

미술품 가치산정 NFT 블록체인 프레임워크 연구

A Study on the NFT Blockchain Framework for Art Value Estimation

주 저 자 : 남현우 (Nam, Hyun Woo) 서경대학교 비주얼디자인전공 교수
(gallerypia@hanmail.net)

<https://doi.org/10.46248/kidrs.2025.4.434>

접수일 2025. 11. 20. / 심사완료일 2025. 12. 05. / 게재확정일 2025. 12. 08. / 게재일 2025. 12. 30.
This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (RS-2023-00239993).

Abstract

The aim of this study was to propose an objective method for determining the value of artworks, as well as an NFT framework, to address issues such as opaque pricing, copyright infringement and excessive distribution margins in the existing art market. The results of the study are as follows: Firstly, quantitative and qualitative analyses were conducted in parallel to analyse the issues and requirements of domestic and international NFT platforms. Secondly, an art value assessment algorithm was proposed that combines traditional offline elements with characteristics of the NFT environment. Thirdly, we proposed and tested a blockchain-based NFT platform system framework for its utility and effectiveness. This study is expected to achieve the following outcomes: protect artists' rights, enhance transparency in the art market, establish a fair NFT art creation-distribution-consumption ecosystem and set standards for art-related systems. Additionally, it is expected to contribute to the development of new NFT art business models.

Keyword

Blockchain Art(블록체인 미술), Art Valuation(미술품 가치 평가), NFT System(NFT 시스템)

요약

본 연구는 기존 미술 시장의 불투명한 가격 산정, 저작권 침해, 과도한 유통 마진 등의 문제를 해결하기 위해 미술품의 객관적 가치 산정과 NFT 프레임워크를 제안하는 것을 목표로 연구를 진행하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다. 첫째, 정량적·정성적 분석을 병행하여, 국내외 NFT 플랫폼의 문제점과 요구사항을 분석하였다. 둘째, 전통적인 오프라인 미술 작품 가치 평가 요소와 NFT 환경 특성을 결합한 미술품 가치 산정 알고리즘을 제안하였다. 셋째, 블록체인 기반의 NFT 플랫폼 시스템 프레임워크를 제안하여 효용성과 실효성을 테스트하였다. 본 연구의 기대성과는 다음과 같다. 미술 시장의 작가 권익 보호 및 투명성 제고할 수 있으며, 공정한 NFT 미술 창작·유통·소비 생태계 조성과 미술품 관련 제도의 기준 마련되었다. 이외에도 신규 NFT 미술 비즈니스 모델 창출에 기여할 것으로 기대된다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구배경 및 목적
- 1-2. 연구방법 및 범위

2. NFT 미술 플랫폼 고찰 분석

- 2-1. NFT 플랫폼 비교 분석
- 2-2. NFT 플랫폼 문제점 분석
- 2-3. NFT 플랫폼 요구사항 분석
- 2-4. 미술작품 NFT 가치평가 알고리즘 제안

3. 미술 NFT 프레임워크 설계 및 구현

- 3-1. 목표모델 및 시스템 아키텍처 제안
- 3-2. 미술 NFT 구조 설계 제안
- 3-3. 미술 NFT 내용설계 제안
- 3-4. 미술관 NFT 플랫폼 실증 적용
- 3-4. 소결

4. 결론

참고문헌

1. 서론

1-1. 연구배경 및 목적

NFT(Non-Fungible Token) 미술 시장은 2022년 정점(약 572억 달러) 대비 2년 만에 76% 가량 축소된 약 137억 달러 규모(2025년 기준)를 형성하고 있으며, NFT 미술품의 거래량은 90% 이상 감소하였다.¹⁾ 국내 미술시장은 약 1조 원 규모로 성장하였으나, 여러가지 구조적 문제점들이 존재하고 있다. NFT 미술품의 가격산정 및 판매에 대한 명확한 기준이 부재하며, 불법 저작권 및 소유권 침해 등 불합리한 관행과 사회적 문제가 지속적으로 발생하고 있다. 갤러리 등 유통사의 높은 유통마진(40% 이상)이 유지되고 있으며, 생성형 AI를 이용해 저작권을 침해한 작품이 무분별하게 창작·유통되고 있는 상황이다. 또한, AI와 디지털 프린팅으로 제작된 작품을 일부 수정하여, 작가가 직접 창작한 것처럼 판매하는 윤리적 행위도 발생하여 미술 시장 신뢰를 저해하고 있다.²⁾ 인프라 측면에서는 사전 조사결과, 중소 미술관, 갤러리, 개인 작가들이 사용하는 전문적 NFT 플랫폼 부재하고, NFT 미술품의 가격산정 및 판매에 대한 기준이 부재하여, 불법 저작권 침해, 소유권 문제, 과도한 유통 마진 등의 문제가 지속되고 있었다. 학문적으로 미술 NFT 연구는 전 세계적으로 매우 미흡한 상황이었으며, 미술과 기술이라는 융합적 측면 때문에 초보적인 연구수준에서만 머물러 있는 상태이다. 세부적인 내용은 [표 1]에 제시하였다.

