존 프라이빗 블록체인 사례들을 분석하여 파악한 교훈들을 바탕으로, 2021년 10월부터 2023년 10월에 걸쳐 7회의 기획 및 발달, 수정 단계를 거쳐 플랫폼 모형을 구축하였다. 본 연구에서 제안된 모형은 과학기술 정보통신부에서 주최하고 한국인터넷진흥원(KISA)에서 주관한 2021년 블록체인 대국민 아이디어 공모전에서 최종 20위 안에 선정된바, 이는 현재 프라이빗 블록체인을 재건축 프로젝트에 적용 및 실증한 사례가 매우 드물며 실질적으로 벤치마킹할 수 있는 관련 사례가 극히 제한되어 있음을 고려할 때, 제시된 모형의 혁신성과 가능성을 간접적으로나마 보여주었다고 할 수 있다.

1. 블록체인 알고리즘의 선택

현재 블록체인에서 작업증명(Proof of Work: PoW) 방식과 지분증명(Proof of Stake: PoS) 방식이 다양한 산업에서 널리 활용되고 있으나, 이 두 방식은 프라이빗 블록체인 환경이 필요한 산업에서의 적용과 그로 인한 확장성의 문제를 안고 있다(하창동, 박승열, 오서은, 이강석 외 2022). 특히 재건축 사업은 다양한 이해관계자, 매우 복잡한 절차, 오랜 사업 기간을 기본 특성으로 가지고 있고, 관련 업무 실행 시 높은 전문성이 요구되기 때문에 비전문가 및 해당 주택과 관련 없는 불특정 다수의 인원을 중심으로 계획, 시공 및 실행 관련 데이터가 검증되는 퍼블릭 블록체인 구조는 적합하지 않다고 볼 수 있다. 실제 주택 소유자나

임차인이 아닌 해당 주택과 무관한 다수의 타인이 주거 환경 데이터를 파악하고 진단하여 그 진실성을 검증한다는 것은 현실적으로 여러 한계가 존재한다.

이를 고려하여 본 연구는 권위증명(Proof of Authority: PoA) 방식의 알고리즘을 사용한 프라이빗 블록체인 기반의 플랫폼을 설계하였다. 권위증명 방식이란 사전에 이미 합의되고 검증된 노드(참여자)를 통해서만 최종 블록이 형성되는 프라이빗 블록체인의 알고리즘이다. 이러한 권위증명 방식에서는 합의된 참여자들을 대상으로 운영되므로 플랫폼의 보안성을 높일 수 있으며, 권한을 가진 '인증된 증명자들(Certifiers)'에 의해서만 블록이 생성되기 때문에 그 신뢰성 또한 확보할 수 있어 다양한 이해관계자와 재건축 조합원을 대상으로 한 재건축 사업에 작업증명이나 지분증명 방식에 비하여 더욱 알맞은 알고리즘 합의 방식으로 판단되었다.

본 연구에서 언급한 '인증된 작업자들(Verifiers)'이란 재건축 안전진단과 관련된 항목을 평가하고, 합당한 수리 및 유지 보수 작업을 수행하는 자격을 갖춘 전문 기관 혹은 전문가 집단을 칭하며, '인증된 증명자들(Certifiers)'은 재건축을 관리 및 감독하는 구청 및 지방자치단체 혹은 프라이빗 블록체인의 인증, 관리 및 감독을 관장하는 제3의 전문 기관을 칭한다. 모든 이해관계자들에 의해서 발생하는 데이터 트랜잭션은 SHA-256 해시 알고리즘을 통해 생성되는 64자리 해시값으로 기록되며, 다양한 데이터들은 취합되어 하나의 블록 내에 머클루트(Merkle Root) 해시를 생성하게 된다.

2. 모형 구축 단계별 이슈

재건축 안전진단 및 평가에 필요한 데이터의 생성부터 분석 및 재건축 프로젝트에 활용하는 단계까지, 데

이터의 신뢰성, 보안성, 투명성, 및 활용성을 확보하는 것은 본 모형의 가장 핵심적인 요소이다. 이를 성취하기 위해 권위증명 방식 알고리즘을 본 연구에서 채택하였다. 한 가지 유의할 점은 비록 본 연구에서 채택한 권위증명 방식 알고리즘이 신뢰성, 보안성, 투명성 및 관리의 용이성 등의 장점을 제공할 수 있다고 할지라도, 높은 신뢰성을 가진 트랜잭션 데이터의 생성 및 성공적인 활용은 전체 블록체인 모형의 완성도에 달려 있다는 점이다.

이에 본 연구에서는 재건축 안전진단에 필요한 여러 데이터 중 주거환경과 건축물의 안전이라는 두 가지 주요 데이터를 주택의 실거주자를 통해 수집하는 것이 가장 정확하고 실질적이라는 결론을 얻었다. 재건축 추진이 예상되는 단지의 거주민들은 재건축 추진 협의체가 만들어지는 동시에, 최초의 정밀 주거환경 세대별, 층별, 동별, 평형별, 향별, 단지별 등으로 그룹화, 진단하여 최초의 블록으로 형성하며, 이는 향후 측정 및 기록될 블록들과 비교 분석되는 벤치마킹 자료가 된다.

