

NFT 기술 기반의 BIM 공유모델 개발

김도영¹·김순태²·김범수³·김성진^{4*}

¹한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부 박사후연구원

²전북대학교 소프트웨어공학과 교수

^{3,4*}한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부 수석연구원

Development of BIM sharing model based on NFT technology

Do Young Kim¹ · Suntae Kim² · Bum-Soo Kim³ · Seong Jin Kim^{4*}

¹Ph.D. Researcher, Department of Future Technology and Convergence Research, KICT, Ilsan-seogu, Korea

²Department of Software Engineering, Jeonbuk National University, Deokjin-gu, Korea

^{3,4*}Senior Researcher, Department of Future Technology and Convergence Research, KICT, Ilsan-seogu, Korea

[요약]

본 논문의 목적은 저작권 보호를 위해 NFT 기술 기반의 BIM 라이브러리의 공유플랫폼을 설계하는 것이다. BIM 라이브러리는 건설분야에서 주로 공유되어 온 2D 도면 객체에 비해 상호연계성이 강화된 객체기반 모델이다. BIM 라이브러리를 포함한 디지털 모델의 신뢰성을 확보하기 위해 NFT 기술을 활용하여 데이터를 공유할 수 있는 환경을 설계하고자 한다. BIM 설계자가 NFT 발행을 위해 BIM 라이브러리 등록 시 메타데이터의 자동 추출하는 과정을 설계한다. 라이브러리 개발자와 권한 구매자의 데이터 공유를 유도하기 위해 정보의 필요여부를 확인할 수 있도록 파일의 정보와 메타데이터의 연계체계를 정의한다. 공유된 데이터의 보유·사용 권한을 판매·구매하는 플랫폼을 구축함으로써 데이터 공유과정에서 개발자의 데이터 권한을 보호하고 권한 구매자가 지속적으로 접근할 수 있는 환경을 조성한다. 통상적인 기획, 설계 시공, 유지보수 방식에서 벗어나 선진적인 모델을 참조함으로써 지능화되고 자동화된 전일적 건설사업 시스템을 구축할 수 있을 것으로 기대된다.

[Abstract]

The purpose of this paper is to design a platform to share BIM libraries using NFT technology based on copyright protection. The BIM library is an object-based model with enhanced interconnectivity compared to 2D drawing objects which have been mainly shared in the construction field. By designing an environment where the BIM library can be shared using NFT technology, the reliability and rights of the BIM library are protected. When a BIM designer registers a BIM library for NFT issuance, the process of automatically extracting the metadata required from the registered files. In order to induce data sharing between library developers and rights purchasers, a linkage system between file information and metadata is defined to determine whether or not information is necessary. By enabling the sale and purchase of ownership and use rights of shared data, it protects the developer's data rights in the data sharing process and creates an environment where rights buyers can access continuously. It is expected that an intelligent and automated holistic construction project system can be established by referring to advanced models, out of the usual planning, design, construction, and maintenance methods.

색인어 : 건설정보모델, 대체 불가능 토큰, 라이브러리, 공유, 디지털저작권

Keyword : Building Information Modeling (BIM), Non-fungible token (NFT), Library, Digital Right Management (DRM)

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2023.24.2.323>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 20 December 2022; **Revised** 10 January 2023

Accepted 01 February 2023

***Corresponding Author; Seong Jin Kim**

Tel: +82-31-910-0039

E-mail: sjkim72@kict.re.kr

1. 서론

최근 정부는 공공 프로젝트에서 BIM(Building Information Modeling) 전면설계를 의무화하고 건설 프로세스를 개편하고자 한다[1]. 건설 전 생애주기에 생성되는 데이터를 통합·활용할 수 있는 방법으로써, BIM을 중요한 도구로 보고 있다.

BIM은 객체 기반 모델링 기법을 기반으로 한 데이터 관리 프로세스이며 이 일련의 과정을 담고 있는 모델이다[2]. 일반 건설정보(예: 3D나 2D 정보)에 비해 객체를 구분할 수 있게 하는 속성정보들을 갖추고 있다는 측면에서 차별성이 있다. 단순 설계, 시공단계뿐 아니라 준공 이후의 유지관리 단계에 이르기까지 전 생애주기에 정보를 관리 및 활용하기 좋다는 장점을 갖고 있다.

국내 토목분야 내 주로 통용되는 건설정보는 CAD (Computer-aided Design, 컴퓨터 활용을 통한 설계) 도면, 보고서 등과 같은 제출 성과품을 예로 들 수 있다. 이 건설정보는 BIM 데이터와 본질적으로 다른 특성을 갖는다. 통상적인 CAD 도면은 형상정보를 포함하더라도 객체 간 속성정보와 객체 간 연결관계를 담고 있지는 않다[3][4]. 보고서는 비정형 데이터 (예: 이미지, 텍스트 등)를 포함한 형식으로서 데이터를 해석하기 위한 엔진이나 별도의 설명자료들을 필요로 한다[5][6].

BIM은 정보전달의 측면에서 건설정보의 비효율성을 극복하기 위한 방법 중 하나이다. BIM을 활용하려는 연구 및 기술개발이 꾸준히 진행되어왔다. BIM 모델은 단순히 데이터의 저장 수단이 아닌, 다자간 협업 시 데이터에 정확한 접근과 효율적 통합이 가능하게 한다[7]. 국외에서 BIM과 자산 데이터베이스를 결합하여 시설물의 자산을 관리하기 위한 플랫폼[8]이나 응용프로그램을 연구하는 사례[9]들이 있고 국내에서도 디지털전환의 수단으로서 중요성을 강조하는 문서들도 있다[10].

BIM 기반의 디지털모델은 자산정보로서 가치가 있다. 발주처는 지속적으로 건설 데이터를 관리하기 위한 목적으로 준공단계에 BIM 성과품을 납품받는다. 이 때 사업수행 과정에서 활용된 디지털모델에 변형이 가해지기도 한다. 예를 들어 기존 활용모델에서 주요 속성정보들이 제외되는데, 성과품의 저작권이 발주처가 갖게 됨에 따라 기업의 노하우(예: 특허, 신기술, 사업수행에서 파생된 데이터 등)와 관련된 중요한 이슈사항은 제거되기도 한다. 역설적이지만, 건설사업 참여자들의 관점에서 BIM 데이터 자체는 자산으로서 가치가 있음을 의미한다.

국가차원에서 BIM의 활용도를 높일 수 있기 위해서 데이터 공유 환경이 요구된다. BIM 데이터는 설정된 매개변수와 치수를 변경함으로써 반복 사용할 수 있으며 전 생애주기에 걸쳐서 재사용될 수 있다. 그러나 BIM 데이터의 권리와 책임 관계가 불분명한 상황에서 데이터 공유와 활용은 쉽지 않다. BIM 데이터의 개방·공유 환경은 사용자들이 설계 및 데이터의 문제점을 스스로 탐구하고 해결책을 탐색할 수 있게 하는 계기를 만들 수 있다.

블록체인 기술은 제3자의 중재 없이 거래 또는 데이터의

안전한 이동을 보장하는 프로토콜로서, 암호화 기술이 적용되어 다수의 참여자가 거래내역을 분산·관리하는 기술이다. 국제적으로 건설분야에서 블록체인 기반의 정보관리 패러다임을 변화시키고 있는 가운데, 국내의 경우 기술 도입의 초기 단계에 있다.

본 논문에서 블록체인 기술을 통해 BIM 거래 및 계약에 관한 모델을 제안하고자 한다. BIM 데이터 공유에 적합한 기술을 분석하고 현재 실무자들의 공유를 유도할 수 있는 인터페이스를 제안하고자 한다.

1-2 연구방법 및 범위

BIM 데이터 중 거래에 관련된 데이터 구조와 유형을 규정하기 용이한 BIM 라이브러리(BIM Library)를 선정하였다. BIM 라이브러리는 정보를 생산하고 전달하는 과정에서 시간과 비용을 절약하게 할 뿐 아니라 거래 및 계약과정에 활용됨으로써 장기적으로 설계자, 배포자에게 수익을 발생시킬 수 있다. 실제 BIM을 선제적으로 도입한 건축분야의 실무자(건축설계, 구조설계, 기계설비, 기타 등)들은 BIM 라이브러리의 보급이 필요함을 절실히 느끼고 있다[11]. 토목분야에서도 BIM 라이브러리 개발의 중요성을 강조하고 있으며 공공·공익성이 강하고 무료배포가 주를 이룬다[12].

BIM라이브러리의 시장성은 라이브러리의 공유현황을 통해 확인할 수 있다. BIM 전문업체의 인터뷰를 통해 대형 공사나 설계업체에서 개발한 BIM 라이브러리는 유료로 거래됨을 확인할 수 있었다. 유료 라이브러리는 주로 제작에 소요되는 시간과 비용이 큰 자재 혹은 제품을 대상으로 개발된다. 사업체들은 이 라이브러리 구축을 통해 지적재산권을 보호받는다. 물론 공공·공익의 목적에 의한 것이거나 초기투자의 목적(홍보·마케팅)의 객체인 경우 무료로 배포되기도 한다. BIM 라이브러리의 거래는 자산으로서 충분한 가치를 인정받고 있음을 입증하고 있다.

