

논문 2024-4-26 <http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2024.12.26>

NFT 기반 디지털 콘텐츠 이용허락 계약을 위한 크로스 체인 브릿지 기술에 관한 연구

노창현*, 신동명*†

A Study on Cross-Chain Bridge Technology for NFT-based Digital Content Licensing Agreements

ChangHyun Roh*, Dong-Myung Shin*†

요 약

최근 블록체인의 NFT 기반 마켓플레이스가 확대되고 있다. NFT는 사진, 동영상, 게임 아이템 등 다양한 콘텐츠를 고유값으로 토큰화하여 거래할 수 있어, 소유권을 증명하기에 적합하다. 또한, 콘텐츠 저작권 이용 허락 계약을 NFT와 SmartContract를 기반으로 서비스하는 사례도 증가하고 있다. 하지만, 타인의 저작물과 유사하거나 동일한 저작물을 대상으로 NFT 주조 및 판매하여 금전적 피해와 저작권 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제는 블록체인이 데이터 구조, 인터페이스 등의 차이로 인해 여러 블록체인 인프라 간 자산 교환 등의 상호운용성이 제한되고 있기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 블록체인을 연계하는 크로스 체인 브릿지를 이용하여 NFT의 유일성을 보장하며, 연계할 수 있는 기술을 설계하고자 한다. 크로스 체인 브릿지는 NFT 동결, 연계 NFT 주조, NFT 환원 기능을 기반으로 하며 Hyperledger Fabric과 Ethereum의 구현을 통해 실험적 검증을 하고자 한다. 본 연구를 통해 NFT의 유일성을 제공하여 동일 NFT 재생성 등 저작권 침해를 방지할 수 있을 것이며, NFT 기반 이용허락 계약 등 저작권 활용이 활성화될 것으로 기대한다.

Abstract

The NFT-based marketplace in blockchain ecosystems has been rapidly expanding. NFTs allow various types of content, such as photos, videos, and game items, to be tokenized with unique values, making them ideal for proving ownership. Moreover, the use of NFTs and smart contracts for content licensing agreements has been increasing. However, issues have emerged with minting and selling NFTs that closely resemble or duplicate copyrighted works, leading to financial losses and disputes. These issues stem from the limited interoperability between different blockchain infrastructures due to differences in data structures, interfaces, and other factors. To solve these issues, this paper aims to design a cross-chain bridge technology that ensures the uniqueness of NFTs while enabling interoperability between blockchain. The proposed cross-chain bridge will be built on functionalities such as NFT lock, NFT validation, and NFT return. Through this paper, we expect to prevent copyright infringements, while also promoting the use of NFTs for licensing agreements.

한글키워드 : 블록체인, 대체 불가능한 토큰, 이용허락 계약, 크로스 체인 브릿지

keywords : Blockchain, Non-Fungible Token, Licensing Agreement, Cross-Chain Bridge

* 엘에스웨어(주) 소프트웨어연구소 연구개발본부

접수일자: 2024.11.24. 심사완료: 2024.12.10.

† 교신저자: 신동명(email: roland@lsware.com)

게재확정: 2024.12.20.

1. 서론

최근 블록체인의 NFT를 기반으로 하는 마켓플레이스 시장이 계속해서 확대되고 있다. NFT(Non-Fungible Token)는 암호화폐 플랫폼인 Ethereum에서 처음 제안되었으며, 사용자의 지갑(Wallet)을 기반으로 암호화폐, 토큰, NFT를 블록체인에 지갑 정보를 함께 저장하여 소유권을 증명할 수 있게 되는 구조인데, 이를 이용하여 사진, 동영상, 미술품, 부동산 등 다양한 유형의 자산을 메타데이터로 사용하고 해당 데이터의 해시 등의 유일한 값으로 블록에 저장되기에 유일성/희소성을 가지는 토큰으로 인식되고 있다[1].

유형자산을 연결하는 것 이외에도 메타버스와 같은 3차원 가상공간에서의 캐릭터, 가구, 소품 등의 콘텐츠를 제작/거래/유통을 진행하여 가상의 경제 생태계를 구축하는 디지털 자산(Asset) 분야에도 NFT를 사용한 디지털 콘텐츠 거래 분야까지도 확대되고 있다[2]. 많은 분야에서 확장이 가능한 이유는 NFT가 기존의 디지털 자산 거래 방식과 차별화된 가치를 지니고 있으며, 특히 디지털 콘텐츠의 소유권 및 저작권 보호에 중요한 역할을 하고 있기 때문이다.

저작권 보호를 위해 NFT와 SmartContract를 활용하여 콘텐츠 저작권 이용허락 계약을 자동화하는 서비스가 개발되고 있으며, 이러한 계약은 저작권자의 권리를 보호하고, 디지털 자산의 효율적인 활용을 가능하게 한다.