최초 블록을 생성한 후, 관련 거주민들은 약 1년 동안 안전진단에 필수적인 주거환경과 안전에 관한 데이터를 수집하여 재건축 안전진단 플랫폼을 통해 재건축 추진 협의체에 보고한다. 이 부분에서 한 가지 유의할 점은 조속한 재건축 추진이나 이해관계자들에게 유리한 안전진단 결과를 얻기 위한 허위 또는 과장된 보고의 우려가 존재한다는 점이다. 특히 블록 생성의 첫 단계인 데이터 생성에 결함이 발생한다면 데이터의 신뢰성과 객관성이 결여되기 때문에, 거주민이 보고한 여러 주거환경 데이터들의 심각성과 신뢰도를 객관적으로 평가하는 2단계 작업이 필수라고 볼 수 있다.

이와 관련하여 권위증명 방식을 통해 신뢰할 수 있으며 사전에 철저히 인증된 작업자들(Verifiers)에 의해서 전 단계에서 생성된 데이터를 객관적으로, 그리고

물리적으로 오프라인에서 입증한다면, 1차 데이터의 생산자가 서로 이해관계가 충돌할 수 있는 거주민이라는 점과 관련하여 발생할 수 있는 필연적인 문제를 해결함과 동시에 생산된 데이터의 신뢰성, 보안성, 투명성을 확보할 수 있다고 판단된다. 권위증명 방식 기반의 프라이빗 블록체인이 관련 데이터의 신뢰도 및 투명성 확보를 가능케 하는 부분은 고급 와인 시장을 대상으로 한 연구에서 실증되어 그 활용성을 검증받은 바 있다(Helliar, Crawford, Rocca and Teodori et al. 2020).

Helliar, Crawford, Rocca and Teodori et al.(2020)에 따르면 2단계에서 인증된 작업자, 즉 Verifiers는 이탈리아 농림식품관광부 장관으로부터 사전 인증되고 관련 권한을 받아, 포도의 생산 과정을 물리적으로 직접 확인 및 입증하는 역할을 한다. 이들은 각 와인 농장의 농장주들이 개별적으로 생성하는 데이터, 즉 블록체인에 연결되지 않은 오프체인 데이터(Off-Chain Data)를 직접 물리적으로 확인(Physically Check) 하고 입증(Verify)하는 역할을 한다. 이와 동일하게 본 연구에서 제안한 블록체인 모형에서는 '인증된 작업자들'만이 거주민이 생성한 주거환경 및 실질적인 건축물의 위험도 등 안전에 관한 데이터의 신뢰성과 심각성을 물리적으로 확인하고 입증하는 역할을 수행하게 되며, 필요한 경우 직접 수리를 담당하게 된다. 이와 같은 확인 및 입증의 역할은 Helliar, Crawford, Rocca and Teodori et al.(2020)에서 논의하였듯이, 정부로부터 사전 인증된 자격을 갖춘 건축물 유지, 보수 및 수리 전문 업체 또는 관련 정부 기관(한국토지주택공사 등)이 맡는 것이 적절할 것으로 사료된다.

블록체인 데이터 확인 및 검증 프로세스의 최종 단계(3, 4단계)에서는 제3의 관련 기관, 즉 인증된 증명자들(Certifiers)이 2단계에서 확인 및 입증된 데이터가 관련 법에 저촉되거나 미흡한 점이 없는지 등을 객관적으로 최종 검증한 후, 재건축 안전진단 블록체인 플랫폼

폼에 입력하고 블록들을 연결한다. 객관적인 제3의 관련 기관은 재건축 사업 관리 주체인 각 구청 혹은 지자체가 그 역할을 하면 가장 좋을 것으로 사료된다. 집단이나 기관의 독점적인 행태나 부정에 대한 우려가 있는바, 이에 대한 대안으로 재건축 안전진단 데이터를 인증할 수 있는 전문 '인증' 기관을 설립하는 것을 고려할 수 있다. 이후, 제안된 블록체인 모형의 최종 단계(5, 6단계)에서는 플랫폼 내에 축적된 데이터를 바탕으로 재건축 안전진단을 객관적으로 분류 및 분석하게 된다. 재건축을 관장하는 주무부처인 국토교통부 혹은 안전진단 인증을 담당하는 전문 인증 기관에서 관련 데이터의 관리 감독 및 분석을 하는 것을 기본으로 하나, 그 확장성에 있어서는 일부 민감한 데이터를 제외한 데이터를 민간에 개방하여 더 활용성 높은 데이터 분석 및 활용을 유도하여 재건축 안전진단 관련 다양한 서비스들이 나올 수 있도록 하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 예를 들면, 아파트 실거래가 등의 데이터는 국토교통부에서 관리 및 공개를 하고 있지만, 이러한 데이터를 활용하여 네이버, 다음, 직방, 다방, 호갱노노 등 다양한 민간 회사들이 제3의 부동산 관련 서비스를 제공하는 것과 유사하다고 볼 수 있다.