BIM 라이브러리는 사용자의 접근목적에 따라 개방·공유 수준이 단계적으로 확대될 필요가 있다. 해외 건설 계약서에서 실제 BIM에 대한 저작권에 대해 합의가 선제되어야 함이 명시되어 있다[13]. 건설사업 수행계획서 중 “BIM 수행계획서”의 경우, 국내에서 법적 구속력을 갖지 못하고 BIM 데이터 특성과 관련된 저작권에 대한 구체적인 기준을 명시하고 있지 않다. 이러한 환경을 개선하기 위해 BIM 저작권 보호 및 운용체계에 관한 연구들이 진행되고 있다[15]. 또한 BIM 데이터는 주로 개인 간, 지인을 중심으로 거래가 이루어지며 거래지불 방식은 일대일, 혹은 비공개 방식으로 진행된다[16]. BIM 라이브러리의 개방 및 공유의 목적은 사용자와 공유자의 권리를 모두 보장하는 데에 있다. 즉, 사용자의 데이터 공유를 유도하기 위해 필요여부를 선제적으로 점검할 수 있게 하고 데이터의 공급에 대한 내역이 기록 저장됨으로써 데이터 전달에 대한 체계를 관리할 수 있도록 한다.

현 단계에서 BIM 데이터 공유의 핵심은 단순 수입발생이

아닌, 사용자(라이브러리 공급자와 수요자)의 권리를 보호하고 자발적으로 공유할 수 있는 환경을 조성하는 데에 있다. 이를 위해 디지털거래 기술 중 하나인, NFT 기술의 특징과 BIM 라이브러리 고유의 특성을 탐구하고자 한다. ICT기술 발전으로 고도화되고 있는 디지털 플랫폼은 국가차원의 많은 이익을 주기도 하지만 이익을 추구하는 과정에서 발생하는 개인정보 유출, 상품성 혹은 위법 콘텐츠 등으로 인한 부정적인 영향을 끼치기도 한다[17]. BIM라이브러리가 디지털 플랫폼에서 공유되었을 시 데이터 사용에 의해 발생할 수 있는 이익충돌요소를 최소화하고자 한다.

본 논문의 목적은 저작권 보호를 위한 NFT 기반의 BIM 라이브러리의 공유 전략(BIM-NFT share model)과 데이터 중복성 여부를 확인할 수 있게 하는 DRM(Digital Rights Management) 기술과, 워터마크(Watermark) 기술 활용의 시나리오를 제안하는 것이다(그림 1).

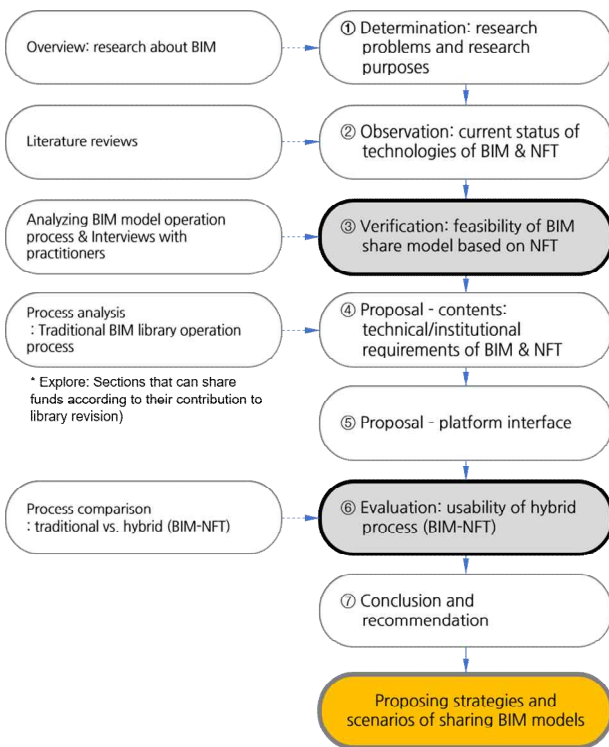


그림 1. 연구의 개념적 프레임워크
Fig. 1. Conceptual framework of research

이 전략을 구성하는 방법은 통상적인 BIM 공유 절차의 분석(③)과 제안한 하이브리드 절차(NFT 기술을 활용한 BIM 모델 공유 절차)의 평가(⑥), 두 가지로 구분된다. BIM 사업과 NFT 기술의 활용사례를 문헌을 통해 조사(②)함으로써 데이터 공유의 측면에서 BIM 라이브러리와 NFT 기술의 특징을 파악한다(③). BIM-NFT 기술이 활용될 수 있기 위해 기술적, 제도적 요구조건을 정의(④)하고 BIM-NFT 기술을 기반으로 한 플랫폼을 제안(⑤)한다. 이 플랫폼의 타당성을 평가하기 위해 실무자를 대상으로 한 자문회의를 개최하여

통상적인 라이브러리 공유절차와 비교하여 저작권 및 사용권 보호여부를 검토(⑥)하고 향후 연구방향을 논의하고자 한다.

II. NFT와 BIM

2-1 BIM 라이브러리와 NFT 기술

1) BIM 라이브러리의 특성 및 활용현황

건설분야에서 BIM 라이브러리는 업무의 생산성에 영향을 주는 매개체이다. BIM 라이브러리는 BIM 기반 저작도구를 통해 생성된 객체[18]로서, 2D CAD 도면 상 표기되는 라이브러리와 비교하였을 때 객체 간, 혹은 파일 간 상호연계성이 강화한 개념이다. 2D CAD 도면 내에 라인과 해치를 통해 그려진 ‘그룹형 객체(블록)’와 비교하였을 때, 형상정보 외에도 형상을 실제 재료와 환경에서 구축하기 위한 제반정보들과 형상을 디지털환경에서 운용하기 위한 정보들을 담고 있다. Revit(Autodesk사)에서 Family로, ArchiCAD(Graphisoft사)에서 라이브러리 컨테이너 형식으로 관리된다. BIM 라이브러리의 공유는 타인과 협업하는 과정에서 리소스를 효율적으로 활용할 수 있는 수단이다.

BIM 라이브러리는 형상정보(형상좌표 및 좌표에 의해 결정되는 값 등)와 속성정보(비형상정보, 형상좌표를 변화시키는 연관관계, 파생 값 등)로 구성되어 있다(표 1).

표 1. BIM 라이브러리의 특징과 공유에 관한 활용가능성
Table 1. Characteristics of BIM libraries

Information type	Details
	Usability for data sharing
Geometry information	<ul style="list-style-type: none"> 3D-structured/unstructured object expression 2D symbol or projection drawing expression
	<ul style="list-style-type: none"> Connecting other BIM libraries Connecting material/equipment data
Non-geometry information	<ul style="list-style-type: none"> Material code, specification information
	<ul style="list-style-type: none"> Connecting digital contents: construction information (drawing, image, video, web) Connecting quantity and Cost Calculation Connecting external data in other platform
Parameters of geometry	<ul style="list-style-type: none"> Dimensions of parts Overall shape corresponding to partial variables
	<ul style="list-style-type: none"> Creation of a new type by saving variable input values by standard

데이터 공유 시, 형상은 자재/제품의 형태를 3D 또는 2D 이미지로 그대로 투영해 표현하거나, 유형이 동일한 타 라이브러리를 연계해 변형 및 수정될 수 있다. 정보는 자재·제품의 사양 정보, 도면·브로슈어와 같은 건설 콘텐츠를 포함하거

나 면적·체적 등과 같이 사용자가 요구하는 수량 산출을 지원한다. BIM 전면설계를 시도해야 하는 토목분야의 프로젝트 참여자들이 라이브러리를 통해 BIM 도입을 가속화하고 효과를 얻을 수 있다. BIM 라이브러리는 토목설계에 활용될 수 있는 표준기반의 형상과 속성 정보를 갖추고 있기 때문에 이를 활용할 시 더 빠르게 설계 프로세스를 운용할 수 있다.

BIM 기반 사업수행을 지원하기 위해 BIM 라이브러리 공유 플랫폼을 홍보하고 라이브러리의 활용을 독려하고 있다. 기계설비 분야에서 BIM을 활성화하기 위한 수단으로 케이엠빔(KMBIM)을 개발하였다[19]. 기계설비 전문가들의 BIM에 대한 진입장벽을 낮추도록 시도하고 있다. 이 BIM 라이브러리의 특징을 바탕으로, 국내의 일부 기관과 기업에서 다양한 분야의 BIM 라이브러리를 구축하고 이를 공유할 수 있는 플랫폼(예: 국토부, "토목분야 BIM 라이브러리"/ 국토부, "도로분야 BIM 라이브러리")을 서비스하고 있다.