그러나 타인의 저작물과 유사하거나 동일한 저작물을 NFT로 주조(Minting)하고 이를 판매함으로써 금전적 손실 및 저작권 침해 문제가 발생하고 있는 것이 현실이다. 이러한 문제는 블록체인 기술의 상호운용성 부족에서 기인한다. 각기 다른 블록체인 인프라 간에는 데이터 구조와 인터페이스가 상이하여 자산 교환이 어렵고, 이에 따라 NFT의 유일성을 보장하기 어려워지는

문제가 발생한다. 현재까지 NFT 마켓플레이스는 유사하거나 같은 저작물인지를 확인하기 위해 직접 디지털 콘텐츠를 확인한 후 주조하기도 하며 [1], AI를 이용하여 콘텐츠의 특징점을 추출하고, 이를 기반으로 등록하려는 콘텐츠와 비교하는 연구도 존재한다[2]. 하지만, 직접 콘텐츠를 확인하는 방법은 확인자의 주관적인 해석을 통해 이루어지기에 적합하지 않으며, AI 기반 특징점 비교 방식은 빅데이터를 구축하지 않으면 정확도가 크게 떨어지는 문제가 발생한다.

NFT 주조를 위한 디지털 콘텐츠를 일일이 확인하는 방법은 큰 자원이 소모되기에, 이와 같은 문제를 해결하는 방법으로 본 논문에서는 이기종의 블록체인 간 NFT의 이동을 보장하는 크로스 체인 브릿지 기술 적용으로 콘텐츠의 직접 분석보다 효율적으로 문제를 해결하고자 한다.

이를 위해 본 논문에서는 외부의 NFT를 이용허락 계약이 가능한 NFT로 블록체인 간 자산 이동을 크로스 체인 브릿지를 이용하는 방법을 제안하고자 한다.

본 논문에서 제시하는 크로스 체인 브릿지 기술은 NFT의 유일성을 보장하면서도 서로 다른 블록체인 간의 상호운용성을 개선하는 데 중점을 두고 있다. 제안된 기술은 NFT의 동결, 연계 NFT 주조, NFT 환원과 같은 기능을 포함하며, 이를 통해 블록체인 간 디지털 자산의 통합 관리와 유일성을 검증한다. 본 연구에서는 이러한 기술을 Hyperledger Fabric과 Ethereum 플랫폼에 적용하여 실험적 검증을 수행하여 제안된 크로스 체인 브릿지의 실효성을 입증하고자 한다.

본 제안 방식을 통해 블록체인 간 상호운용성 제공으로 NFT의 유일성을 보장하고자 하며, 동일 저작물 등록 방지 등의 저작권 침해를 방지할 수 있어 NFT를 이용한 디지털 콘텐츠의 저작권 관리와 활용이 더욱 활성화될 수 있을 것으로 기대한다.

2. NFT와 디지털 콘텐츠 이용허락 계약

2.1 NFT 개념 및 기술적 특성

NFT(Non-Fungible Token)는 블록체인 기술을 기반으로 디지털 자산에 고유한 식별 값을 부여하는 방식으로, 각 토큰이 고유하다는 점에서 대체할 수 있는 암호화폐(비트코인, 이더리움 등)와 차별화된다[3]. NFT는 소유권과 원본성을 증명할 수 있으며, 주로 ERC-721과 ERC-1155와 같은 이더리움 기반 표준을 사용해 발행된다. 이러한 NFT는 디지털 예술품, 음악, 동영상, 게임 아이템 등 다양한 디지털 자산을 토큰화해 자산화할 수 있다.

NFT는 암호화된 지갑을 통해 소유권을 확인할 수 있으며, 누구나 그 기록을 블록체인에서 확인할 수 있어서 투명성과 신뢰성이 보장된다. 더불어, SmartContract를 통해 자산의 소유권 이동, 로열티 지급 등 자동화된 계약 실행이 가능하다. NFT는 이러한 기술적 특성 덕분에 디지털 자산의 소유권을 안전하고 투명하게 관리할 수 있는 도구로 자리 잡았으며, 특히 희소성 있는 자산의 거래에 최적화된 기술로 주목받고 있다.

2.2 디지털 콘텐츠와 저작권 보호

디지털 콘텐츠는 복제가 용이하고, 인터넷을 통해 빠르게 확산되기 때문에 저작권 침해 문제에 쉽게 노출된다[4]. 전통적인 저작권 보호는 중앙화된 기관이 관리하는 방식으로, 디지털 자산의 무단 사용이나 복제를 막는 데 한계가 있었다. 이러한 문제를 해결하려는 방법의 하나로, 블록체인 기술을 활용한 저작권 관리가 주목받고 있다. NFT는 디지털 콘텐츠의 고유성을 보장하고, 콘텐츠의 소유권과 거래 이력을 블록체인에 기록함으로써 불법 복제와 저작권 침해를 방지하는 역할을 한다.