전체 블록체인 데이터 흐름 단계에서 2단계에서의 인증과 3단계에서 실행되는 검증의 가장 큰 차이는 블록들이 체인으로 연결되어 블록체인을 형성하는지의 유무이다. 즉 2단계 인증이 블록체인 생성에는 관여하지 않는 독립된 1차 데이터에 대한 확인 및 입증이라면, 3단계 검증은 2단계에서 입증된 데이터의 적법성과 적절성을 최종 확인한 후 인증된 증명자들의 책임 하에 최종 데이터 블록을 생성하고 연결하는 역할을 한다. 이미 이탈리아 와인에 적용된 사례에서 실증되었듯이 인증된 증명자들만이 블록을 생성하고 체인에 연결하는 권한을 부여하는 방식은, 본 연구에서 채택한 권위증명 방식의 안정성을 향상하는 역할을 한다.

특히 이탈리아 와인 사례에서 사용한 프라이빗 블록체인 시스템 'MyStoryTM'은 노르웨이에 본사를 두며 160년의 역사를 가지고 있는 글로벌 인증(Assurance) 및 위기 관리(Risk Management) 기관인 '노르세베리타스(Det Norske Veritas: DNV)'가 개발한 시스템이다. 블록체인 기반의 오프체인(Off-Chain)상에서 다양한 활동과 데이터에 대한 '디지털 인증' 서비스를 제공하고 있으며, 현재는 와인 산업뿐만 아니라, 패션 및 친환경 분야에 그 확장성을 시험하고 있다(DNV n.d.). 또한 MyStoryTM에서 사용한 블록체인 플랫폼은 세계적인 '권위증명' 블록체인 플랫폼 개발 및 운영 회사인 비체인(VeChain)에 의해 개발되었으며, BMW, 월마트 등 전 세계적으로 3,000개 이상의 기업이 사용하고 있어 총 1억 건 이상의 거래 기록을 보유하고 있다(VeChain n.d.). 즉 본 연구에서 제시한 블록체인 모형이 아직 실증 단계에 도달하지는 않았으나, 선례 연구의 실증 사례 및 확장성을 통해 그 구현 가능성과 안정성을 간접적으로 입증한다고 볼 수 있다.

IV. 연구 결과

앞장에서 설명한 블록체인 플랫폼을 모형화하면 <그림 2>와 같으며, 블록의 생성부터 활용까지의 단계를 요약하면 1) 데이터 생성, 2) 데이터 입증, 3) 데이터 검증 및 블록 생성, 4) 최종 데이터 블록 저장 및 연결, 5) 데이터 분석, 6) 데이터 활용으로 총 6단계로 이루어져 있다.

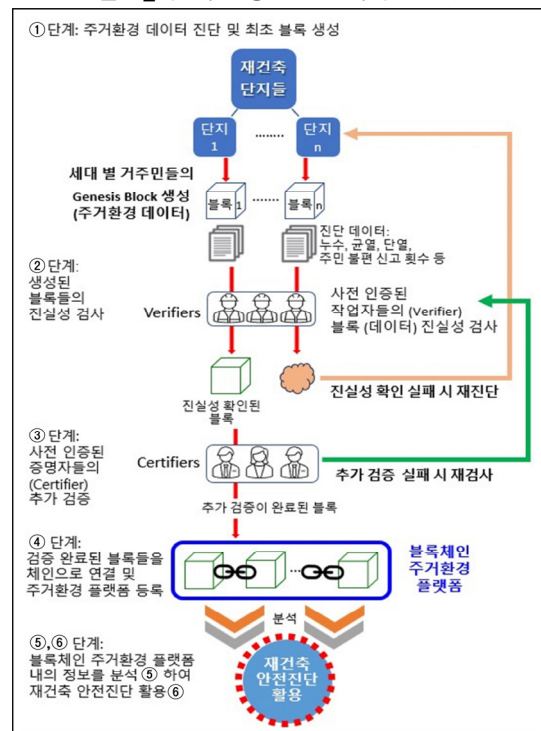
각 단계의 기본적인 데이터 트랜잭션과 이해관계자들의 활동에 대한 절차와 흐름은 다음과 같다.

1. 주거환경 데이터 진단 및 최초 블록 생성

인증된 작업자들에 의해 특정 주택 또는 단지 내의 모

든 세대를 대상으로 초기 정밀 주거환경 진단을 실시한다. 진단 데이터를 바탕으로 최초의 세대 블록이 형성된다. 최초 블록 생성 시, SHA-256 알고리즘을 통해 <그림 3>에서 보이는 것과 같이 64자리의 해시값이 지정된다. <그림 3>은 블록 내의 데이터 트랙잭션을 예시로 설명하고 있으며, 실제 재건축 단지 내의 건물에 살고 있다는 것을 증명하기 위한 '거주민 Unique ID'를 포함하게 된다.

그림 2_재건축 판정 진단 블록체인 플랫폼



주: 빨간색 화살표는 데이터 흐름을 뜻함.

각 세대 입주자는 각종 주거환경에 영향이 미치는 사건이 발생할 경우 이를 재건축 플랫폼에 기록한다.

세대 블록에 보고된 주거환경 및 안전에 관련된 데이터들은 적절한 조치를 위해서 2단계로 넘어간다.

1단계에서 가장 핵심적인 주거환경 데이터는 누수, 균열, 소음, 동파, 해충 및 단열 등의 정량적으로 측정

될 수 있는 문제점들과 관련 주민 불편 신고 횟수 및
구체적 내역 등의 긍정적인 내용으로 이루어져 있다.

