

논문 2023-2-4 <http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2023.06.04>

메타버스 환경에서의 디지털휴먼(아바타)의 소유권 관리를 위한 NFT 적용에 관한 연구

노창현*, 신동명*†

A Study on the Application of NFT for Ownership Management of Digital Humans (Avatars) in the Metaverse Environment

ChangHyun Roh*, Dong-Myung Shin*†

요 약

메타버스는 게임과 같은 컴퓨터 그래픽스의 발전과 SNS의 문화적인 발전으로 서비스 분야를 확대하고 있으며, 점차 SNS를 포괄하는 형태로 진화할 것으로 예상된다. 메타버스에서 사용자가 가장 중요하게 인식하는 요소는 디지털 휴먼(아바타)이다. 이는 메타버스에서 다른 사용자 및 개체와 상호작용하는 주체로서, 사용자 자신의 개성을 표현하기 위해 직접 생성되거나 아바타 마켓 거래 플랫폼을 통해 사용되고 있다. 그러나 아바타의 생성과 거래 과정에서는 모델링, 디자인 등의 소유권 관리가 충분히 이루어지지 않아 무단 사용, 2차 창작물 생산 등과 같은 심각한 문제가 발생하고 있다. 아바타는 사용자의 개성과 정체성을 나타내는 중요한 자산이기 때문에, 아바타의 소유권 관리는 더욱 필요한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 아바타의 소유권을 보장하기 위해 탈중앙화 토큰인 NFT (Non-Fungible Token)을 활용한 소유권 관리 기법을 제안한다. 이를 통해 메타버스 상의 아바타에 대한 소유권을 투명하게 관리하고 거래할 수 있어 아바타 마켓을 포함한 메타버스 시장 확대에 기여할 것으로 기대한다.

Abstract

Metaverse is expanding its service field with the development of computer graphics such as games and cultural development of SNS and is expected to evolve into a form that encompasses SNS gradually. The element that users recognize as the most important in the metaverse is the digital human (avatar). It is a subject that interacts with other users and objects in the metaverse and is created directly or used through the avatar market trading platform to express the user's own personality. However, in creating and trading avatars, ownership management such as modelling and design is not sufficiently performed, resulting in serious problems such as unauthorized use and production of secondary creations. Avatars are an essential asset that represents the user's personality and identity, so it is necessary to manage the ownership of avatars.

Therefore, in this study, we propose an ownership management technique using NFT (Non-Fungible Token), a decentralized token, to guarantee the ownership of avatars. Through this, ownership of avatars on the metaverse can be managed and traded transparently, which is expected to contribute to the expansion of the metaverse market, including the avatar market.

한글키워드 : 디지털휴먼, 아바타, 블록체인, NFT, 소유권 증명

keywords : Digital Human, Avatar, Blockchain, NFT, Proof of Ownership

* 엘에스웨어(주) 소프트웨어연구소 연구개발본부 접수일자: 2023.06.02. 심사완료: 2023.06.13.

† 교신저자: 신동명 (email: roland@lsware.com) 게재확정: 2023.06.20.

1. 서론

최근 통신 기술의 발달로 인해 가상 세계를 기반으로 하는 메타버스의 진입장벽이 현저히 낮아졌으며, 이로 인한 수요가 증가하고 있다[1]. 특히, 현실 세계의 실재감을 주는 몰입형 가상현실인 메타버스는 특정 영역에만 국한되지 않아 업무, SNS(Social Network Service) 등을 포함하는 새로운 문화로 자리를 잡고 있다[2]. 메타버스에서 중요하게 인식되는 것은 자신을 메타버스 내에서 표현할 수 있는 디지털휴먼(아바타)이다. 아바타는 사용자가 자유롭게 행동하는 배경이 되며, 플랫폼 내 다른 사용자나 다른 구성요소(건물, 아이템 등)가 상호작용하는 구조로 동작하고 있다[3].

메타버스 플랫폼에서 아바타는 사용자에게 가장 중요하게 인식되고 있어 자신만의 개성 있는 아바타를 생성하는 경향을 보인다. 아바타 생성 방법에는 사용자의 직접 생성, 아바타 마켓 구매, 기본 제공 아바타 사용 정도의 방법들이 존재한다.