[표 1] 연구배경

구분	세부 항목	내용
시장 문제점	가격 산정 판매	-NFT 미술품 가격산정 및 판매에 대한 기준 부재
	불법 소유권	-불법 저작권 및 소유권 침해 -불확실한 관행과 사회적 문제
기술적 문제점	AI 저작권 침해	-생성형 AI 저작권 침해작품 창작·유통
	사기 행위	-AI와 디지털 프린팅으로 제작된 작품 판매 사기 행위 시장 신뢰 저해
인프라 부족	접근성 부족	-중소 미술관, 갤러리, 개인 작가들이 사용하는 전문적 NFT 플랫폼 부재
	연구 필요성	-기술적, 학문적 기반이 결여 -체계적인 미술 NFT 프레임워크 시급

- 1) Tomorrow Tech. NFT 미술 시장, (2025.08.02.) <mailto:so/soloplay/posts/3jrk23j8r51>, 메일리 뉴스레터
- 2) 김선영, 저작권 유무에 옥색 갈리는 NFT 미술시장, (2025.08.02.) www.donga.com/news/Opinion/article/all/20220617/113971263/1

결론적으로 중소 미술관, 갤러리, 개인 작가들이 쉽게 접근하고 활용할 수 있는 전문적인 NFT 플랫폼이 부재하며, 미술품의 공정한 이용을 지원하는 서비스는 미비한 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 미술품의 객관적인 가치를 산정하고, 블록체인 기술을 활용한 신뢰성 있는 NFT 미술작품 유통 플랫폼의 개발이 필요하다. 미술품의 객관적 가치 평가와 블록체인 기술을 결합한 새로운 유통 모델의 개발이 필요한 시점이니 할 수 있다.

본 연구에서는 NFT 미술품 거래는 미술작품의 투자 안정성과 신뢰성을 보장하는 서비스 모델이 필요하다는 연구가설을 설정하였다. 따라서 연구의 최종 목표를 미술관/갤러리 등 미술 현장에서 활용 가능한 미술품 가치산정 기반의 NFT 블록체인 프레임워크를 연구하는 것으로 설정하고 연구를 진행하고 검증하였다.

1-2. 연구방법 및 범위

본 연구의 방법은 AI 조사/분석 및 시각화, 학예사/아트딜러 협업을 통해 정량적 분석과 정성적 분석을 통합하는 심층 AI 혼합 연구방법(AI Mixed Method) Virtual Lab 연구모델³⁾로 진행되었다. 이론적 측면에서 선행 문헌연구(미술품 가치평가) 및 현황분석(해외 주요 NFT 플랫폼 벤치마킹)을 시행하였고, 심층분석은 이해관계자들을 대상으로 전문가 FGD(Focus Group Discussion)를 실시하였다. 교차분석은 AI 가상머신 MCP(A2A Multi Context Protocol)을 이용하여, 역순환 분석을 시행하였다. 이를 통해 데이터의 신뢰성과 알고리즘의 검증 및 교차 분석을 시행하였고, 연구의 내용 및 당위성을 확보하였다. 본 연구의 범위는 이해관계자별 요구사항 분석, 미술품 가치산정 알고리즘, NFT 프레임워크 제안, 프레임워크의 검증 단계로 설정하였다. 세부적인 내용은 [표 2]와 같다.

[표 2] 연구 방법 및 범위

연구목표	연구방법	연구범위
NFT 미술품 가치 평가 알고리즘	AMMM방법론, 추위화 구조, 수학적 알고리즘	추천가격, 유사작품, 투명성 확보
NFT 프레임워크	목표모델, 시스템설계, 구조·내용·UX 설계	시스템 프레임워크로 한정
실용화 모델	FGD, 디지털트윈 AI 테스트 실용화, 가이드라인	실제 미술관 적용 모델로 한정

- 3) 스탠포드 대학의 가상 연구소(Virtual Lab)에서 인공지능(AI) 기술을 이용해 다양한 과학적 문제를 혁신적으로 해결하는 차세대 연구 플랫폼임.