그림 3_최초 블록 및 데이터 트랜잭션 예시



2. 인증된 작업자들(Verifiers)에 의한 블록 생성

1단계에서 생성되어 2단계로 넘어온 블록들은, <그림 4>와 같이 인증된 작업자들에 의해 수리 및 해결의 필요성 및 데이터의 진실성(즉 실제 주거환경 및 주택의 노후 문제로 발생을 한 것인지에 대한 사실관계)을 입증받게 되며, 인증된 작업자들은 진단된 문제를 완화 혹은 해결하기 위한 수리를 실행한다. 인증된 작업자들은 사전 인증 시 부여받은 작업자 'Unique ID'를 <그림 4>에서 보이는 것과 같이 사용하여 검사 자격을 입증한다.

인증된 작업자에 의해 해결된 사항은 블록체인에 사전 승인되어 참여한 다른 인증된 작업자들에 의해 수리 실행 방법과 비용에 대해 추가적인 진실성 검사를 받는 절차를 걸친다.

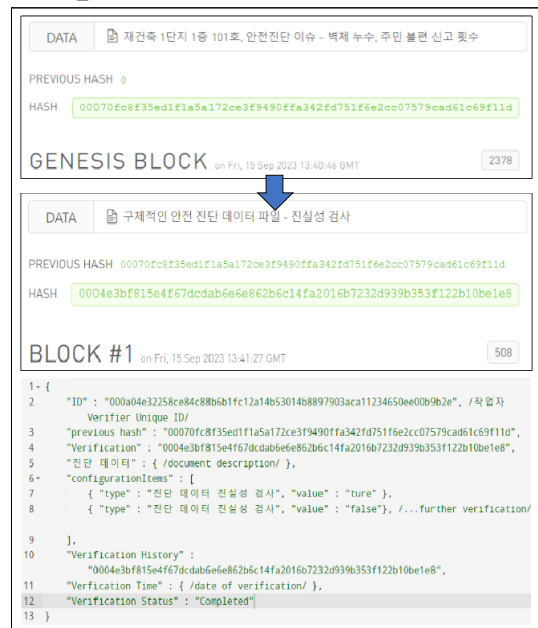
진실성이 입증된 내용의 블록은 최종적으로 블록체인 플랫폼에 더해지기 전에, 인증된 증명자들에게 보내져 마지막으로 인증된 작업자들이 검증을 진행한다.

인증된 작업자들이 서로의 데이터에 접근하여 입

증 내용을 확인하기 때문에, 몇몇 소수에 의해서 정보가 독점되고 특정 다수에게 유리한 방향으로 재건축 안전진단이 내려지는 상황을 시스템적으로 방지할 수 있다는 점이 본 모형의 장점이다.

특히 앞서 언급한 이탈리아 와인 사례에서 파악된 기존 검증자들의 나태함으로 인한 프로젝트 기간의 지연과 그에 따른 불필요한 예산집행 건수가 권위증명 기반 블록체인의 활용을 통해 효과적으로 최소화된 점에 비추어 봤을 때, 본 연구의 모형 역시 그에 준하는 효과를 가져올 것으로 판단된다(Helliar, Crawford, Rocca and Teodori et al. 2020).

그림 4_블록의 흐름과 진실성 검사 데이터 트랜잭션 예시



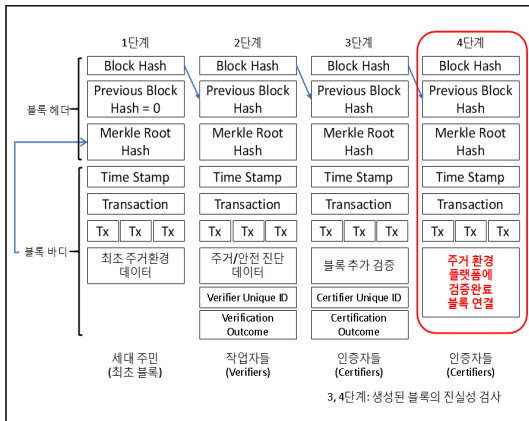
3. 인증된 증명자들(노드, Certifiers)에 의한 블록 추가

인증된 증명자들(또는 블록을 체인에 연결시키는 인증된 노드들)은 2단계에서 생성된 블록들이 실제로 인증된 작업자들에 의해서 생성되었는지, 법적 하자는 없는지 등을 확인한다. 즉 인증된 증명자들은 인증

된 작업자들의 신뢰성을 검증하는 역할을 맡게 된다.

인증된 증명자들은 2단계에서 넘어온 블록의 신뢰성이 검증된 후에만 이를 최종 블록으로 승인하여 블록체인 네트워크(플랫폼)에 입력하고 체인에 연결한다(<그림 5> 참조).