아바타를 직접 생성할 때는 3D 모델링 파일 포맷을 이용하여 생성하지만, 아바타 파일 정보 포맷에서는 소유권 관련 사항이 없어 아바타에 대한 소유권 관리가 되지 않고 있다.

[그림 1]과 같은 VroidHub 등의 아바타 마켓에서는 아바타 파일을 직접 거래하여 메타버스 플랫폼에서 사용하고 있지만, 파일 포맷의 형태는 앞서 말한 아바타 모델을 생성하는 경우와 같으며, 소유권은 구매 내역 확인으로만 가능한 상황이다[4].

이전부터 웹에서의 도메인이나 메타버스를 포함하는 컴퓨터게임의 아이템 또는 아바타 등에 대해 그 성질을 재산으로 보는 견해가 있는 만큼 [5], 현재 메타버스의 아바타 소유권 관리 기술은 필수적으로 적용되어야 하는 상황이다.

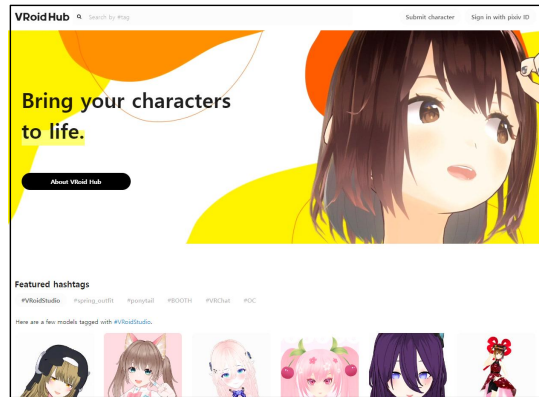


그림 1 VroidHub 아바타 마켓
Fig. 1. VroidHub Avatar Market

이러한 상황을 해결하기 위해 본 논문에서는 아바타를 구성하는 요소를 각각 탈중앙화 플랫폼인 NFT(Non-Fungible Token)에 저장하고, 디지털휴먼의 소유권자를 검증할 수 있는 기법을 제안하고자 한다. 본 방식은 블록체인의 고유 특성인 데이터 불변성을 이용하여 디지털휴먼 데이터가 포함된 토큰을 발행하고, 생성 및 거래된 트랜잭션을 확인하는 과정으로 소유권을 검증하는 원리이다.

이를 위해 2장에서는 메타버스 및 디지털휴먼의 개념과 소유권 문제를 설명하며, 3장에서는 NFT의 개념 및 프로토콜, 표준을 설명한다. 4장에서는 NFT를 적용한 디지털휴먼 소유권 관리 기법을 설명하며 5장에서 결론을 맺는다.

2. 디지털휴먼

2.1 메타버스 및 디지털휴먼 개념

메타버스(Metaverse)는 가상을 뜻하는 단어 Meta와 우주, 세계를 뜻하는 Universe의 합성으로 가상으로 이루어진 세계에서 현실의 생활과 같은 사회, 경제, 문화 등의 활동이 이루어지는

것을 말한다[6]. 메타버스를 이용하는 방법은 VR(Virtual Reality), AR(Argument Reality)을 기반으로 헤드기어와 같은 장비를 이용하여 가상 공간에 접근하며, 가상공간에서의 사용자를 대신하는 디지털휴먼(아바타)을 이용하여 공간 속에 존재하는 다양한 개체(건물, 아이템, 유저 등)와의 상호작용을 통해 활동하는 공간이라는 의미로 통용된다[7]. [그림 2]와 같은 메타버스 플랫폼에서는 아바타를 이용하고 다양한 개체들과 상호작용을 하기에 플랫폼 사용자들에게 중요하게 인식되고 있으며, 사용자들은 각각의 개성에 맞게 아바타를 생성하는 경향을 보인다. 일반적인 개념의 아바타는 사이버 세계에서 사용자의 분신을 의미하는 시각적 이미지로 사이버공간에서 사용자의 역할을 대신하는 애니메이션 캐릭터이다[8]. 주로 게임, 채팅 등에서 2:3차원 이미지를 통해 사용자 자신을 나타내는 것으로 사용되었지만, 통신 기술의 발달, 그래픽스 관련 하드웨어와 소프트웨어가 발전하면서 디지털휴먼을 기반으로 가상공간에서 많이 사용하기 시작하였다[9].