예를 들어, 디지털 예술품이 NFT로 토큰화되

면, 소유자는 그 예술품의 원본임을 증명할 수 있으며, 거래 과정에서 권리의 이전도 자동으로 기록되어 불법 복제나 도용의 위험을 줄일 수 있다[5]. 저작권 보호는 블록체인에 기록된 소유권과 거래 이력을 기반으로 하여 법적 분쟁 발생 시 중요한 증거로 사용될 수 있다. 이에 따라, 블록체인 기술을 이용한 저작권 관리 시스템은 투명성, 신뢰성, 그리고 자동화를 제공하며, 디지털 콘텐츠 보호의 새로운 패러다임을 제시하고 있다.

2.3 NFT를 통한 이용허락 계약의 현황

최근에는 NFT를 활용한 저작권 이용허락 계약이 점점 더 활성화되고 있다. 이 과정에서 SmartContract가 중요한 역할을 하며, 계약 조건이 충족되었을 때 자동으로 계약이 실행되는 특징을 가지고 있다. 이러한 계약 방식은 특히 디지털 콘텐츠의 라이선싱에 적합하다[6]. 예를 들어, 그림 1처럼, 제작자가 자신의 콘텐츠를 NFT로 발행하고, 그에 대한 이용권을 구매자에게 제공하는 방식이다. 이 경우 SmartContract는 계약 조건(예: 사용 기간, 사용 범위 등)을 기록하고, 조건이 충족되면 자동으로 로열티를 지급하거나 이용 권한을 제한할 수 있다. 또한, 이러한 시스템은 라이선싱 과정에서의 투명성을 보장할 수 있으며, 중개자 없이 콘텐츠 제공자와 사용자 간의 직접적인 거래가 가능하다.



그림 1. NFT 기반 이용허락 계약 방식
Fig. 1. NFT-based license agreement method

예술, 음악, 영화 등 다양한 산업에서 이러한 NFT 기반 라이선스 계약이 활발히 이루어지고 있으며, 이는 기존의 중앙화된 저작권 관리 시스템과는 차별화된 방식으로, 더 많은 창작자와 사용자가 블록체인 기술을 활용하여 디지털 자산을 관리하고 거래하는 것을 가능하게 한다[7]. 그러나, 법적 효력에 대한 논의와 각국의 저작권 법제와의 조화 문제는 여전히 과제로 남아있다.

3. 크로스 체인 브릿지

3.1 블록체인 간 상호운용성 문제

블록체인 기술은 기본적으로 독립적인 네트워크 내에서 동작하도록 설계되어 있으며, 각 블록체인은 고유한 데이터 구조, 합의 메커니즘, 그리고 SmartContract 플랫폼을 사용하고 있다. 예를 들어, 이더리움과 비트코인은 각기 다른 합의 알고리즘(Proof-of-Stake, Proof-of-Work)을 사용하며, 거래 처리 방식과 블록 생성 주기 또한 상이하다. 이러한 차이점은 블록체인 간의 상호운용성을 저해하는 중요한 요소로 작용한다[8].

특히, 퍼블릭 블록체인과 프라이빗 블록체인 간의 상호운용성 문제는 더욱 복잡하다. 퍼블릭 블록체인은 탈중앙화된 특성으로 인해 누구나 접근할 수 있지만, 프라이빗 블록체인은 접근 권한이 제한된 네트워크로 설계되어 있어 두 블록체인 간의 자산 이동이나 데이터 공유가 어렵다[9].

이로 인해, 동일한 자산이 여러 블록체인에서 중복으로 생성되거나, 자산의 고유성이 보장되지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 블록체인 간의 상호운용성을 보장하는 표준 프로토콜이 필요하며, 특히 NFT와 같은 대체 불가능한 자산의 경우, 그 유일성을 유지하면서도 안전하게 다른 블록체인으로 이전할 수 있는 기술적 해결책이 필수적이다.



그림 2. 크로스 체인 브릿지 개요
Fig. 2. Cross-Chain Bridge Overview

3.2 크로스 체인 브릿지 개요

크로스 체인 브릿지(Cross-Chain Bridge)는 상호 간의 기술적 차이로 인해 독립적으로 운영되는 여러 블록체인 간의 자산 이동과 데이터 교환을 가능하게 해주는 기술이다[10]. 블록체인은 네트워크의 고유한 프로토콜과 합의 알고리즘, 데이터 구조를 기반으로 운영되기 때문에 기본적으로 다른 블록체인과의 직접적인 상호작용이 어렵다. 이러한 상호운용성 부족 문제를 해결하려는 방법의 하나가 크로스 체인 브릿지 기술이다.

크로스 체인 브릿지는 그림 2처럼, 특정 블록체인에 있는 자산을 잠금(Lock) 후, 해당 자산의 복제본을 다른 블록체인에서 생성하는 방식으로 자산 이동을 처리한다. 이를 통해 한 블록체인에 존재하는 자산이 다른 블록체인에서 유통되거나 사용할 수 있도록 연결해 준다[11].