그림 5_블록의 구조 및 데이터 흐름도



본 연구에서 제시한 데이터 검증 절차는 재건축 사업에서의 가장 큰 문제점 중 하나로 지적되는 관련 정보와 절차의 불투명성을 효과적으로 해결하는 효과를 가져올 수 있다. 즉 2단계에서는 재건축 관련 진단 내역, 수리 내역, 그리고 정보의 진실성, 품질과 비용 및 작업자의 선정과 관련한 데이터의 진실성을, 3단계에서는 작업자에 대한 검증과 신뢰성 및 관련 법규와 규제에 대한 검증을 수행할 수 있다는 특징이 있다. 특히 개인이나 특정 집단의 의도대로 작업자들을 선정할 수 없고 작업 품질의 평가와 진실성 검증 내용을 임의대로 조작할 수 없으며, 객관적이고 공정한 평가와 검증 이력이 블록체인상에 영구적으로 남기 때문에, 본 연구에서 제안하는 블록체인 환경은 추후 재건축 사업을 위한 인증된 작업자를 선택할 시 최적의 의사 결정을 할 수 있는 빅데이터 및 분석 플랫폼으로서 그 확장성이 있다고 볼 수 있다.

4. 블록체인 연결

3단계에서 최종 승인된 블록은 플랫폼에서 기록 후 체인으로 연결되며, 이를 통해 해당 재건축 사업의 이해 당사자들이 접근할 수 있는 안전하면서도 신뢰할 수 있는 데이터가 생성된다.

5. 주거환경 데이터 분석

4단계에서 수집된 블록들을 대상으로 주거환경 데이터를 분류하고 각 세대별, 단지별 위험 요소를 식별하며 재건축 안전진단에 활용할 수 있는 다양한 지역별, 연도별, 자재별, 사용자별, 건설사별 데이터를 분석하여 국토교통부의 재건축 판정 진단 범주(주거환경, 건축 마감 및 설비 노후도, 구조 안전성, 비용분석)에 해당하는 정보를 생성한다.

6. 재건축 안전진단 활용

5단계에서 생성된 정보 및 자료를 바탕으로 재건축 안전진단 범주 항목을 점수화한 뒤, 실제 판정 진단 결정에 활용한다.

V. 결론

본 연구는 미래의 정보관리 인프라로서 큰 역할을 할 수 있는 블록체인과 권위증명 알고리즘을 활용하여 재건축 판정 진단을 위한 정보관리 플랫폼의 개념적 모형을 제시하였다.

제시된 모형이 검증을 거쳐 실제 활용될 경우 단기적으로는 주택(재)건축과 관련한 정보의 보다 효율적인 관리, 실제 사업에서의 투명한 재정 운영 및 집행에 도움될 수 있을 것으로 보이며, 장기적으로는 스마트도시의 기반이 되는 스마트 하우징 및 스마트 인프라

라를 구축하는 데 필요한 데이터를 생성할 수 있는 환경을 제공할 것으로 기대된다. 또한 이 과정에서 생성된 빅데이터는 디지털트윈, 건설정보모델링(BIM), 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI) 등 스마트건설 기술에 활용되어 초기 디자인 및 기획 단계에서 거주민의 편리와 삶의 질 향상에 초점을 둔 의사결정을 지원함과 동시에 재건축 프로젝트의 타당성 평가에도 이용될 수 있을 것으로 예상된다.

이를 통해 현재와 같이 30~40년에 한 번씩 재건축되는 주택이 아닌 향후 100년, 200년 이상 지속되는 지속가능한 주택을 개발하고 효율적으로 관리하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 보인다. 하지만 이를 위해서 각 세대의 주거환경 데이터 수집에 대한 동의를 얻어야 하는 부분, 신뢰성 있는 네트워크의 구축과 각 이해관계자들의 참여를 독려하기 위한 적절한 환경의 개발, 그리고 관계부처의 주도적인 참여 필요성 등이 논의를 거쳐야 하는 과제로 생각된다. 또한 현재의 재건축 사업이 가지고 있는 정보의 폐쇄성과 장기간에 걸친 사업추진의 특성으로 인해, 본 연구에서 제시한 모형이 실제 재건축 안전진단 과정에서 어떤 방식으로 기술적으로 구현되는지에 대한 실증 과정을 거치지 못하였고, 정보보안 등의 문제를 심도 있게 다루지 못한 점은 아쉬움으로 남는다. 이를 고려했을 때 후속 연구에서는 입주민, 시공사, 감리사, 정부 기관 등 다양한 민관의 전문가 및 이해당사자들이 참여한 타당성 검토 및 플랫폼의 시뮬레이션을 통한 적합성 검토 등이 필요할 것으로 생각된다. 본 연구의 본질적인 한계점에도 불구하고 제시된 개념적 모형 및 플랫폼 구현 시 각 단계에서 발생할 수 있는 문제점들과 그 해결책들에 대한 논의는 후속 연구에서 재건축 사업 관련 데이터들을 장·단기적으로 어떻게 관리, 분석, 활용할 것인가에 대한 다양한 논의와 연구를 활성화하는 데 초석이 될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌 •••••