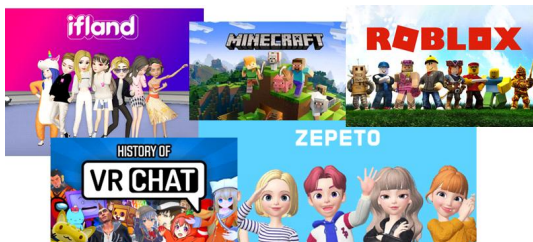


그림 2 메타버스 플랫폼
Fig. 2. Metaverse Platform

디지털휴먼(Digital Human)은 디지털 기술로 제작하여 가상공간에서 마치 실제로 존재하는 사람(Human)처럼 움직임을 재현하는 가상 인간으로 정의한다[10]. 최초의 디지털휴먼은 1996년 일본의 다테 쿄코(Date Kyiko)이며, 한국에서는 1998년 사이버가수 아담(Adam)으로 등장하였지만, 당시 기술의 한계로 오래 이어지지 못했다.

하지만, 컴퓨터 그래픽스와 디지털 모델링의 발전으로 실제 사람의 동작을 재현하는 모션캡처를 통해 정교하게 제작할 수 있게 되었다[11].

디지털휴먼을 사실적으로 제작하는 방식은 3D 모델링을 기반으로 하는 제작과 실사 모델을 기반으로 3D 모델링에 실사 데이터를 합성하는 방식으로 나눌 수 있다[12]. 3D 모델링 기반의 제작 방법은 제작자의 디자인을 통한 가상의 인간을 만든다면, 실사 모델링 기반 제작 방법은 뼈대 디자인은 제작자가, 실사 데이터는 사용자의 사진 등을 여러 각도에서 촬영 후 모델링 된 몸체에 매핑하는 것으로 정교하게 제작되고 있다.

정교하게 제작되는 디지털휴먼을 통해 CF 모델, 아나운서, 유튜버 등 [그림 3]처럼 다양한 환경에서 활용되고 있다[13]. 이처럼, 디지털휴먼은 다양한 실생활에서 영향력을 그리고 그 존재의 영역을 계속해서 넓혀가고 있다.



그림 3 디지털휴먼 활용 예시(버추얼 인플루언서)
Fig 3. Example of Digital Human(Virtual Influencer)

2.2 디지털휴먼의 소유권 이슈

메타버스가 등장하기 전, 게임·채팅과 같은 가상 세계 플랫폼에서는 아바타를 기반으로 사용하였지만, 전체 모델링, 의상 디자인 등의 아바타와 아바타의 구성요소의 소유권은 이를 제작한 게임 회사에 종속되며, 회사에서 아바타 개발 관련 도구를 제공하지 않으면 사용자가 원하는 대로 새롭게 생성할 수도 없는 환경이었다[14].

하지만, 언리얼·유니티·크라이 엔진 등 게임엔진의 발달과 메타버스 플랫폼에서의 발전된 해당 게임엔진 기반의 개발로 디지털휴먼 개발이 가능하게 되었다. 각 게임엔진은 디지털휴먼 형식의 3D 모델링 파일을 제작하는 도구를 제공하고 있어 사용자의 개성을 포함하여 특별하게 디지털휴먼 제작이 가능한 상황이며, 아바타를 포함한 디지털휴먼의 소유권도 창작한 제작자에게 있게 되었다.

반면, 3D 모델링 관련 파일 포맷에서는 소유권의 정보는 크게 신경 쓰지 않고 있다. 일례로, Autodesk에서 독점으로 사용하는 FBX(Filmbox)는 3D 모델링을 위한 메시, 머티리얼 등의 정보와 [표 1]처럼 FBX File Information이라는 데이터를 추가로 제공하고 있는데[15], 이는 파일 버전, 파일 크리에이터, 파일 제작 애플리케이션 정도의 정보만을 제공하고 있어 제작자의 소유권 보호는 어려운 실정이다.

메타버스 플랫폼 중 VRChat에서 사용되는 VRM(Virtual Reality Model) 파일은 모델링, 텍스처 정보를 다루는 raw 정보에만 관여하고 있으며, [표 2]처럼 제작 정보에는 제작자, 설명, 레퍼런스 정도의 정보만을 다루고 있다. 그리고, [표 3]과 같이 이용 허락 및 라이선스 관련 정보도 가지고 있지만, 이는 성적 이용, 상업적 이용 등의 허락을 표시하는 이용 허락 정보만을 다루고 있어 아바타의 소유권 관련 내용은 부족한 상황이다.