그러나 국내 토목 분야의 경우, 라이브러리 공유 규모와 서비스들의 과급효과가 아직 적고 지속되기 어려운 실정이다. 실질적으로 BIM 라이브러리의 개체 수는 부족하다[20]. BIM 라이브러리의 공유를 유도하기 위해 자산가치로서 보상 체계가 지원되어야 한다. BIM 관련 건설 실무자들을 대상으로 설문조사[16]를 통해 본 결과, BIM라이브러리 공유에 현재 참여하고 있지 않아도 인센티브 지급에 대해 긍정적임을 확인하였다. 단, 라이브러리 공유 시, 현재 실무자들이 중요하게 생각하고 있는 "저작권"을 보호할 장치가 요구된다.

2) NFT (Non-Fungible Token)

NFT는 2015년 10월 이더리움의 Etheria라는 프로젝트로 시작되어 11월 이더리움 Devcon에서 공개 되었다. 가장 초기 NFT 적용 사례로는 2017년 6월 라바랩스가 이더리움 블록체인에서 NFT를 기반으로 한 예술 가치의 실험을 위해 시작된 프로젝트로써 크립토 펑크(CryptoPunks)를 출시하였으며 이는 NFT의 표준 ERC-271를 설계하는 기반이 되었다. 크립토 펑크 시리즈는 8bit 사이즈의 10,000개의 캐릭터가 있으며 각 캐릭터는 모두 고유하게 존재한다. 초기에는 무료로 배포되어 이더리움의 gas fee만 지불하면 되었지만 많은 사용자의 증가 이후 7.58백만 달러에 해당하는 캐릭터가 판매 되었다. 이와 같이 현재 NFT는 사이버 공간 내에서 나의 소유권을 가지면서 이에 대한 조작 방지 및 거래를 가능하게 하는 특징으로 인해 2017년을 시작으로 하여 2020년부터 급격히 성장하였다.

BIM 라이브러리 공유기술로서 NFT의 장점을 조사하였다(표 2). NFT 기술은 대체 불가능한 고유성을 지니는 토큰을 의미한다. 이 토큰은 고유한 인식값을 통해 고유성을 갖고 있을 뿐 아니라 동시에 자산의 특성을 갖는다. '희소성' 과 "거래 가능성"의 특성을 지닌 디지털 자산인 것이다. 또한, NFT는 블록체인 네트워크에 존재하기 때문에 거래내용이 변조되지 않고 투명하게 기록되는 데이터 무결성을 가지게 된다. 즉 위조 방지, 희소성 가치 유지, 그리고 소유권을 기반으로 거래

등의 특징을 가지는 토큰이다. NFT 기술은 거래내역을 기록하여 파일의 변형과 사용을 추적할 수 있게 하는 기술이다. BIM 라이브러리의 공유과정에서 설계(구축)된 정보에 대한 조작이나 변형이 무작위로 발생하지 않도록 돕는다.

이 NFT 기술은 데이터 수요자만이 아닌, 데이터 소유 및 공유자의 권익을 보호할 수 있을 것으로 보인다. 현재까지 BIM 라이브러리 공유방식은 데이터 수요자를 중심으로 한 것이다. 그 이유는 무료 배포인 경우가 많은데, 이 경우 데이터 배포와 동시에 사용 및 변형에 대한 제재가 가해지지 않기 때문이다. 데이터 소유자(BIM 라이브러리 개발자, 배포자 등)의 권한을 어느 정도 보호해주어야 지속적인 공급이 이루어질 수 있다.

표 2. NFT 기술의 장점
Table 2. Advantages of "NFT"

Categories	Detail
Difficulty in counterfeiting	<ul style="list-style-type: none"> • Difficult to duplicate • High scarcity • Possibility of value preservation and compensation
Ease of tracking	<ul style="list-style-type: none"> • Confirmation of source of NFT, issuance time/count, owner details and other information
Division of ownership	<ul style="list-style-type: none"> • Possibility of purchasing (trading) by dividing NFT by 1/n
Cycle of transactions	<ul style="list-style-type: none"> • Purchase of ownership from the user, the holder of the item. • Resell items to users, other users

NFT 시스템들의 공통적인 문제 중의 하나는, 블록체인 밖에서의 데이터 복사가 발생할 때 이에 대한 데이터 원본의 보장 즉, 중복성에 관한 확인이 어렵다는 점이 있다. 이를 해결하기 위한 기술로는 DRM(Digital Rights Management) 기술과, 워터마크(Watermark) 기술이 있다.

DRM은 영화, 음원과 같은 디지털 콘텐츠를 유통에 도입됨으로써 불법 유통시장이 거의 사라졌을 정도로 강력한 보안 기술이다. 서버를 통해 콘텐츠에 대한 사용자의 요청이 전달되면 인증서버를 통해 요금을 부과하고 Key를 지급하는 방식이다. 애플의 페어플레이(Fairplay)와 구글의 '와이드바인(Widevine), 마이크로소프트의 '플레이레이디(Playready)' 등이 있다.

워터마크는 인쇄물의 보안을 위해 주로 활용되던 방식으로, 눈에 잘 띄지 않는 매체를 병합함으로써 문서의 불법 유통을 막는 기술이다. 예를 들어 공공기관에서 발행한 문서에서 각기 다른 바코드를 나타내거나 문서의 배경에 희미하게 업체의 로고를 표기하기도 한다. 최근 UHD 콘텐츠에 워터마크 기술을 적용함으로써 콘텐츠 공급과정에서 각 가입자별 코드를 미세하게 다르게 부여하기도 한다. 이는 불법 복제물로 의심되는 영상물의 유포자를 추적하는 데에 활용된다.

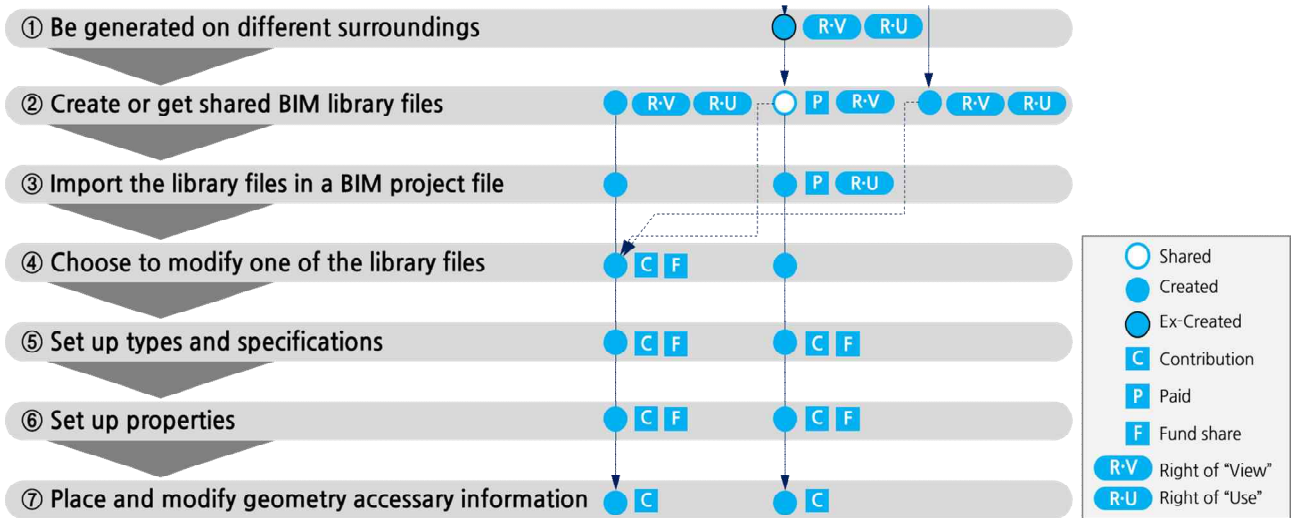


그림 2. BIM 라이브러리에 관한 운용 프로세스
 Fig. 2. Operation process of "BIM libraries"

2-2 공유 모델

1) BIM 라이브러리 공유를 위한 절차 분석

NFT 기술을 활용하여 BIM 라이브러리의 공유가능한 정보를 파악하기 위해 BIM 라이브러리 생성·편집 절차와 기여도에 따라 펀드를 상호 공유할 수 있는 절차들을 조사하였다.