1. 강미나, 안홍기, 유미경. 2015. 국민체감형 주거복지 평가지표 개발 및 활용. 국토정책 Brief 502호. 세종: 국토연구원. Kang Mina, Ahn Hong-Ki and Yoo Mikyung. 2015. Development and utilization of housing and welfare index. KRIHS Policy Brief no.502. Sejong: Korea Research Institute for Human Settlements.
2. 구한민, 김갑성. 2021. 공공임대주택 거주자의 주거만족도 형성과정: 특성요인에 대한 만족도의 매개효과. 주택연구 29권, 1호: 33-78. Gu Hanmin and Kim Kab-Sung. 2021. An empirical analysis of the residential satisfaction formation process among public rental housing residents. Housing Studies 29, no.1: 33-78.
3. 주택 재건축 판정을 위한 안전진단 기준. 2023. 국토교통부 고시 제2023-9호(1월 5일 일부개정). Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2023. Safety Inspection Standards for Housing Reconstruction. Notice no.2023-9. Sejong: Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
4. 과학기술정보통신부. 2020. 초연결·비대면 신뢰 사회를 위한 「블록체인 기술 확산 전략」. 세종: 관계부처 합동. Ministry of Science and ICT. 2020. 「Strategies for Diffusion of Blockchain Technology」 for a Hyper-connected, Contactless and Trusted Society. Sejong: Joint Ministries.
5. 김승호, 강혁, 이근호. 2022. 프라이빗 블록체인 환경에서의 부동산 거래 시스템. 사물인터넷융복합논문지 8권, 1호: 11-16. Kim Seugh-Ho, Kang Hyeok and Lee Keun-Ho. 2022. Real estate transaction system in private blockchain environment. Journal of Internet of Things and Convergence 8, no.1: 11-16.
6. 김주덕. 2023. 재건축조합 운영상의 문제점. 월간 건축사 통권 648권. Kim Choodeok. 2023. Problems in the operation of the reconstruction association. Monthly Architect no.648.
7. 박환용, 김호권. 2007. 재건축재개발 사업의 갈등해소 및 사업투명화 연구. 주택연구 15권, 1호: 127-148. Park Hwan-Yong and Kim Ho-Kwon. 2007. A study on resolving conflicts and heightening transparency in reconstruction and redevelopment projects. Housing Studies 15, no.1: 127-148.
8. 안성희. 2020. Co-Design 방법론을 적용한 도시경관 디자인 기획 프로세스 연구. 조형미디어학 23권, 3호: 93-102.

- Ahn Sung Hee. 2020. A study of the process of planning city landscape design by Co-Design. *The Treatise on The Plastic Media* 23. no.3: 93-102.
9. 이상우. 2019. 노원(NW) 사례로 본 사회복지와 과학기술에 관한 연구. *서울도시연구* 20권, 3호: 109-127.
Lee Sangwoo. 2019. A study on social welfare and technology: A local currency No-Won(NW) case. *Seoul Studies* 20, no.3: 109-127.
 10. 이호빈. 2020. 부동산 유통화 수단으로 블록체인 기술의 활용가능성 연구. *위킹페이퍼* 19-14. 세종: 국토연구원.
Lee Hoo bin. 2020. *A study on the applicability of blockchain technology as a means of real estate securitization. KRIHS Working Paper* 19-14. Sejong: Korea Research Institute for Human Settlements.
 11. 이진규. 2014. 재개발·재건축 사업 초기 단계의 공사비 예측에 관한 연구. *국토연구* 82권, 9호: 61-76.
Lee Jinkyu. 2014. A study on the prediction of construction cost on redevelopment and reconstruction project at the early stage. *The Korea Spatial Planning Review* 82, no.9: 61-76.
 12. 이용만, 배순석. 2007. 유지보수, 리모델링, 재건축의 의사결정에 관한 미시적 분석. *국토연구* 55권, 12호: 217-238.
Lee Young-Man and Bae Soon-Suk. 2007. Micro-Economic analysis on the optimal maintenance, and the optimal choice between remodeling and redevelopment of an old house. *The Korea Spatial Planning Review* 55, no.12: 217-238.
 13. 왕호성, 문신해, 한능우. 2020. 블록체인 트랜잭션과 스마트 컨트랙트를 활용한 기록관리 적용 방안 연구. *한국기록관리학회지* 20권, 4호: 81-105.
Wang Hosung, Moon Shinhye and Han Nungwoo. 2020. A study on the applications of blockchain transactions and smart contracts in recordkeeping. *Korean Society of Archives & Records Management* 20, no.4: 81-105.
 14. 최형선. 2016. 서울시 주거지 재개발 재건축 사업 지연에 미치는 주민여량 영향 규명. 박사학위논문, 한양대학교.
Choi Hyoung Sun. 2016. *Seoul Residential Redevelopment, Reconstruction Projects*. Ph.D diss., Hanyang University.
 15. 하창동, 박승열, 오서은, 이강석, 한정수, 정종원, 고주영. 2022. 블록체인 기술의 실물경제 도입을 위한 정책 제언 연구. 나주: 한국인터넷진흥원.
Ha Chang-Dong, Park Seung-Yeol, Oh Seo Eun, Lee Kang-Suk, Han Jung-Soo, Jeong Jong-Won and Ko Joo Young. 2022. *A Study on Policy Proposals for the Introduction of Blockchain Technology to the Real Economy*. Naju: Korea Internet & Security Agency.
 16. 한정희. 2021. 블록체인 부동산 등기와 스마트계약. *한국정보통신학회논문지* 25권, 2호: 286-293.
Han Zonghie. 2021. Blockchain property registry and smart contract. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering* 25. no.2: 286-293.
 17. 한국산업기술진흥협회. 2016. 금융업을 혁신하는 블록체인 기술의 현황과 전망. 기술과 혁신 Special Issue 05. 서울: 한국산업기술진흥협회. <http://webzine.koita.or.kr/201605-specialissue/05-금융업을-혁신하는-블록체인-기술의-현황과-전망> (2023년 8월 31일 검색).
Korea Industrial Technology Association. 2016. *Current status and future of blockchain technology revolutionizing the financial industry. Technology and Innovation Special Issue 05*. Seoul: Korea Industrial Technology Association. <http://webzine.koita.or.kr/201605-specialissue/05-금융업을-혁신하는-블록체인-기술의-현황과-전망> (accessed August 31, 2023).
 18. 황태윤. 2014. 재개발·재건축조합 설립절차와 정비사업조합 법인의 법적성질에 대한 연구. *법학논집* 19권, 2호: 198-200.
Hwang Tae-Yoon. 2014. Study on legal nature of establishment procedure of redevelopment, reconstruction association and maintenance business associative corporation. *Ewha Law Review* 19, no.2: 198-200.
 19. Arif, S., Khan, M. A., Rehman, S. U., Kabir, M. A. and Imran, M. 2020. Investigating smart home security: Is blockchain the answer? *IEEE Access* 8: 117802-117816.
 20. Arumugam, S. K. and Sharma, A. M. 2022. Blockchain: Opportunities in the healthcare sector and its uses in COVID-19. *Lessons from COVID-19*: 61-94.
 21. Aung, Y. N. and Tantidham, T. 2017. *Review of Ethereum: Smart home case study*. In *Proceedings of 2017 2nd International Conference on Information Technology(INCIT)*, November 2-3: 1-4. Nakhonpathom: Faculty of IoT, Mahidol University.
 22. Baucas, M. J., Gadsden, S. A. and Spachos, P. 2021. IoT-based smart home device monitor using private blockchain technology and localization. *IEEE Networking Letters* 3, no.2: 52-55.
 23. Davis, B. D., Mason, J. C. and Anwar, M. 2020. Vulnerability studies and security postures of IoT devices: A smart home case study. *IEEE Internet of Things Journal* 7,