표 1. FBX 파일에서의 File Information

Table 1. File Information in FBX File

구분	설명
File Version	파일 버전 (ex. 7.4.0)
File Unit	단위(ex. Centimeter)
System Axis Direction	시스템 축 방향(ex. z-up)
...	...

표 2. VRM 파일에서의 제작 정보

Table 2. Information in VRM File

구분	설명
Title	파일 제목
Version	파일 버전
Author	제작자
Contact Info.	연락 정보
Reference	참조 정보

표 3. VRM 파일에서의 허락 및 라이선스 정보

Table 3. Allow & Licence Info in VRM File

구분	설명
의인화/특성화 관련 허가사항	- 아바타 사용자 ID - 폭력적 행동 사용 여부 - 성적 행위 사용 여부 - 상업적 사용 허용
재배포/수정 관련 라이선스	- 라이선스 타입 - 라이선스 URI

현재 3D 모델링 포맷에서는 아바타의 소유권을 증명하기 어렵기 때문에, 기존에는 워터마크와 같은 암호 알고리즘을 이용하여 소유권을 증명하였으나[16], NFT라는 신기술이 나타나면서 이를 적용하고자 하는 연구들이 나타나고 있다.

3. NFT

3.1 NFT 개념 및 특성

NFT(Non-Fungible Token)는 블록체인 기술

을 기반으로 하며, 대체 불가능한 토큰이라고도 불리며 토큰마다 고유의 값을 가지고 있는 것이 특징이다[17]. 고유값을 블록에 저장하기에 다른 토큰으로 대체할 수 없는 구조를 갖는다. 2015년 영국 런던에서의 이더리움 개발자회의에서 처음 소개되었으며, 한 번 토큰이 발급되면 삭제 불가능하며 복제하거나 위조할 수 없다. 또한, 블록체인 내에 거래정보, 소유권(지갑 주소), 콘텐츠의 저작권 등이 함께 저장될 수 있어[표 4] 소유권 증명서로 활용되고 있다[18].

표 4. NFT 주요 특징
Table 4. NFT Key Features

구분	설명
추적 용이	거래 내역, 소유자 정보 등이 블록체인에 공개적으로 기록되어 공유됨
쉬운 거래	콘텐츠 창작자는 본인의 작품을 NFT 마켓을 통해 손쉽게 판매 가능
소유권 등 증명 가능	NFT의 소유권 증명 효과를 활용하여 작품, 소장품 등의 소유권을 입증
토큰의 분할	콘텐츠에 대한 소유권을 일정한 크기의 토큰으로 나누어 거래 가능

이러한 NFT는 현실 세계의 미술품, 부동산, 수집품 등의 고유한 실물자산과 연결되어 확장 연결되고 있으며, [그림 4]처럼 현실 세계를 넘어 메타버스와 같은 가상 세계의 콘텐츠에도 소유권 증명을 적용하려는 시도들이 늘어나고 있다.

NFT의 가상 세계 적용은 2017년 크립토키티(대퍼 랩스)로 NFT 발행 표준인 ERC-721을 기반으로 가상 세계에서 고양이를 키우는 온라인 게임이 최초였다. 이를 통해 NFT의 상용화의 기반이 마련되었다. 최근 메타버스 플랫폼 및 서비스 환경에서 플랫폼 내 콘텐츠, 아이템, 게임머니, 아바타 등 디지털 콘텐츠에 대한 소유권 증명을 ERC-1155를 기반으로 하여 더욱 확대 중이다.