NFT와 같은 디지털 자산의 경우, 이러한 크로스 체인 브릿지를 통해 여러 블록체인 간의 자산 이동을 지원할 수 있으며, 자산의 유일성을 유지하면서도 다양한 블록체인 환경에서 거래하는 방법을 제공한다.

3.3 기존 크로스 체인 기술 사례

현재 크로스 체인 기술의 대표적인 사례로는 Polkadot과 Cosmos가 있다. Polkadot은 '릴레이 체인'이라는 중앙 허브를 사용해 여러 블록체인 간의 상호작용을 가능하게 하며, 서브 체인들이 독립적으로 운영되면서도 필요한 자산과 데이터

를 공유할 수 있게 한다. 이를 통해 Polkadot 네트워크 내의 서로 다른 블록체인 간의 자산 이전이 가능하며, 사용자들은 단일 체인이 아닌 네트워크 전체에서 자산을 활용할 수 있다[12].

Cosmos는 '인터블록체인 통신 프로토콜(IBC)'을 사용하여, 블록체인 간의 데이터 및 자산 교환을 지원한다[13]. IBC는 개별 블록체인들이 독립적으로 동작하면서도 서로 간에 안전하게 데이터를 주고받을 수 있는 메커니즘을 제공하여, 다양한 블록체인 생태계 간의 상호운용성을 강화하는 기술로 평가받고 있다. 이러한 기술들은 블록체인 간 자산 이동을 실현하여, 사용자들이 서로 다른 블록체인을 하나의 네트워크처럼 사용할 수 있는 환경을 제공하고 있다.

Polkadot과 Cosmos 등의 크로스 체인 기술은 블록체인 산업의 미래를 형성하는 중요한 요소로, 더욱 연결되고 효율적인 탈중앙화 생태계를 구축하는 데 기여하고 있다. 이러한 기술들은 블록체인 간 자산 이동을 실현하여, 사용자들이 서로 다른 블록체인을 하나의 네트워크처럼 사용할 수 있는 환경을 제공하고 있으며, 향후 블록체인 기술의 발전과 채택에 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

4. NFT의 유일성 보장을 위한 기술적 요구사항

4.1 NFT 고유성 보장

즉, 각 NFT는 독특한 식별자를 가지며, 동일한 자산은 두 개 이상 존재할 수 없다. NFT의 고유성을 보장하기 위해서는 각 자산에 대한 명확한 소유권과 메타데이터를 관리하는 것이 중요하다. 이를 위해 블록체인상에서는 NFT의 소유자, 발행일, 발행자가 등록된 데이터로 기록되며, 이 데이터는 누구나 확인할 수 있다. 이때 NFT의 고유성을 보장하려면, NFT의 발행에서 중복

발행을 방지하기 위한 메커니즘이 필수적이다. 블록체인 네트워크에서 이중 지불 문제를 해결한 것처럼, NFT가 동일한 자산으로 여러 번 발행되지 않도록 하는 기술적 요구사항이 존재한다.

또한, NFT의 메타데이터는 주로 외부 스토리지 시스템(예: IPFS)에 저장되기 때문에, 해당 메타데이터의 변경이나 손실이 발생할 경우 NFT의 고유성에 문제가 생길 수 있다. 따라서, 이를 해결하기 위한 강력한 해시 함수나, 탈중앙화된 스토리지 네트워크와의 연동이 필요하다. 나아가, 블록체인상에서의 소유권 이력은 투명하게 공개되어야 하며, NFT가 타 블록체인으로 이전되더라도 그 고유성과 소유권이 유지되어야 한다.

4.2 블록체인 간 NFT 중복 주조 방지

여러 블록체인 환경에서 NFT가 거래되거나 이전되는 경우, 동일한 자산이 여러 블록체인에 중복으로 주조되는 문제가 발생할 수 있다. 특히 퍼블릭 블록체인과 프라이빗 블록체인 간의 자산 이동은 상호운용성의 한계로 인해 중복 주조의 위험이 크다. 이러한 문제를 방지하기 위해서는 NFT를 한 블록체인에서 다른 블록체인으로 이전할 때 기존 블록체인에서 해당 NFT가 동결(또는 잠금)되어 더 이상 거래되거나 주조되지 않도록 해야 한다. 이 과정에서 크로스 체인 브릿지 기술을 활용할 수 있는데, 이 기술은 특정 블록체인에서의 자산을 동결한 후 다른 블록체인에서 이를 복제하거나 이동할 수 있도록 한다.

또한, SmartContract 기반의 검증 시스템을 통해 각 블록체인에서 동일한 자산이 여러 번 주조되지 않도록 자동으로 검증할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 블록체인 간 자산 이동을 관리하는 표준화된 프로토콜과 자산의 유일성을 보장하는 메커니즘이 필요하며, NFT의 고유성을 유지하기 위해 각 블록체인에서 발행된 NFT의 고유 식별자를 공유하는 방식도 고려될 수 있다.