BIM 라이브러리에 관한 운용 프로세스는 7단계로 나누어 설명될 수 있다(그림 2). 외부 환경(예: 라이브러리 공유 웹사이트, 혹은 지인을 통한 공유 등)에서 파일을 가져오거나(①) 적합한 라이브러리를 찾지 못한 경우에 직접 모델을 구축하기도 한다(②). 프로젝트 특성에 맞게 라이브러리를 활용하기 앞서서, BIM 저작도구에서 프로젝트 파일에서 대분류와 라이브러리 유형을 선택하여 라이브러리 파일을 불러온다(③). 라이브러리 파일들 중 변경 및 확장하고자 하는 대상을 선정한다(④). 이후 편집 탭(Tab)에서 라이브러리의 유형, 규격, 위치 등 형상에 관련된 변수를 변경·설정(⑤)하고 자체나 장비의 속성 정보를 추가로 입력(⑥)한다. 라이브러리를 대규모의 프로젝트 파일 내에서 배치하고 그 외의 부속정보를 변경 저장한다(⑦).

BIM 라이브러리의 저작권에 관련된 펀드가 생성된다는 가정 하에, 라이브러리의 독창성에 관련된 단계는 모델의 형상 및 속성의 변경이 이루어지는 구간(④~⑥)이다. 형상정보의 BIM 라이브러리의 생성, 변경 및 공유의 과정에서 실무 전문가들의 기여와 수익이 배분될 수 있다. 한편 저작권과 사용권을 구매할 수 있게 된다면, 결정을 내려야하는 단계는 초기 구간(①~③)에 해당된다. 외부 환경에서 타인이 개발한 라이브러리의 우선 조희하고 후에 열람을 결정할 수도 있고 열람을 통해 직접 필요여부를 판단할 수도 있다(①,②). 최종적으로 업무에 직접 차용하거나 활용할 모델이 결정되었을 때 사용권을 구매(③)할 수도 있다.

특히 BIM 라이브러리의 버전을 관리하기 위한 방법으로 SW 기준으로 내·외부적으로 규칙을 부여한다.

첫째, 파일명과 속성 정보에 규칙을 부여하는 수동적인 방법이다. BIM 라이브러리 파일명의 버전 정보(예: 집수정 v1.0.rfa)를 기입해 구분하는 방법으로, 작업 그룹 내 표준화된 명명 규칙에 대한 사전 고려가 필요하다. 또한 BIM 저작도구에 따라 버전 구분을 위한 서로 다른 파일명이 기입되어 있음에도 라이브러리 고유 ID(GUID)가 동일할 경우 해당 파일 간 연계성(불러오기, 위치, 규격 정보 등)을 유지할 수 있는 기능을 제공한다.

둘째, 각 BIM 저작도구가 지원하는 속성 정보 또는 매개 변수 필드에 버전 정보를 기입해 구분하는 방법으로, 프로젝트 파일 내/내보내기 시 속성 정보 운용 방식에 대한 사전 분석이 필요하다.

SW활용에 관한 방법은 두 가지 사례를 들어 설명될 수 있다. Archicad 통합라이브러리의 경우 라이브러리 패키지 파일인 '라이브러리 컨테이너(*.lcf)'의 단일 파일 형태로 라이브러리가 관리된다. 이 파일의 파일명에 버전 정보를 기입하는 방식이다. 또한 개별 라이브러리의 경우 라이브러리 편집기 내의 작성자, 버전 정보 등을 기입해 버전을 구분하거나, 파일명에 버전 정보를 기입해 버전을 관리한다. 표준화 라이브러리의 경우 속성 정보 필드에 버전 정보를 기입하는 방식을 주로 사용한다.

Revit 통합 라이브러리의 경우 라이브러리 폴더명에 버전 정보를 기입해 버전을 관리하며, 개별 라이브러리의 경우 라이브러리 파일명에 버전 정보를 기입해 버전을 관리한다. 표준화 라이브러리의 경우 매개 변수 필드에 버전 정보를 기입하는 방식을 주로 사용한다.

단, BIM 라이브러리 원본의 신뢰성을 판단하는 기준은 전무하다. BIM 라이브러리 패키지의 초기 값(속성 및 형상)의 변화는 원본의 기준정립 없이 파일버전에 대한 변화유무를 알기 쉽지 않기 때문이다. 특히 라이브러리 파일의 버전은 개발주체들의 운용방식에 의해 설정된 체계(예: 저장 폴더 위계

구조, 파일명 등)에 의해 관리된다. 이는 개발 주체가 제각각인 라이브러리들을 관리할 경우 일괄적으로 적용하기는 어렵다. 따라서 BIM라이브러리 공유를 위해 전제조건이 필요하다. BIM 라이브러리를 디지털 방식으로 거래하기 위해서 공유과정에서 파일의 변경여부, 변경주체의 차이를 구분할 수 있는 기준이 필요하다.

2) NFT 기반 BIM 라이브러리 공유모델

BIM 데이터의 공유에 블록체인 기술을 활용한 사례들이 있다. 블록체인을 적용한 사례는 아래와 같다(표 3).

표 3. BIM과 블록체인 기술을 활용한 사례
Table 3. Case of using blockchain technology using BIM

Name of case	Technology function
Zeus ecosphere	<ul style="list-style-type: none"> Stakeholder health, safety, project and quality management between partners
Lifchain by Costain	<ul style="list-style-type: none"> Track the health and safety data of workers in the supply chain
IBM and Maersk demo	<ul style="list-style-type: none"> Tracking shipping containers
Tata Steel pilot with the Construction Smart Contract Committee & IBM	<ul style="list-style-type: none"> Steel beam tracking system

Zeus ecosphere는 건설 프로젝트에 참여하는 모든 당사자가 블록체인 지원 프로젝트 및 계약 관리 시스템에 참여할 수 있도록 하는 계약 관리 시스템이다. Lifchain은 철도 부문에 투명성과 보안을 제공하기 위한 방법으로서, 전체 공급망의 안전과 관련된 데이터의 변화를 비교하였다. Tata Steel platform은 모든 강철 빔이 블록체인 시스템에 등록되고 고유 ID를 통해 추적되도록 하였다. 이 ID를 통해 모든 제작 및 설계 사양을 관련 당사자가 사용할 수 있고 투명하게 사용할 수 있게 한다. IBM & Maersk는 2017년 전체 무역 워크플로우를 디지털화하고 연간 수백만 개의 선적 컨테이너를 추적할 수 있게 하는 시스템이다. 운송 조건, 제출 문서 및 디지털 서명의 정보들이 업데이트되는 일련의 프로세스이다.

BIM라이브러리의 공유에 대한 방식은 디지털 저작권의 관리와 직결되어 있다. 저작권자가 배포한 디지털 콘텐츠가 저작권자가 의도한 대로 활용될 수 있도록 콘텐츠의 생성, 유통, 이용에 이르기까지 관리 및 보호에 대한 단계를 설정할 필요가 있다. 즉, 데이터를 암호화하고 데이터 접근에 대한 권한을 문의한 후 허용된 경우에만 활용할 수 있도록 한다.

BIM을 공유한다는 것은 타인에게 BIM에 해당되는 정보의 일부를 공개하고 공유과정에 대한 결과와 공유와 관련된 기타 데이터를 검색할 수 있게 하는 것을 의미한다. 즉 디지털 자산

에 해당되는 BIM을 효율적으로 저장, 구성, 관리, 검색, 배포하기 위한 접근 시나리오와 시스템적 솔루션을 필요로 한다.

블록체인 스마트 컨트랙트 기술을 활용하여 자동으로 계약을 실행하고 전자 서명을 활용하여 신원을 보장하여 도면의 거래 시 신뢰도를 높인다. 도면의 개발자부터 검수, 활용까지의 BIM의 전 생명주기를 다루고, 업데이트에 대한 인센티브 개념을 도입하여 통합적 도면 관리를 지향하는 플랫폼이다.

BIM라이브러리 공유의 목적은 “수익창출”에 초점을 맞추기로 한다. 첫째, 공유하는 유형 중에서 발주처에서 BIM 라이브러리 거래를 허용하고 거래에 대한 지분협의를 허용한 경우에 한정한다. 즉, BIM 라이브러리 거래의 기여자는 BIM 라이브러리를 직접 개발·공유를 통해 수익을 창출하고자 하는 사용자(발주자, 프로젝트 매니저, 설계자 등)에 한정한다. 둘째, 공유의 대상은 수익창출이 가능한 건설장비 라이브러리에 한정한다. 특히 라이브러리의 정보 중 형상정보에서 기술적인 노하우가 필요한 부분이나 비형상정보 중 특허와 관련된 부분들을 대상으로 한다. 예를 들어 형상정보의 거래 중 실제 원본인지 아닌지 여부의 판단이 어려운 경우는 제외한다.

BIM 라이브러리의 공유기술의 핵심은 라이브러리에 대한 저작권 관리이다. BIM 라이브러리 파일의 메타데이터를 활용하여 무단 변경 및 도용금지가 가능한 방법을 제안하고자 한다(그림 3). 이는 BIM 라이브러리의 생성에 기여한 저작권자들의 디지털 콘텐츠가 특정 용도로만 사용되도록 하기 위함이다. 즉, 용도는 저작권자가 배포한 콘텐츠를 사용하도록 허용하는 범주를 의미하며, 콘텐츠의 생성, 유통, 이용에 관한 권한을 포함한다.