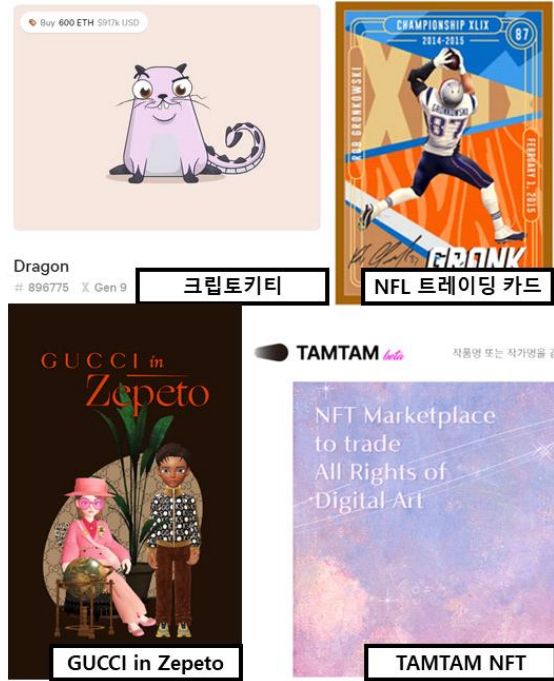


그림 4. 가상 세계에서의 NFT 활용 예시
Fig 4. Examples of NFT use in the virtual world

메타버스에서는 모든 개체(디지털휴먼, 배경, 조명, 무대, 음악 등)가 창작자(제작자)를 각각 가지고 있어 각 모델링 객체에 대해 NFT를 이용하여 소유권 관리가 가능한 상황이다.

3.2 NFT 프로토콜 및 표준

앞에서 설명한 것처럼 블록체인 플랫폼 중 이더리움의 스마트컨트랙트로 처음 개발되어 NFT라 불리게 되었으며, 이더리움의 표준이라 할 수 있는 EIP1), ERC2)를 통해 발표, 제정되어왔다.

사실상 NFT의 표준이라고 말할 수 있는 ERC-721은 계속해서 발전해나가고 있으며, 저작권, 착용할 수 있는 아이템 토큰, 공유할 수 있는 NFT 등 다양하게 진화되고 있다. 이는, 메타버

- 1) Ethereum Improvement Proposals
- 2) Ethereum Request for comments

스를 포함한 다양한 분야에 적용하기 위해 발전하고 있다.

ERC-721 기반의 시스템은 디지털화, 저장, 서명, 토큰 발행, 토큰 확인 등으로 구성되며 블록체인상에서 ERC-721 스마트컨트랙트로 동작한다. NFT의 참여자는 소유자, 구매자로 구성되며 소유자는 디지털 자산(현실 세계의 자산 포함 가능)을 토큰으로 발행(Minting)한다. 발행 혹은 판매 시 블록체인에 트랜잭션 형태로 계속해서 저장되게 되며, NFT 트랜잭션은 메타데이터, 소유

자 정보(지갑 주소)가 추가된다. 추후 소유권 확인 시 NFT를 구매한 트랜잭션의 확인으로 소유권 검증이 완료된다 [표 5].

이더리움을 기반으로 하는 프로토콜, 토큰 등은 앞에서 설명한 것처럼 EIP(제안), ERC(표준)로 제정되며, 제정된 표준에 따라 이더리움의 개선점과 개발 방향을 관리하게 된다. 개발자는 이더리움에서 제안된 표준이 가지는 한계를 개선하기 위해 계속해서 제안하고 있으며 지금까지의 NFT 관련 사항으로는 [표 6]처럼 개선 또는 새롭게 개발되고 있다[19].

표 5. NFT의 주요 프로토콜
Table 5. Main protocols of NFT

프로토콜	설명
NFT 디지털화 (Digitalize)	<ul style="list-style-type: none"> - NFT 제작자는 파일, 제목, 설명 등이 완전히 일치하는지 확인하며, - 소유자는 적합한 포맷으로 콘텐츠의 raw data를 NFT 정보로 전환함
NFT 저장 (Store)	<ul style="list-style-type: none"> - NFT 제작자는 블록체인 외부에 raw data를 저장함 - NFT 스마트컨트랙트의 실행으로 raw data에서 NFT에 저장할 데이터를 입력함
NFT 서명 (Sign)	<ul style="list-style-type: none"> - 선정된 NFT 데이터를 포함하여 트랜잭션에 서명함 - 블록체인 네트워크에 트랜잭션을 전송함
NFT 발행 (Minting)	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트컨트랙트는 NFT 데이터가 담긴 거래 내역을 받아 NFT를 발행함 - NFT의 내부 기능은 ERC에서 정의됨
NFT 확인 (Confirm)	<ul style="list-style-type: none"> - 발행은 블록체인에 NFT 트랜잭션이 담긴 블록이 이어지면 완료됨 - NFT는 무결성이 제공되는 증거로 제작자의 지갑 주소와 연결됨