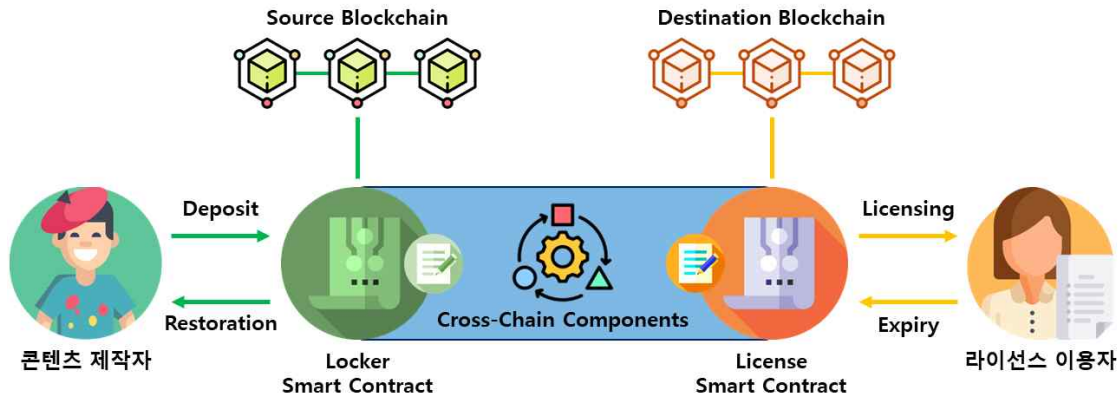


그림 3. 크로스 체인 브릿지 기반 디지털 콘텐츠 이용허락 계약 개요도
Fig. 3. Overview of cross-chain bridge-based digital contents licensing agreement

4.3 SmartContract를 통한 검증 자동화

SmartContract는 블록체인상에서 계약의 조건을 코드로 구현하여 자동으로 실행되게 하는 기술로, NFT의 유일성을 보장하고 거래 과정을 신뢰할 수 있게 하는 데 중요한 역할을 한다. 특히, 블록체인 간의 상호운용성을 보장하기 위해서는 SmartContract를 통해 자산의 이전, 동결, 그리고 복제를 자동으로 검증하는 시스템이 필요하다. 예를 들어, NFT가 한 블록체인에서 다른 블록체인으로 이전될 때, SmartContract는 기존 블록체인에서 해당 NFT가 동결되었는지, 그리고 새로운 블록체인에서 동일한 자산이 중복으로 주조되지 않았는지를 자동으로 확인할 수 있어야 한다. 이를 통해 중복 발행이나 복제 문제를 방지할 수 있다. 또한, SmartContract는 NFT의 소유권 이전 과정에서 조건부 계약을 설정하여 일정한 조건이 충족되었을 때만 소유권이 자동으로 이전되도록 설정할 수 있다.

예를 들어, 구매자가 대금을 지불하면 NFT의 소유권이 자동으로 이전되는 시스템을 구축할 수 있다. 이러한 자동화된 검증 시스템은 사용자의 개입을 최소화하고, 거래의 신뢰성을 높이며, 오류나 부정행위를 방지할 수 있다. 특히, NFT를 다른 블록체인으로 이전할 때 발생할 수 있는 다

양한 위험 요소들을 미리 방지하고, NFT의 유일성을 확실히 보장하기 위한 핵심적인 기술로 SmartContract가 활용될 수 있다. SmartContract의 보안성과 신뢰성을 높이기 위한 코드 감사와 검증도 중요한 요소로 작용하며, 다양한 블록체인 간의 호환성을 위해 표준화된 SmartContract 프로토콜이 필요하다.

5. 제안 방식

5.1 제안 방식 개요

본 제안 방식은 이용허락 계약을 위한 크로스 체인 브릿지로, 그림 3처럼 Source Blockchain의 NFT를 Destination Blockchain의 이용허락 계약이 가능한 NFT로 연계 생성하여 SmartContract로 콘텐츠의 이용 허락, 소유권 이전 등 다양한 계약이 가능한 구조이다.

이러한 구조를 위해 본 제안 방식은 Source Blockchain NFT 잠금 단계, 크로스 체인 전송을 통한 Destination Blockchain NFT 생성 단계, NFT를 이용한 이용허락 계약 단계, 이용허락 계약 만료 시 NFT 환원 단계로 구성된다.