이 권한을 플랫폼을 통해 소비자에게 분배(*Share 단계)하기 위해 콘텐츠가 생성되는 과정에 참여하기로 약속(*Contract 단계)한 사용자들(발주자 Client, 프로젝트 관리자 Project manager, 라이브러리 설계자 Designer) 간 기여도를 평가할 수 있는 기준을 합의하는 과정(①~⑦)이 전제되어야 한다. 외부환경이나 타인으로부터 생성된 디지털 콘텐츠에 대한 정보를 수집(①)하고 라이브러리를 새롭게 구성하거나 공유가능한 파일을 획득(②)함으로써 프로젝트에서 실제로 활용할 준비를 한다. 프로젝트 파일 내에서 라이브러리 파일을 불러옴(③)으로써 보완할 대상을 협의한다(④). 이후 라이브러리 유형과 규격을 설정하고(⑤) 형상 및 비형상정보의 설정방법을 협의한다(⑥). 마지막으로 형상정보를 보완하여 배치하여 최종 공유가능한 정보를 확정(⑦)한다.

III. NFT-BIM 연계를 위한 요구사항

3-1 NFT의 기술적/제도적 문제의 해결

BIM 라이브러리를 NFT 기술을 활용하여 공유하기 위해 다음의 기술적/제도적 문제들의 해결이 전제되어야 한다.

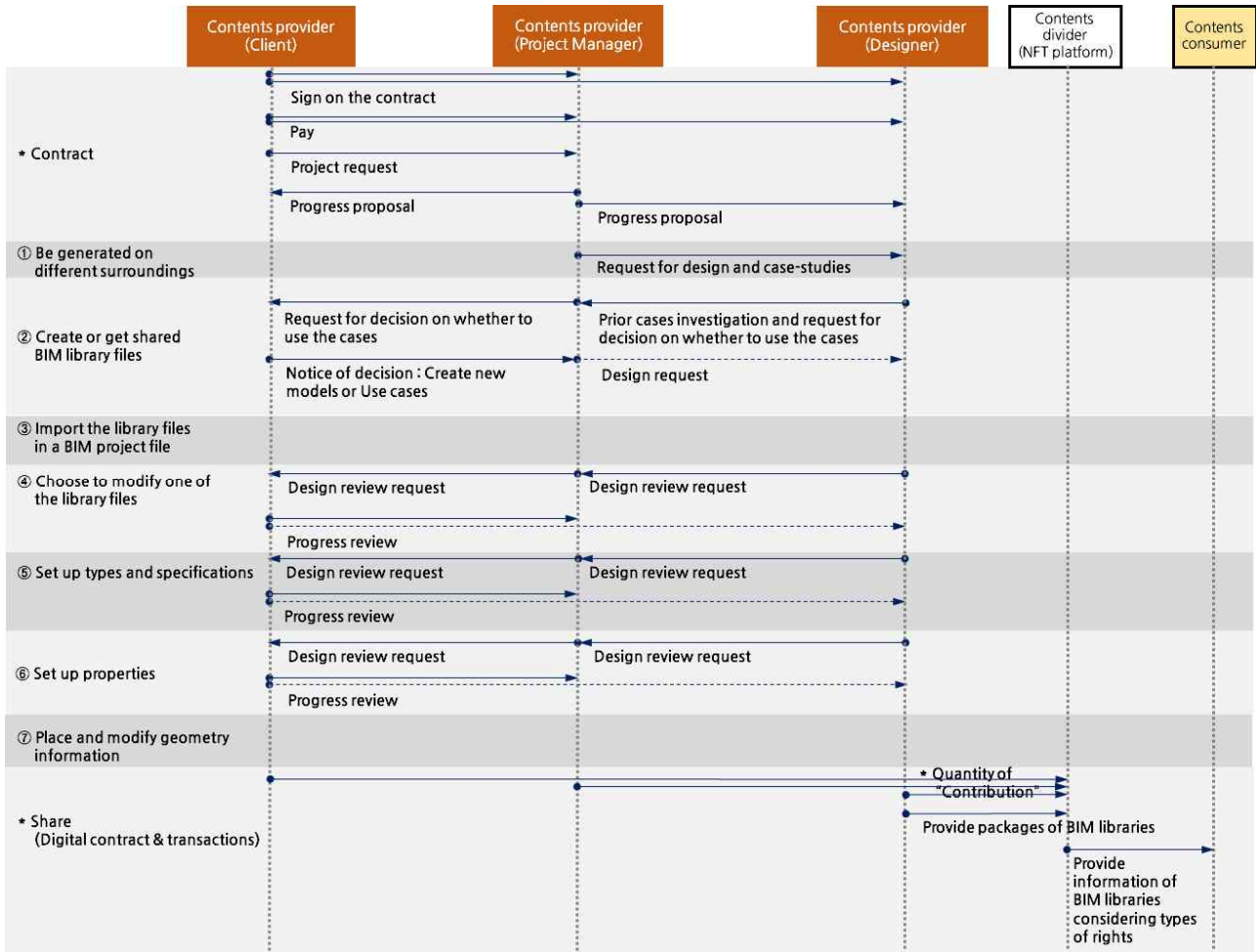


그림 3. BIM 라이브러리 운용 프로세스 사례 기반의 NFT 거래
 Fig. 3. NFT transaction based on the case of BIM library operation process

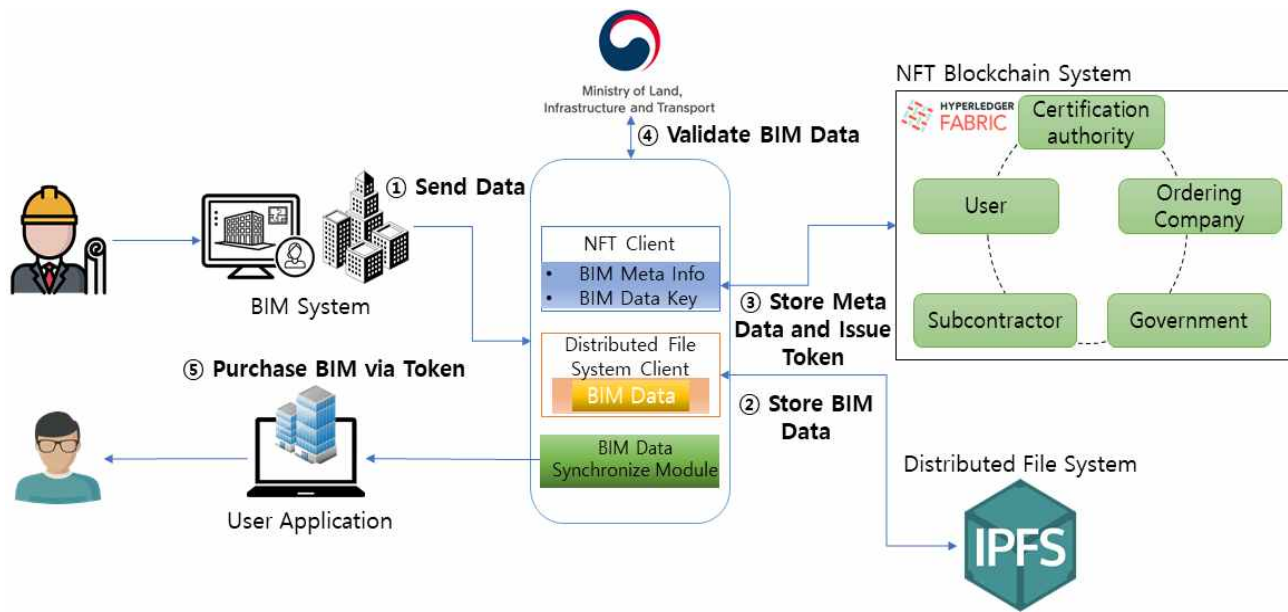


그림 4. NFT & BIM 시스템 구조도 (제안)
 Fig. 4. NFT & BIM System Structure (Example)

실물 시장과 NFT 거래시장 사이의 신뢰성 확보, NFT 화폐의 가격 변동성, NFT 화폐의 가격 변동성, NFT의 재산권 보장을 위한 법적 보완, NFT 발행 절차 및 진본 확인의 우려, BIM 건축 설계 도면의 대용량 데이터 처리에 대한 보완이 필요하다. 첫째, 실물 시장과 NFT 거래시장 사이의 신뢰성 확보가 요구된다. BIM의 데이터의 자산화에 따른 금액과 실거래에서의 자산 가치가 다르므로 실물 정보가 즉각적으로 NFT를 기반으로 한 BIM플랫폼에서 반영되어야 한다. 예시로 부동산 시장의 경우 국토부의 부동산 평가, 입지요건 변화 등의 정보가 빠르게 반영되어 가격책정이 이루어지기도 한다.