표 6. NFT 주요 표준(ERC)
Table 6. NFT Key Standards (ERC)

구분	명칭	설명
ERC-20	Fungible Token	대체가능 토큰
ERC-721	Non-Fungible Token	대체불가능토큰
ERC-777	Token Standard	토큰 표준
ERC-918	Mineable Token Standard	채굴 가능 토큰
ERC-998	Composable NFT Standard	조합 가능 토큰 표준
ERC-1155	Multi Token Standard	다중토큰 표준
ERC-4519	Tied to Physical Assets	물리 자산연결
ERC-5023	Shareable NFT	공유 가능 토큰
ERC-6220	Composable NFTs utilizing Equippable	착용 가능한 장비 토큰

4. 디지털휴먼의 NFT 적용 예시

4.1 디지털휴먼 NFT 적용 전체 개요

메타버스 플랫폼 등에서 사용되는 아바타는 사람의 실제 몸의 구성과 유사하게 얼굴, 몸체,

팔, 다리, 발 등의 모델링 데이터로 구성되며 외형만이 아니라, 착용하거나 꾸밀 수 있는 헤어, 악세서리, 의상, 신발 등의 착용할 수 있는 디자인된 모델링 데이터가 모두 모여 하나의 아바타로 보여지는 특징을 가진다. 이러한 특징에서 NFT 적용은 일반적인 ERC-721을 기반으로 ERC-998, ERC-6220의 표준들로 적용되어야 할 것이다.

아바타 표현 방식을 넘어 아바타에 착용할 수 있는 콘텐츠들은 실제 플랫폼에서는 아바타 마켓을 통해 거래되고 구매되고 있는 만큼 ERC-5023의 공유 가능한 토큰을 이용하여 같은 디자인이더라도 현실 세계에서 기성품을 구매하는 것처럼 적용되어야 한다. 본 장에서는 [그림 5]와 같이 NFT 프로토콜에 따라 디지털휴먼의 NFT화 및 소유권 검증까지를 설명하고자 한다.

4.2 디지털휴먼 NFT 디지털화

첫 번째로는 NFT 디지털화이다. 제작자는 블록체인 플랫폼을 사용하고 있어야 하며, 트랜잭션 및 스마트컨트랙트 실행에 필요한 개인 키, 공개 키를 생성하여 블록체인 사용을 준비하여야 한다.

이후, 디지털휴먼의 원본 데이터는 블록체인 외부의 저장소에 저장하고, 블록체인에 저장할 데이터를 적합한 포맷으로 선정한다.

디지털휴먼의 체형 관련 모델링의 경우 데이터의 해시값 정도의 데이터와 제작자, 사용 플랫폼 등의 파일 정보를 메타데이터화 하여 선별한다.

4.3 디지털휴먼 NFT 저장 및 서명

NFT 저장 및 서명에서는 선정된 메타데이터와 지갑 주소를 NFT 스마트컨트랙트에 입력하여 트랜잭션을 생성하고, 트랜잭션에 제작자의 개인 키를 이용하여 서명한다.

4.4 디지털휴먼 NFT 발행

디지털휴먼 데이터가 포함된 NFT 트랜잭션에 서명한 이후 트랜잭션을 블록체인 네트워크로 전파하여 블록을 생성하는 마이너(Miner)가 블록을 생성하는 것을 대기한다. 트랜잭션에 저장된 데이터가 이상이 없거나, 용량이 너무 크지 않다면 블록 생성에 포함되어 블록에 연결될 수 있다. 블록이 생성되어 블록체인에 연결되는 순간 NFT가 발행된다.