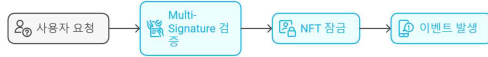


그림 4. NFT 잠금 프로세스
Fig. 4. NFT Lock Process



그림 5. NFT 주조 프로세스
Fig. 5. NFT 주조 Process

5.2 NFT 잠금(Lock) 단계

NFT 잠금 단계는 Source Blockchain의 NFT를 Destination Blockchain으로 전송하기 위한 첫 번째 단계로, Multi-Signature 기술을 적용한다. 이 과정은 그림 4와 같이 진행된다:

- ① 사용자 요청: NFT 소유자가 자신의 NFT를 크로스 체인 브릿지를 통해 전송을 요청함
- ② Multi-Signature 컨트랙트 활성화: Source Blockchain에서 Owner를 여러 명으로 하는 Multi-Signature SmartContract를 실행함
- ③ 검증자 서명: 지정된 Owner들이 잠금 요청의 유효성을 확인하고 서명함
- ④ 서명 검증: 시스템이 제출된 서명의 수와 유효성을 확인함
- ⑤ 트랜잭션 전송: 필요한 수의 서명이 모이면, Owner 변경 기능이 실행되어 해당 NFT를 잠금 상태로 변경함
- ⑥ 이벤트 발생: NFT가 잠금 상태로 변경되면, 이를 알리는 이벤트가 발생함

5.3 이용허락 관련 NFT 주조 단계

크로스 체인 브릿지를 통한 이용허락 NFT 주조 단계는 잠금된 Source NFT에 대응하여 Destination Blockchain에서 새로운 이용허락을 위한 NFT 들을 생성하고 전송하는 과정으로, 그림 5와 같이 진행된다.

- ① 전송 요청: 잠금 단계가 완료되면, Source Blockchain에서 NFT 전송 요청을 전달함

표 1. 이용허락 계약을 위한 NFT 구조
Table 1. NFT Structure for License Agreement

구분	구성 및 내용	
저작물 NFT	TokenId	NFT 토큰 ID
	Owner	소유자
	TokenURI	NFT 토큰 관련 정보를 담는 주소
	Approved	승인 상태
	URL	메타데이터 주소
	CopyrightID	저작권 NFT ID
저작권 NFT	LicenseID	라이선스 NFT ID
	TokenId	저작물 NFT ID
	LicenseID	라이선스 NFT ID
	Owner	소유자
	Share	저작권 지분
라이선스 NFT	CRTYPE	저작권 유형
	Attribute	기타 저작권 속성
	TokenId	저작물 NFT ID
	CopyrightID	저작권 NFT ID
	Owner	소유자
	LType	이용허락 계약 유형
	LDate	이용허락 계약일
	Lperiod	이용허락 기간

- ② 메타데이터 확인: Source Blockchain NFT의 메타데이터를 Destination에서 확인함
- ③ SmartContract 실행: 필요한 수의 서명이 모이면, Destination Blockchain에서 저작물 NFT 주조 SmartContract가 실행됨
- ④ Destination Blockchain NFT 생성: 전송된 메타데이터를 기반으로 Destination에서 저작물, 저작권 NFT가 생성됨

- ⑤ 이용허락 계약 : 라이선스 이용자가 저작물에 대한 이용허락을 요청할 때, 라이선스 NFT를 생성한다. 이 때, 이용허락 NFT는 여러 개로 구성될 수 있음

이용허락 계약을 위해 Destination Blockchain에서의 NFT 생성 구조는 저작물 NFT, 저작권 NFT, 라이선스 NFT로 표 1과 같이 구성된다.

저작물 NFT는 Source NFT의 메타데이터를 기반으로 하며, 저작권 NFT는 저작권의 소유자, 지분, 유형 등을 저장한다. 라이선스 NFT는 실제 이용허락 계약 시 구조되며 계약 유형, 계약 기간 등으로 명시하며, 모든 NFT는 ID로 연계된다.

5.4 NFT 환원 단계

NFT 환원 단계는 Destination Blockchain의 연계 NFT를 소각하고 원래의 외부 NFT를 잠금 해제하는 과정으로, Multi-Signature 기술을 적용하여 보안을 강화한다. 주요 절차는 다음과 같다.

- ① 환원 요청: NFT 소유자가 Destination Blockchain의 NFT를 Public NFT로 환원을 요청함
- ② Multi-Signature 검증: Destination Blockchain의 Multi-Signature 컨트랙트가 활성화되어 환원 요청의 유효성을 검증함.
- ③ 소각 프로세스: 필요한 수의 서명이 모이면, Destination Blockchain에서 연계 NFT 소각 SmartContract를 실행함
- ④ 이벤트 발생: NFT 소각이 완료되면 이를 알리는 이벤트가 발생하며, 이 이벤트는

Multi-Signature로 검증됨

- ⑤ 이벤트 검증: 시스템이 소각 이벤트의 유효성을 확인함
- ⑥ Source Blockchain 통지: 소각 이벤트 정보가 Source Blockchain으로 전송됨
- ⑦ 잠금 해제: Source Blockchain의 Multi-Signature 컨트랙트가 활성화되어 잠금 해제 요청을 검증한 후, 원래의 NFT가 잠금 해제됨
- ⑧ 소유권 복원: 잠금 해제된 NFT의 소유권이 원래 소유자에게 반환됨

6. 제안방식 분석

본 연구에서 제안한 크로스 체인 브릿지를 통한 NFT 이용허락 계약 방식은 다음과 같은 측면에서 분석될 수 있다

6.1 NFT 고유성 보장

제안된 방식은 NFT의 고유성을 보장하기 위해 여러 가지 메커니즘을 사용한다. 먼저, 각 NFT에 고유한 식별자를 부여하여 크로스 체인 전송 과정에서 그 고유성을 유지한다. 이와 함께, 원본 NFT의 메타데이터를 정확히 복제하여 연계 생성된 NFT에 적용함으로써 디지털 자산의 본질적 특성을 보존한다.