둘째, NFT 화폐의 가격 변동성에 대응전략이 사전에 준비되어야 한다. NFT는 암호화 화폐를 기반으로 만들어진 토큰이기 때문에 BIM 플랫폼에서의 거래 금액이 실시간으로 디지털 자산의 가치가 변화되어 훼손될 우려가 있다. 이를 보완하기 위해서는 법정화폐를 예치하여 그 가치만큼 1:1로 암호화폐를 발행할 수 있는 스테이블 코인을 활용하는 것이 적절해 보인다. 그러나 법정화폐 예치금 운영 등의 시스템이 중앙화 되어 시스템 관리자가 원하는 대로 운영 방침을 변경하거나 할 수 있는 우려가 있어 이점이 고려되어야 한다.

셋째, NFT의 재산권 보장을 위한 법적 보완이 요구된다. 특금법 제2조 제3호에 따라 BIM에서의 데이터도 NFT화 하면 가장 자산으로 볼 수 있음에 대한 해석은 충분하지만, 기존의 다른 사례와 같이 재산권을 보장해주지는 못하고 있다.

이를 보완하기 위해서는 특금법에서 NFT를 포함한 가상자산의 재산권 보장이 필요할 것으로 보이며 NFT 시장 활성화를 위해 전자문서법, 저작권법 등 관련 법 개정도 함께 검토 필요해 보인다.

넷째, NFT 발행 절차 및 진본 확인의 우려가 됨에 따라 별도의 검증기관과의 협력이 요구된다. BIM의 NFT 자산 정보가 블록체인 내에 존재할 경우 조작의 위협으로부터는 안전하지만 토큰 발행 전의 BIM 데이터 정보는 원본성을 보장하기 어려워 조작의 위험성이 있다. 또한, 저작물을 이용하면서 해당 저작물에 대해 수정을 가하는 경우 저작물의 동일성유지권에 영향을 줄 것이므로, 이에 대한 침해 우려도 존재한다. 이러한 문제를 BIM 플랫폼에서 보완하기 위해서는 별도의 검증기관이 플랫폼에 참여시켜 실물의 훼손 또는 위변조를 검증 후 검증 결과를 플랫폼에서 공지해 줘야 한다.

BIM 설계문서는 보통 수십에서 수백 MByte에 이르며, 대형 프로젝트의 경우 수십 GByte에 이르기까지도 한다. 하지만 현재 블록체인은 대용량 데이터 처리에 적합하지 않은 구조이다. 데이터의 양이 커질수록 데이터 분산 검증 및 저장, 분권화된 데이터 결정과 같은 합의 과정에 많은 시간을 소모하게 되어 처리가 어려워질 것이다.

3-2 시스템 설계 요구사항의 충족

NFT-BIM의 시스템을 제안하고자 한다(그림 4). BIM 데이터를 생성 후 생성된 데이터를 NFT & BIM 어플리케이션

을 통해 전송(①)하면 분산 파일 시스템(②)과 NFT 블록체인 시스템에 데이터(③)를 저장 후 토큰을 발행한다. 다음으로 사용자가 토큰을 통해 BIM 데이터를 구매하기 전 국토교통부에서는 BIM 데이터가 들어간 토큰에서 데이터를 검증(④)한다. 검증 후에는 사용자는 경매방식을 통해 보유하고 있는 토큰을 활용하여 BIM을 구매(⑤)한다. 우리는 이러한 시스템의 구조를 설계하였으며 이에 대한 방향이 추후 시스템 설계에 도움이 될 것이라 예상된다. 단, BIM 데이터 중복성 체크에 대한 기술적으로 보완되어야 할 사항들이 있다.

블록체인 기반의 NFT 시스템들의 공통적인 문제 중의 하나는 블록체인 밖에서의 데이터 복사가 발생할 때 이에 대한 데이터 원본의 보장 즉, 중복성에 관한 확인이 어렵다는 점이 있다. 그러므로 이에 대한 보완이 요구되는 실정이다. 이를 해결하기 위한 기술적 보완 방법에 대해 크게 2가지 기술이 있다. 각 기술에 대한 특징 및 이를 바탕으로 BIM 데이터의 중복성 체크의 기술적 보완사항에 대해 제시한다.

1) DRM (Digital Rights Management)

DRM은 디지털 저작권 관리를 위한 시스템으로 디지털 콘텐츠의 전체 라이프 사이클에 걸쳐 데이터의 투명성과 신뢰성을 보장하기 위한 기술이다. 이러한 DRM은 크게 다음의 3가지 용도로 사용될 수 있다(그림 5). 첫째, 디지털 콘텐츠를 유료화할 시, 불법 복제를 방지해 디지털 콘텐츠가 가진 상업적인 가치를 보호하는 기능(그림 5, [A])이 있다.

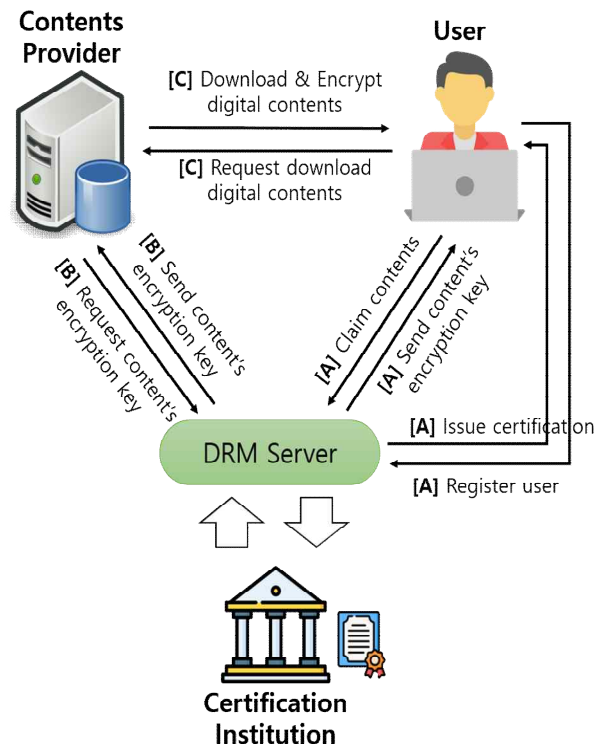


그림 5. DRM 시스템 활용 과정
Fig. 5. DRM system use procedure

둘째, 기업 간 또는 기업 내 문서의 보안에 가까운 개념으로 콘텐츠가 가진 기밀성을 보호하는 기능([B])이 있다. 셋째, 유통과정에서 디지털 콘텐츠가 변형, 훼손, 수정되지 않고 무결성을 보장받기 위한 기능 ([C])이 있다.

DRM은 콘텐츠의 관리를 위해 중앙의 DRM 서버가 있으며 이를 중심으로 콘텐츠 제공자와 사용자, 그리고 인증기관이 존재한다. 디지털 콘텐츠는 콘텐츠 제공자에 의해 사용자에게 제공되며 사용자는 인증기관에 의해 신분을 확인하는 인증서를 요청하여 발급받는다. 인증서를 발급 받은 사용자만이 디지털 콘텐츠를 이용할 수 있는 일련의 절차를 구축한다.

2) 워터마크 (Watermark)

디지털 워터마킹은 영상이나 음성 매체 등의 콘텐츠를 사람이 인식하지 못할 정도로 미세한 변화를 주어 저작권 정보를 삽입하고, 저작자의 저작권을 확인할 필요가 있을 때 삽입된 정보를 추출하는 방법으로 DRM에서 적용되는 핵심기술 중 하나이다. 다음의 그림 6과 같은 과정을 거쳐 워터마크를 삽입함으로써 불법 복제와 저작권의 문제를 해결한다. 먼저 원본 데이터와 생성한 워터마크를 삽입 알고리즘에 적용하여 원본 데이터에 미세한 조정을 하여 워터마크를 삽입 후 이에 대한 데이터를 배포하게 된다. 단, 워터마크가 삽입된 데이터와 원본 데이터를 추출 알고리즘에 연결함으로써 별도의 워터마크 추출이 가능하므로 원본 데이터 확보가 되지 않으면 워터마크 추출이 어렵다.