4.5 디지털휴먼 NFT 확인 및 소유권 검증

최종적으로 디지털휴먼 NFT 트랜잭션이 포함된 블록이 블록체인에 연결되면, 블록 내의 트랜잭션 조회가 가능하다. 조회가 가능한 것은 제작자 지갑에도 새롭게 생성된 디지털휴먼 NFT가

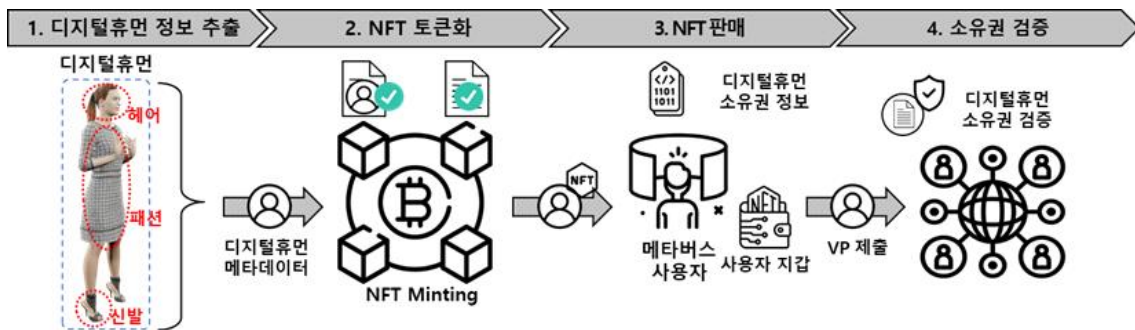


그림 5. 디지털휴먼의 NFT 적용 전체 시나리오
Fig 5. Complete NFT Application Scenario for Digital Human

연결되어 있으며, 자유롭게 거래할 수 있다. 디지털휴먼의 소유권 증명 시에도 NFT 발급 및 거래 완료 트랜잭션 확인으로 소유권을 검증한다.

5. 결론

컴퓨터 통신 및 그래픽스 기술의 발달로 메타버스가 빠른 속도로 발전하고 있으며, 메타버스 플랫폼 사용자에게 중요하게 인식되는 아바타를 더욱 특별하게 제작하거나 거래하는 사례들이 많이 늘고 있다. 디지털휴먼은 실제 자기 모습을 재현하거나, 사용자만의 독특한 모습으로 구성되어 있어 소유권 관리가 필요한 상황이다. 아바타를 포함하는 디지털휴먼은 법적 사례에서도 온라인상의 그 성질을 사용자의 재산으로도 보는 판결이 있었기 때문에 소유권 검증을 필수적으로 적용되어야 할 것이다.

이러한 필요 사항들을 해결하기 위해 본 논문에서는 디지털 휴먼의 메타데이터를 탈중앙화 플랫폼인 NFT를 이용하여 토큰화하고 소유권 검증이 가능한 적용 예시를 설명하였다.

이를 통해, 메타버스에서의 사용자만의 독특한 디지털 휴먼의 모델링 파일 제작 및 거래를 안전하고 투명하게 진행할 수 있을 것으로 기대한다.

이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2023-00229451, 이종 플랫폼간 상호호환이 가능한 디지털휴먼(아바타) 연동 기술 개발)

참고 문헌

[1] Joung-Min Kim. Domestic and foreign

metaverse platforms and content business trends. *Media Issues & Trends*. (45). 32-42. (2021). URL: https://www.kca.kr/Media_Issue_Trend/vol45/download/KCA_Media_Issue_Trend_vol45_featured_report_03.pdf

[2] Sun-Young Ko, Han-Kun Chung, Jong-In Kim, Yongtae Shin. The concept and development direction of Tabus. *Korea information processing society review*, 28(1), 7-16. (2021). UCI: I410-ECN-0102-2022-500-000575041

[3] Young-Ho Seo, Moonseok Oh, Gyu-Hoon Han. The present and future of digital humans. *Broadcasting and Media Magazine*, 26(4), 72-81. (2021). URL: <http://www.kibme.org/resources/journal/20220617111456714.pdf>

[4] Vroidhub Avatar Market, URL: <https://hub.vroid.com/en>

[5] Jin-Myung Chung. A Study on the Property in Cyberspace. *The Journal of Comparative Private Law*, 12(3), 1-43. (2005). UCI: G704-000581.2005.12.3.013

[6] Yun, HyunJung, Lee, Jin, Yun, HyeYoung. A Preliminary Study on Concept and Types of Metaverse : Focusing on the Possible World Theory. *Humanities Contents*, (62), 57-81. (2021). DOI : 10.18658/humancon.2021.09.57