그리고, 연계 생성된 NFT와 원본 NFT 간의 메타데이터를 각 블록체인에 확인하여 언제든지 원본을 추적할 수 있도록 한다. 이러한 다층적인 접근 방식을 통해 크로스 체인 환경에서도 NFT의 고유성과 무결성을 보장할 수 있다.

6.2 블록체인 간 NFT 중복 구조 방지

제안된 방식은 Source NFT가 크로스 체인 브릿지를 통해 전송될 때 소스 블록체인에서 해당

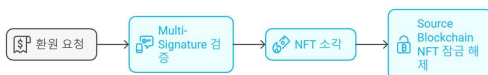


그림 6. NFT 환원 프로세스
Fig. 6. NFT Return Process

NFT를 잠금 상태로 변경하는 잠금 메커니즘을 적용한다. 이와 함께, 소스 블록체인과 대상 블록체인 간의 상태 정보를 실시간으로 동기화하여 중복 생성 시도를 막을 수 있도록 한다.

이러한 다층적인 보호 장치를 통해 크로스 체인 환경에서 NFT의 유일성을 보장하고 중복 생성으로 인한 문제를 효과적으로 예방할 수 있다.

6.3 SmartContract를 통한 검증 자동화

제안된 방식은 SmartContract를 활용하여 자동화된 검증 프로세스를 구현한다. 이 프로세스는 여러 기능을 통해 효율적인 자동화 구조를 실현한다. 먼저, NFT의 잠금, 주조, 회수 각 단계에서 SmartContract가 자동으로 Multi-Signature를 검사하는 기능을 포함한다. 특정 이벤트 발생 시 자동으로 다음 단계의 주조 프로세스가 트리거되도록 설계였으며, SmartContract에 Multi-Signature 로직을 통합하여 필요한 수의 서명이 모였을 때만 주요 작업이 실행되도록 한다.

이러한 분석을 통해, 제안된 크로스 체인 NFT 이용허락 계약 방식이 NFT의 고유성을 보장하고, 중복 생성을 방지하며, 자동화된 검증 프로세스를 통한 NFT 관리를 가능하게 함을 알 수 있다. 이는 블록체인 기술의 장점을 최대한 활용하면서도 크로스 체인 환경에서 발생할 수 있는 잠재적 문제들을 효과적으로 해결할 수 있다.

연구 결과, 제안된 방식은 Multi-Signature 기술, SmartContract, 크로스 체인 브릿지 등 최신 블록체인 기술을 통합하여 NFT의 안전한 크로스 체인 전송과 이용허락 계약을 가능하게 함으로써 기술적 혁신을 이루었다. 이는 블록체인 간 상호운용성을 향상시키고, NFT의 활용 범위를 크게 확장시킨다.

또한, NFT의 고유성 보장, 중복 주조 방지, 자동화된 검증 프로세스 등을 통해 크로스 체인 환경에서 발생할 수 있는 보안 위협을 효과적으로 해결하여 보안성을 강화하였다. 다양한 블록체인 네트워크 간 NFT 이동이 가능해짐에 따라, NFT 시장의 유동성이 증가하고 새로운 비즈니스 모델이 창출될 수 있는 기반을 마련하여 시장 확장성을 높였다.

그러나 제안된 방식의 실제 구현을 위해서는 다양한 블록체인 네트워크 간의 표준화, 성능 최적화, 규제 준수 등의 기술적 과제가 남아있다. 이러한 과제들은 향후 연구와 개발을 통해 지속적으로 해결해 나가야 할 것이다.

결론적으로, 본 연구에서 제안한 크로스 체인 NFT 이용허락 계약 방식은 블록체인 기술의 발전과 NFT 시장의 성장에 중요한 기여를 할 것으로 예상된다. 이 방식은 기술적 혁신, 보안성 강화, 시장 확장성, 법적 기반 마련, 사용자 경험 개선 등 다양한 측면에서 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

7. 결론

본 연구에서는 크로스 체인 브릿지를 통한 NFT 이용허락 계약 방식을 제안하고 분석하였다. 이 방식은 블록체인 기술의 장점을 활용하여 NFT의 크로스 체인 전송과 이용허락 계약을 효과적으로 구현할 수 있는 방안을 제시하였다.