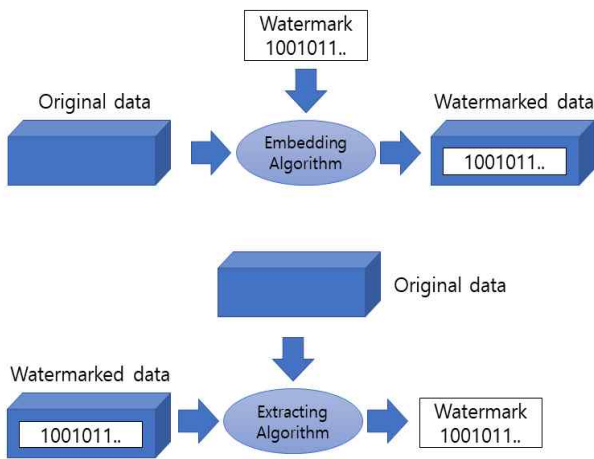


그림 6. 워터마크를 통한 소유권 증명
 Fig. 6. Watermark insertion and copyright validation

3-3 BIM 데이터 중복성 체크에 대한 보완사항

DRM 기술은 서비스 참여자의 인증서 유무에 따른 콘텐츠 이용 제한 기능을 두고 있어 데이터 복사의 위험성을 방지하는 데 활용될 수 있다. 이에 BIM 데이터를 위한 NFT 시스템에서는 프로그래밍 관점에서 인증서의 데이터 저장 및 사용자 BIM 데이터 이용 제한을 가능하도록 스마트 계약 기술을 활용할 필요가 있다.

또한, BIM 데이터에 대한 인증서 발급을 위해 BIM 데이터의 표준을 정의하고 이에 대한 품질 보증을 가능하게 하는 국가 공공기관의 적극적 참여가 요구된다.

BIM의 데이터를 위한 워터마크 기능 개발이 요구된다. 현재 많은 워터마크 기술들은 텍스트, 이미지, 동영상, 음악과 같은 콘텐츠 분야의 워터마킹 기술은 많이 연구되어왔으나 2, 3차 기하 모델에 관련된 콘텐츠의 워터마킹 기술은 연구가 적다.

또한, 기존의 디지털 서명 기술은 이미 NFT 시스템에 적용되고 있으며 이는 시스템 내에서 데이터 접근의 통제만 가능할 뿐 시스템 외부에서 데이터의 복사하는 경우의 위험성이 고려되지 못하다. 이에 BIM 데이터는 텍스트의 데이터뿐만 아니라 CAD를 활용한 3차원 데이터 콘텐츠가 주를 이루고 있으므로 이러한 데이터의 중복성 방지를 위한 워터마킹 기술이 필요하다.

외부의 불법 복제를 실시간으로 확인하기 위한 모니터링 시스템 개발이 필요하다. DRM의 보안 측면 특성과 워터마크 기능을 활용하더라도 시스템 외부에서 발생하는 데이터 복제를 막는 데 한계가 존재할 수 있다. 이에 따라 인터넷 안에서 BIM 데이터가 복제되어 다른 허가 받지 않은 사용자가 사용되는 현상을 방지하기 위해 이러한 과정을 추적하고 그에 따른 대응을 가능하게 할 수 있는 모니터링 시스템의 개발이 필요하다.

IV. 시스템 구현

BIM 공유환경의 시나리오는 통상적인 BIM 라이브러리 활용 프로세스와 비교함으로써 차별성이 부각된다(그림 7).

BIM 모델 등록자와 권한 구매자의 정보와 공유대상의 데이터가 연계될 수 있도록 하기 위해 활용가능한 정보는 다음과 같다(표 4). BIM 라이브러리는 콘텐츠 특성 상 형상 파라미터와 속성값 수정을 통해 재활용이 가능하므로 거래 활성화에 대비하여 소유권을 기록하고 증명할 수 있는 것이 중요하다. 이에 블록체인 기술을 활용한 BIM 라이브러리 공유 플랫폼 프로토타입을 개발 중에 있으며 운영 시나리오 상 BIM 공급자는 NFT 발행을 위해 상용 BIM 라이브러리 원본파일, 국제표준 포맷인 IFC 파일, 이미지 썸네일을 등록하도록 설계하였다.

표 4의 데이터는 모두 텍스트 데이터로서 일반적으로 데이터의 용량은 10KByte 미만으로, 블록체인에 저장하는 데에는 무리가 없다. 이러한 정보는 도면의 신뢰성을 높이는 데에 활용된다. 파일의 해시(Hash) 값은 블록체인에 저장됨으로써 거래시간과 함께 위/변조가 불가능한 지적자산이 된다. 이는 지적자산이 생성된 시점과 변경여부를 영구적으로 증명할 수 있게 하는 수단이다. 도면의 해시코드는 도면의 데이터 무결성을 제공할 뿐 아니라 분산 파일 시스템에서 여러 파일 중에 해당 도면을 식별하는 식별자(ID) 역할을 한다. 등록자의 디지털 서명이나 공개키는 해당 도면을 등록한 사람이 누구인지 검증하게 할 뿐 아니라 소유권 관리에 활용된다. 표 4의 데이터를 기반으로 구성한 BIM 공유 시스템의 인터페이스는 다음과 같다(표 5).

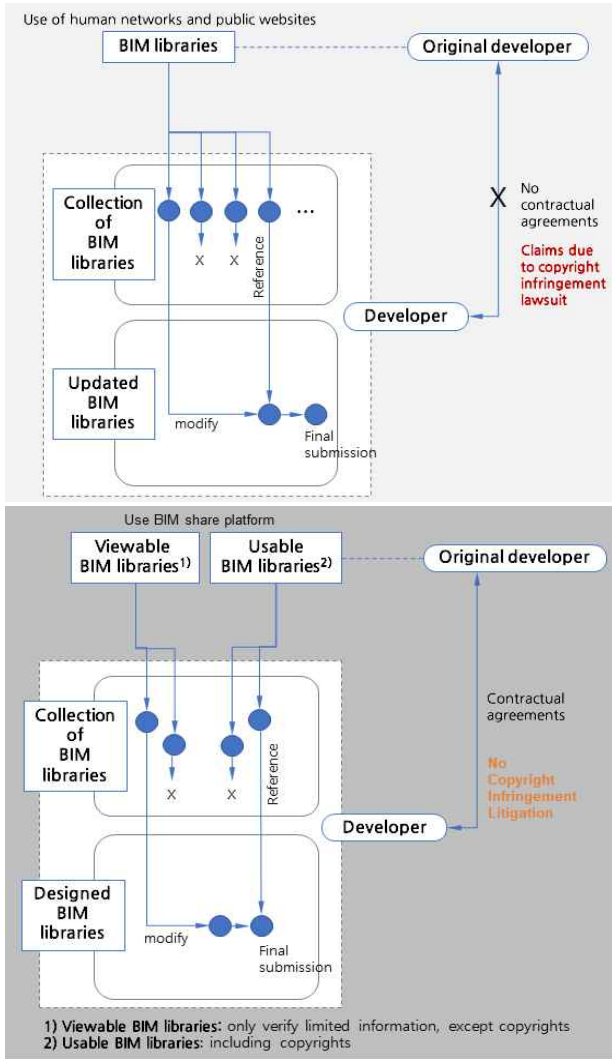


그림 7 BIM 공유프로세스의 비교
Fig. 7. Comparison with BIM share process

표 4. NFT 기반의 BIM 라이브러리 공유 시 활용정보

Table 4. Utilization data when sharing BIM libraries based on NFT

Types	Details
① BIM library information and other files information	- File type - File name - File upload time
② Author and registrant information for the BIM library	- Project summary - Registrant name - (Other additional information)
③ Data for BIM library validation	- Registrant's public key - Digital signature of the registrant - Hashcode of drawing - (Other additional information)

BIM을 거래할 때, 중개업자의 간섭 권한을 최소화 하기 위해 BIM의 거래 주요 프로세스를 모두 스마트 계약으로 개발하였다. 이를 통해 중개업자가 마음대로 거래를 간섭하거나 임의로 수수료를 책정하는 등의 독점적 지배 구조를 탈피할 수 있다. 첫 번째 이미지는 NFT방식으로 거래할 수 있는 BIM 모델 파일의 정보를 등록할 수 있다. 두 번째 이미지는 BIM NFT 데이터를 판매하는 화면이다. 소유권자는 ‘나의 보관함’ 화면에서 ‘판매하기’를 선택한후, 판매 등록에 필요한 정보를 입력한다. 판매 가격, 판매 종료일, 판매 권리, 다운로드 가능 횟수, 다운로드 가능 시간을 입력하고, 서명을 하면 해당 모델은 플랫폼을 통해 구매할 수 있게 된다. 세 번째는 조회권과 사용권의 설정에 따라 다르게 보여지는 화면이다. 네 번째는 한국빌딩스마트협회 개방형BIM플랫폼과 건설IT업체인 글로텍에서 제공하는 BIM 모델을 수집하여 프로토타입에 등록·관리 테스트를 진행한 화면이다.

표 5. 인터페이스 구성요소

Table 5. Configuration of interface based on NFT-BIM (*Interface: implementation targeting domestic users)

Main Images	Function
	(Registrant) Register BIM model
	(Registrant) Set up the right to sell
	(Seller & buyer) Classification of interface according to authority setting
	(Seller & buyer) View viewable/copyright model

V. 결론

BIM은 객체 기반 모델로서 건설정보의 효율적 관리를 가능하게 한다. 특히 BIM 라이브러리는 형상정보, 재료 및 환경구축의 제반정보들을 포함하는 컴퍼넌트형 모델로서, 2D 도면 객체에 비해 상호연계성이 강화된 것이다. 본 논문의 목적은 NFT 기술을 활용하여 BIM 라이브러리를 판매·구매할 수 있게 하는 시나

리오를 설계하는 것이며, 최종적으로 플랫폼을 구현하는 것이다.