no.10: 10102-10110.

24. DNV. n.d. My Story - A blockchain-powered digital assurance solution. <https://www.dnv.com/mystory/MyStory-blockchain-powered-Digital-Assurance-solution.html> (accessed September 15, 2023).
25. Dorri, A., Luo, F., Kanhere, S. S., Jurdak, R. and Dong, Z. Y. 2019. SPB: A secure private blockchain-based solution for distributed energy trading. *IEEE Communications Magazine* 57, no.7: 120-126.
26. Farooq, M. S., Khan, S., Rehman, A., Abbas, S., Khan, M. A. and Hwang, S. O. 2022. Blockchain-based smart home networks security empowered with fused machine learning. *Sensors* 22, no.12: 4522.
27. Ghazal, T. M., Hasan, M. K., Abdullah, S. N. H. S., Bakar, K. A. A. and Al Hamadi, H. 2022. Private blockchain-based encryption framework using computational intelligence approach. *Egyptian Informatics Journal* 23. no.4: 69-75.
28. Greenwald, N. W. 2020. BIM, Blockchain and Smart Contracts. *Construction Law* 40, no.4: 1-9.
29. Helliari, C. V., Crawford, L., Rocca, L., Teodori, C. and Veneziani, M. 2020. Permissionless and permissioned blockchain diffusion. *International Journal of Information Management* 54, 102136.
30. Khan, S. N., Loukil, F., Ghedira-Guegan, C., Benkhelifa, E. and Bani-Hani, A. 2021. Blockchain smart contracts: Applications, challenges, and future trends. *Peer-to-peer Networking and Applications* 14: 2901-2925.
31. Kim, K., Lee, G. and Kim, S. 2020. A study on the application of blockchain technology in the construction industry. *KSCE Journal of Civil Engineering* 24, no.9: 2561-2571.
32. Kiu, M. S., Chia, F. C. and Wong, P. F. 2022. Exploring the potentials of blockchain application in construction industry: A systematic review. *International Journal of Construction Management* 22, no.15: 2931-2940.
33. Komalavalli, C., Saxena, D. and Laroia, C. 2020. Overview of blockchain technology concepts. In *Handbook of Research on Blockchain Technology*. London, San Diego, Cambridge, Oxford: Academic Press.
34. Park, J. and Chang, S. 2023. Secure device control scheme with blockchain in a smart home. *Measurement and Control* 56. no.3-4: 546-557.
35. Park, J. S., Kim, Y. S., Choi, C. and Shim, J. 2018. How to define value on data under blockchain driven open data system for E-Government. In *Proceedings of the 11th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance(ICEGOV 2018), April 4-6*: 670-672. Galway: National University of Ireland Galway.
36. Perera, S., Nanayakkara, S., Rodrigo, M. N. N., Senaratne, S. and Weinand, R. 2020. Blockchain technology: Is it hype or real in the construction industry? *Journal of Industrial Information Integration* 17: 100125.
37. Qashlan, A., Nanda, P. and He, X. 2020a. Security and privacy implementation in smart home: Attributes based access control and smart contracts. In *Proceedings of 2020 IEEE 19th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications(TrustCom), December 29, 2020-January 1, 2021*: 951-958. Guangzhou: IEEE.
38. _____. 2020b. Automated ethereum smart contract for blockchain based smart home security. In *Proceedings of 2019 Smart Systems and IoT: Innovations in Computing(SSIC), October 27*: 313-326. eds. Somani, A. K., Shekhawat, R. S., Mundra, A., Srivastava, S. and Verma, V. K. Singapore: Springer.
39. Qashlan, A., Nanda, P., He, X. and Mohanty, M. 2021. Privacy-preserving mechanism in smart home using blockchain. *IEEE Access* 9: 103651-103669.
40. Royal, D., Rimba, P., Staples, M., Gilder, S., Tran, A. B., Williams, E. and Ponomarev, A. et al. 2018. *Making Money Smart: Empowering NDIS participants with Blockchain Technologies*. Sydney: CSIRO.
41. Scott, D. J., Broyd, T. and Ma, L. 2021. Exploratory literature review of blockchain in the construction industry. *Automation in Construction* 132: 103914.
42. Shrestha, R. and Nam, S. Y. 2019. Regional blockchain for vehicular networks to prevent 51% attacks. *IEEE Access* 7: 95033-95045.
43. Swan, Melanie. 2015. *Blockchain: Blueprint for a New Economy*. USA: O'Reilly Media, Inc.
44. Szabo, Nick. 1994. *Smart Contract*. <https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LTOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html> (accessed May 21, 2023).