[7] Jeong, Sun Woo, Kim, So Yeong, So, Jin Sung, Jeong, Seung Pil, Jeong, Yeon Ju, Jo, Bo Kyung, Cho, Hyun Ho, Choi, Ha Youn. [Student Reporters' News] The Metaverse Is Coming. *Review of Architecture and Building Science*, 65(3), 58-61. (2021). URL: <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE10533714>

[8] Sang-Yeal Han. 디지털 휴먼 발전 전망과 방송산업 영향. *Media Issue & Trend*. (52). 6-16. (2022). URL: https://www.kca.kr/Media_Issue_Trend/vol52/download/KCA_Media_Issue_Trend_vol52_digital_human_01

- pdf
- [9] Lang-Goo Lee. A Study on Metahuman Avatar Production Technique Using 3D Scanner Mobile App. *Journal of Digital Contents Society*, 24(2), 379-384. (2023). DOI: <https://doi.org/10.9728/dcs.2023.24.2.379>
- [10] Harih, G., & Dolšak, B. Tool-handle design based on a digital human hand model. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 43(4), 288-295. (2013). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2013.05.002>
- [11] Moon-Seok Oh, Gyu-Hoon Han, Young-Ho Seo. 3D Volumetric Capture-based Dynamic Face Production for Hyper-Realistic Metahuman. *JOURNAL OF BROADCAST ENGINEERING*, 27(5), 751-761. (2022). DOI: <https://doi.org/10.5909/JBE.2022.27.5.751>
- [12] Moonseok Oh, Han Gyu Hoon, Young-Ho Seo. A Study on the Production Techniques of Digital Humans and Metahuman for Metaverse. *Korea Institute of Design Research Society*, 6(3), 133-142. (2021). DOI: <https://doi.org/10.46248/kidrs.2021.3.133>
- [13] HyeonWoo Nam. Current status and prospects of digital human development technology. *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, 39(5), 67-73. (2022). URL: <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE11058603>
- [14] Lee Won Sang. A Study on Theft in the Ubiquitous Society. *KOREAN CRIMINOLOGICAL REVIEW*, 203-227. (2009). UCI: G704-000901.2009.20.2.007
- [15] Autodesk Overview: Adaptable file format for 3D animation software, URL: <https://www.autodesk.com/products/fbx/overview>
- [16] Hyunsik Na, Daeseon Choi. Review of metaverse security threat factors and countermeasures. *Review of KIISC*, 32(4), 19-32. (2022). URL: <https://public.thinkonweb.com/journals/kiisc/digital-library/25935>
- [17] Hoi Min Kim. The next megatrend in the blockchain market, NFTs. *KB research*. (2021). URL: <https://www.kbfg.com/kbresearch/vitamin/reportView.do?vitaminId=2000224>
- [18] Nadini, M., Alessandretti, L., Di Giacinto, F., Martino, M., Aiello, L. M., & Baronchelli, A. Mapping the NFT revolution: market trends, trade networks, and visual features. *Scientific reports*, 11(1), 20902. (2021). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00053-8>
- [19] Venugopal, K., Anand, K. S., Lakhinana, N., & Namratha, M. NFT For Collectibles. In *2023 5th Biennial International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE)* (pp. 1-5). *IEEE*. (2023, January). DOI: 10.1109/ICNTE56631.2023.10146683

저 자 소 개



노창현(ChangHyun Roh)

2017.08 순천향대학교 소프트웨어공학과 졸업
2020.02 순천향대학교 컴퓨터학과 석사
2022.02-현재 가천대학교 정보보호학과 박사
과정
2022.12-현재 엘에스웨어 소프트웨어연구소
연구개발본부 수석연구원
<주관심분야> 정보보호, CPS 보안, 블록체
인, DID, NFT, 저작권 기술, 메타버스, 디지털
휴먼



신동명(DongMyung Shin)

2003.2 대전대학교 컴퓨터공학과 박사
2001-2006 한국정보보호진흥원 응용기술팀
선임연구원
2006-2014 한국저작권위원회 저작권기술팀
팀장
2014-2016 한국스마트그리드사업단 보안인증
팀 팀장
2016-현재 엘에스웨어(주) 소프트웨어연구소
연구소장/상무이사
<주관심분야> 오픈소스 라이선스, 저작권기
술, 시스템/네트워크보안, SW취약점분석·감
정, 블록체인 기술, 메타버스