BIM 라이브러리 개발자와 권한 구매자의 데이터 공유를 유도하기 위해 정보의 필요여부를 확인할 수 있도록 파일의 정보와 메타데이터의 연계체계를 정의하였다. 공유된 데이터의 보유·사용 권한을 판매·구매할 수 있게 함으로써 개발자의 데이터 권한을 보호하고 구매자가 지속적으로 접근할 수 있는 환경을 조성한다. 이와 같이 사용자의 요구에 따라 일련의 정보가 적절한 방식으로 전달되게 함으로써 데이터 소유권이 보호될 수 있도록 하였다.

이 공유모델의 핵심은 BIM라이브러리가 디지털 플랫폼에서 공유되었을 시 데이터 사용에 의해 발생될 수 있는 이익충돌요소를 최소화하는 것이었다. BIM라이브러리의 공유에 대한 방식은 디지털 저작권의 관리와 직결되어 있다. 저작권자가 배포한 디지털 콘텐츠가 저작권자가 의도한 대로 활용될 수 있도록 콘텐츠의 생성, 유통, 이용에 이르기까지 관리 및 보호에 대한 단계를 설정할 필요가 있다. 즉, 데이터를 암호화하고 데이터 접근에 대한 권한을 문의한 후 허용된 경우에만 활용할 수 있도록 하였다. BIM 공유환경의 활용과정은 기존 라이브러리 활용 프로세스와 비교하였을 때 라이브러리 개발자와 사용자 간 협의를 전제로 한 데이터 공유를 지원하였다.

BIM의 공유는 BIM설계 및 시공 대상의 활용을 장려하고 국제적 표준 및 국내 인프라BIM 체계와 연계함으로써 라이브러리 개발을 확대할 수 있게 할 것이다. 통상적인 기획, 설계 시공, 유지보수 방식에서 벗어나 선진적인 모델을 참조함으로써 지능화되고 자동화된 전일적 건설사업 시스템을 구축할 수 있을 것으로 기대된다. BIM 관련 설계가 활성화되게 함으로써 국내 표준과 프로세스에 적합한 독창적인 BIM 라이브러리와 이를 반영한 소프트웨어 개발로 연결될 것으로 기대된다.

Acknowledgements

This work is supported by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport(Grant 22CTAP-C164356-02).

This work is supported by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport(23 Management and Planning Projects of Construction CALS/Construction CALS Project)

참고문헌

- [1] BIM cluster in KICT, Technology Policy Division, *Construction Industry BIM Implementation Guidelines*, Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT), 2022.
- [2] ACCA software S.p.A., BIM Data: what are they, what are they used for and why are they so important? [Internet].

- Available: <https://biblus.accasoftware.com/en/bim-data-what-are-they-what-are-they-used-for-and-why-are-they-so-important/>
- [3] Autodesk, Understanding the Difference Between BIM and CAD [Internet]. Available: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit/learn-explore/caas/video/youtube/lesson/143344-courseId-100332.html>
 - [4] ArchiStar Office, A Comparison between CAD and BIM [Internet]. Available: <https://academy.archistar.ai/a-comparison-between-cad-and-bim>
 - [5] BIM Community, BIM Design Vs Traditional 2D Design [Internet]. Available: <https://www.bimcommunity.com/news/load/1183/bim-design-vs-traditional-2d-design>
 - [6] Graphisoft, BIM deliverables, NBS Enterprises [Internet]. Available: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-deliverables>
 - [7] Goh, Kai Chen, Goh, H. H., Toh, S. H., and Peniel Ang, S.E.. “Enhancing communication in construction industry through BIM,” in *11th International Conference on Innovation and Management*, University of Vaasa, Vaasa, Finland, pp. 313-324, 2014.
 - [8] Janet Kästner, BIM-enabled facilities management with allplan’s BIMPLUS platform [Internet]. Available: <https://www.allplan.com/press-reports/press-report/bim-enabled-facilities-management-with-allplans-bimplus-platform/>
 - [9] Lin, Y. C., Hsu, Y. T., and Hu, H. T., “BIM Model Management for BIM-Based Facility Management in Buildings”, *Advances in Civil Engineering*, Vol. 2022, No. 15, pp. 1-13, <https://doi.org/10.1155/2022/1901201>
 - [10] Lee, B. R., A new revolution in road construction business, RICON [Internet]. Available: http://www.ricon.re.kr/board/view.php?no=5025&group=issue&page=global_policy&cate=11&author=%EC%9D%B4%EB%B3%B4%EB%9D%BC&keyword=&year=®ion=
 - [11] Choi, K. H., Building Smart Association to form BIM consultative body material company sector [internet]. Available: <https://www.cadgraphics.co.kr/newsview.php?pages=news&sub=news01&subcate=3&catecode=2&num=44801>
 - [12] Moon, H. S., “Development of BIM Library for Civil Structures based on Standardized Drawings-Focused on 2D Standard Drawings of The MOLIT”, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, Vol. 19, No. 1, pp. 80-90, march, 2013. <https://doi.org/10.7315/CADCAM.2014.080>
 - [13] National Institute of Building Sciences, National BIM Guide for Owner [Internet]. Available: https://www.nibs.org/files/pdfs/NIBS_BIMC_NationalBIMGuide.pdf
 - [14] ISO, *BS EN ISO 19650-2*, 4th ed. Geneva, 2021.
 - [15] Bilge, E. C., & Yaman, H. Information management roles in real estate development lifecycle: literature review on BIM and IPD framework. *Construction Innovation*, Vol. 21, No. 4, pp. 723-742, 2021. <https://doi.org/10.1108/CI-04-2019-0036>

[16] Kim, D. Y., Lee, S. W., Nam, J. H., Kim, B. S., and Kim, S. J., "Strategies for Activating BIM-data Sharing in Construction - Based on cases of defining practical data and a survey of practitioners-", *Journal of KIBIM*, Vol. 12, No. 1, pp. 72-80, 2022. <https://doi.org/10.13161/kibim.2022.12.1.072>

[17] Kang, D. R., The success of digital platform government depends on the protection of personal information [Internet]. Available: <https://www.sedaily.com/NewsView/269UHT7V26>

[18] NBS, What is NBS National BIM Library? [Internet]. Available: <https://www.nationalbimlibrary.com/en/>

[19] DCS Co., Ltd., KMBIM [Internet]. Available: https://www.dcs.co.kr/?page_id=259

[20] Choi, H. S., An Analysis about Factors affecting Inactiveness of BIM(Building Information Modeling) Introduction in the Construction Project, Master's thesis, Hanyang University, Seoul, Korea, Feb. 2010.



김도영(Do Young Kim)

2013년 : 성균관대학교 대학원 (건축학석사-디지털컴퓨팅, BIM)
2018년 : 성균관대학교 대학원 (건축학박사-디지털컴퓨팅, BIM)

2018년~2019년: 성균관대학교 건설환경연구소(Center for Built Environment, CBE) 박사후연구원
2019년~현 재: 한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부 박사후연구원
※ 관심분야 : 블록체인, 딥러닝, 해상도변환, 디자인컴퓨팅, 건설절차, BIM 전략 등



김순태(Suntae Kim)

2003년 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
2007년 : 서강대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
2010년 : 서강대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)

2008년: Oakland University, Visiting Scholar
2010년~2011년: 서강대학교, 연구교수
2011년~2013년: 강원대학교, 컴퓨터공학과 조교수
2014년~현 재: 전북대학교, 소프트웨어공학과 부교수/교수
※ 관심분야 : 블록체인, 소프트웨어공학(소프트웨어 아키텍처, Repository Mining), 인공지능



김범수(Bum-Soo Kim)

2008년 : 강원대학교 일반대학원 (이학석사-전산학)
2013년 : 강원대학교 일반대학원 (이학박사-전산학)

2013년~2015년: 한국과학기술원 첨단정보기술연구센터(AITrc), 산업경영연구소 박사후연구원
2016년~2017년: 고려대학교 산학협력단 박사후연구원
2017년~2020년: 한국건설기술연구원 미래융합연구본부 박사후연구원
2020년~2021년: 아이티메이트 기술연구소 수석연구원
2021년~현 재: 한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부 수석연구원
※ 관심분야 : 시계열 마이닝, 건설 빅데이터 분석, 블록체인, 인공지능 등



김성진(Seong Jin Kim)

1995년 : 계명대학교 산업공학 (학사)
2001년 : 계명대학교 대학원 (공학석사-전자결재)

2001년~현 재: 한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부 수석연구원
※ 관심분야 : 블록체인, 전자문서, 건설사업관리, 디지털건설 등