45. Singh, A., Parizi, R. M., Zhang, Q., Choo, K. K. R. and Dehghantanha, A. 2020. Blockchain smart contracts formalization: Approaches and challenges to address vulnerabilities. *Computers & Security* 88: 101654.
46. Tantidham, T. and Aung, Y. N. 2019. Emergency service for smart home system using ethereum blockchain: System and architecture. In *Proceedings of 2019 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications(PerCom) Workshops, March 11-15*: 888-893. Kyoto:IEEE.
47. Unny, R. B. and Lal, B. 2020. Blockchain in supply chain management: A review of the capability maturity model. In *Proceedings of International Conference on Transfer and Diffusion of IT(TDIT), December 18-19*: 149-158. Tiruchirappalli: Springer.
48. VeChain. n.d. Performance Data. <https://vechain.com/home> (accessed September 15, 2023).
49. Wang, R., Zhang, L., Xu, Q. and Zhou, H. 2019. K-Bucket based Raft-Like consensus algorithm for permissioned blockchain. In *Proceedings of 2019 IEEE 25th International Conference on Parallel and Distributed Systems(ICPADS), December 4-6*: 996-999. Tianjin:IEEE.
50. Xu, X., Pautasso, C., Zhu, L., Gramoli, V., Ponomarev, A., Tran, A. B. and Chen, S. 2016. The blockchain as a software connector. In *Proceedings of 2016 13th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture(WICSA), April 5-8*: 182-191. Venice:IEEE.
51. Yang, R., Wakefield, R., Lyu, S., Jayasuriya, S., Han, F., Yi, X. and Yang, X. et al. 2020. Public and private blockchain in construction business process and information integration. *Automation in Construction* 118: 103276.

-
- 논문 접수일: 2023. 6. 30.
 - 심사 시작일: 2023. 8. 7.
 - 심사 완료일: 2023. 11. 28.

요약

주제어: 재건축, 안전진단, 프라이빗 블록체인, 권위증명

주택 재건축을 위해 수행되는 안전진단은 입주민의 주거환경과 편의성, 안전 그리고 비용에 대한 종합적인 분석이 필수이다. 하지만 현재의 재건축 안전진단은 입주민의 주거환경보다는 구조적 결함 진단에 많이 치우친 나머지 더 나은 주거환경을 원하는 재건축 입주민의 요구를 충분히 반영하고 있지 못할 뿐만 아니라, 관련 데이터 및 절차의 투명성과 신뢰성에 대한 여러 문제가 발생하고 있는 것이 현실이다. 이에 본 연구는 Co-design 방법론을 통해 구상된 프라이빗 블록체인과 권위증명 알고리즘을 기반으로 하여 입주민의 주거환경과 안전, 삶의 질 개선에 초점을 맞추어 더욱 투명하고 신뢰할 수 있는 새로운 정보관리

플랫폼의 개념적 모형을 제안하고자 한다. 본 연구에서 제안된 모형은 주택 재건축 안전진단에 필수적인 관련 정보를 더욱 투명하고 효율적으로 생성, 관리, 보관, 분석, 활용할 수 있음과 동시에 이와 관련된 주택 관리 및 스마트도시, 디지털트윈에 이르기까지 그 적용 가능성과 확장성을 가지고 있다. 아직 초기 단계인 프라이빗 블록체인을 바탕으로 본 연구에서 제안된 모형의 성공적인 정착을 위해서는 작업자와 증명자를 포함한 다양한 이해관계자들이 신뢰 가능한 네트워크에 적극적으로 참여할 수 있는 환경을 제공하고, 이를 관리 감독하기 위한 관계부처의 주도적 역할 및 참여가 필요할 것으로 생각된다.