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2024년도 문화기술 연구개발 사업으로 수행되었음(과제명 : 대규모 가상공연 플랫폼을 지원하는 블록체인 기반 저작물 보호 및 활용 기술 개발, 과제번호 : RS-2022-KC000816, 기여율 : 100%)

참 고 문 헌

- [1] Joohye Won, Hyeon-Gi So, Hyo-Jung Oh, "A Study on the Characteristics of Non-Fungible Token(NFT) and Application Plans from the Digital Records Perspective : Focused on Transferable Records", The Korean Journal of Archival Studies, Vol.73, pp.47-79, 2022. DOI : 10.20923/kjas.2022.73.047
- [2] Mitra Madanchian, Hamed Taherdoost, "Business Model Evolution in the Age of NFTs and the Metaverse", Information, Vol.15, No.7, pp.378, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/info15070378>
- [3] Seyed Mojtaba Hosseini Bamakan, et al., "Patents and intellectual property assets as non-fungible tokens; key technologies and challenges", Scientific Reports, Vol.12, No.1, pp.2178, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05920-6>
- [4] Aji Teguh Prihatno, et al., "NFT image plagiarism check using EfficientNet-based deep neural network with triplet semi-hard loss", Applied Sciences, Vol.13, No.5, pp.3072, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13053072>
- [5] Kyungchan Ko, et al., "Survey on blockchain based non fungible tokens: History, technologies, standards, and open challenges", International Journal of Network Management, Vol.34, No.1, pp.e2245, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/nem.2245>
- [6] Yudong Gao, Xuemei Xie, Yuan Ni, "Evolutionary Game Analysis of Copyright Protection for NFT Digital Works Considering Collusive Behavior", Applied Sciences, Vol.13, No.20, pp.11261, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/app132011261>
- [7] Corinne Tan, "Rights in NFTS and the flourishing of NFT marketplaces", International Journal of Law and Information Technology, Vol.32, No.1, pp.eaae018, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/ijlit/eaee018>
- [8] Michael D. Murray, "Transfers and licensing of copyrights to NFT purchasers", Stanford Journal of Blockchain Law & Policy, Vol.6, pp.119, 2023. DOI: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4152475>
- [9] Matteo Alessandro, "NON-FUNGIBLE TOKENS: AN ARGUMENT FOR THE OWNERSHIP OF DIGITAL PROPERTY?", International Journal of Law and Criminal Justice in the World, Vol.2, No.3, 2023. DOI: <https://doi.org/10.54934/ijlcw.v2i3.55>
- [10] Iram Abrar, Javaid A. Sheikh, "Current trends of blockchain technology: architecture, applications, challenges, and opportunities", Discover Internet of Things, Vol.4, No.1, pp.7, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43926-024-00105-x>
- [11] Terje Haugum, et al., "Security and privacy challenges in blockchain interoperability-A multivocal literature review", Proceedings of the 26th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, pp.236-245, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1145/3530019.3530032>
- [12] Monika, Rajesh Bhatia, "Cross blockchain decentralized asset transfer protocol for public blockchains", International Journal of Communication Systems, Vol.37, No.6, pp.e5709, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/dac.5709>
- [13] Rafael Belchior, et al., "A survey on blockchain interoperability: Past, present, and future trends", ACM Computing Surveys, Vol.54, No.8, pp.1-41, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1145/3471140>
- [14] Meryam Essaid, Jungyeon Kim, Hongteak Ju, "Inter-Blockchain Communication Message Relay Time Measurement and

Analysis in Cosmos”, Applied Sciences, Vol.13, No.20, pp.11135, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/app132011135>

- [15] Viktor Valaštin, et al., “Protocol for unifying cross-chain liquidity on polkadot”, Frontiers in Blockchain, Vol.7, pp.1413840, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbloc.2024.1413840>

저 자 소 개



노창현(ChangHyun Roh)

2017.08 순천향대학교 소프트웨어공학과 졸업
 2020.02 순천향대학교 컴퓨터학과 석사
 2020.05-2022.02 에스지에이비엘씨(주) 컨설팅팀 사원
 2022.03-현재 가천대학교 정보보호학과 박사과정
 2022.12-현재 엘에스웨어(주) 소프트웨어연구소 연구개발본부 수석연구원
 <주관심분야> 정보보호, CPS 보안, 블록체인, DID, NFT, 저작권 기술, 메타버스, 디지털휴먼



신동명(Dong-Myung Shin)

2003.02 대전대학교 컴퓨터공학과 박사
 2001-2006 한국정보보호진흥원 응용기술팀 선임연구원
 2006-2014 한국저작권위원회 저작권기술팀 팀장
 2014-2016 한국스마트그리드사업단 보안인증팀 팀장
 2016-현재 엘에스웨어(주) 소프트웨어연구소 연구소장/상무이사
 <주관심분야> 오픈소스 라이선스, 저작권 기술, 시스템/네트워크보안, SW취약점분석·감정, 블록체인 기술, 메타버스