2. NFT 미술 플랫폼 고찰 분석

2-1. NFT 플랫폼 비교 분석

NFT는 디지털 자산의 고유성과 소유권을 블록체인에 기록하여 증명하는 기술로서 본 연구에서는 1차 조사분석에서 글로벌 시장 점유율 및 거래량 기준으로 선정된 해외 대표 플랫폼인 OpenSea, SuperRare, Foundation과 국내에서는 업비트 NFT를 선정하여 조사분석을 시행하였다. 국내외 주요 NFT 미술 플랫폼들의 핵심 서비스 특성, 수수료 정책, 지원 블록체인 네트워크, 미술작가의 NFT 작품 등록(민팅) 진입 장벽⁴⁾ 등을 비교 분석(2025년 7월 기준)하였다. 2차에서는 각 플랫폼이 시장 내에서 추구하는 전략적 지향점과 포지셔닝을 분석하였다. 세부적인 내용은 아래 [표 3]와 같다.

[표 3] 국내외 NFT 플랫폼 분석별

카테고리	OpenSea	SuperRare	Foundation	업비트
플랫폼 유형	대표적 NFT 거래	예술작품 특화	소셜 NFT 플랫폼	국내 최대 거래소
주요 기능	-NFT 거래 및 판매, 마켓플레이스 기능 -ERC-721/1155호환	-미술품 경매 거래 -작가 소유권 증명 -블록체인 기반 인증	-소셜네트워킹 -NFT 프로필/앨범 -친구 간 NFT 선물	-사전계약 -작가중심 -드롭스
1차 수수료	2.5%	15%	15%	0%
2차 로열티	0~10%	10%	10%	2.5% (2차 마켓)
지원 체인	ETH, POL, SOL 등	ETH	ETH	ETH
UX 특성	스크롤드 UI, 커뮤니티 중심	화이트리스트, 커뮤니티 기능	소셜 미디어 통합, 친근한 인터페이스	국내 최적화
비즈니스 모델	플랫폼수수료 운영	구독료 거래	광고, 서비스 크립션	거래
진입 장벽	낮음	높음	높음	높음

가장 대중적이고 일반적인 NFT 거래 환경을 조성하고 있는 OpenSea⁵⁾는 세계 최대 규모의 NFT 마켓플레이스이다. 다양한 결제 코인을 지원하며, 사용자 및 미술 작가에게 낮은 진입 장벽을 제공하고 있다. 1차 판매 시 2.5%의 수수료를 부과하며, 2차 판매 시에는 0%에서 10%까지의 로열티 설정을 허용하고 있어,

미술작가들에게 유연성을 부여하고 있다. 또한, 이더리움(ETH), 폴리곤(POL), 솔라나(SOL) 등 다수의 블록체인 네트워크를 지원하고 있어, 확장성 및 상호운용성 측면에서 매우 효율적이라 할 수 있다. SuperRare⁶⁾와 Foundation⁷⁾은 OpenSea와 대조적으로, NFT 미술 작품의 희소성 및 신뢰도를 강조하는 큐레이션 중심의 운영전략을 채택하고 있다. SuperRare는 엄격한 심사 과정을 통과한 검증된 미술작가의 작품만을 취급하고 있어 신규 작가들에게는 진입이 어려우며, 1차 판매 시 15%, 2차 판매 시 10%의 로열티를 부과하고 있다. 네트워크는 이더리움 체인을 기반으로 운영되고 있다. 물론 NFT 플랫폼의 독점적 가치를 높이고, 신뢰도 높은 NFT 미술작품 구매를 원하는 사용자층에 특화된 서비스라 할 수 있다. Foundation은 초대장 기반의 진입 시스템을 통해, 선별된 미술작가에게만 참여 기회를 부여하고 있다. 소수 경에 컬렉터, 미술작가를 연결시켜 주는 고품격 컬렉션을 지향하는 큐레이션으로 운영을 하고 있다. 수수료 정책은 1차 판매 15%, 2차 판매 로열티 10%를 적용하고 있으며, 이더리움 네트워크 체인을 지원하고 있었다. 국내 플랫폼 중 업비트 NFT⁸⁾는 사전 계약 기반의 드롭스(Drops) 방식으로 작품을 판매하고 있다. 1차 판매 수수료를 0%로 책정하여 미술작가의 초기 진입 부담을 낮다. 그러나 2차 판매 시에는 2.5%의 마켓 수수료와 별도의 로열티가 발생하며, 이더리움 네트워크 체인상에서 운영되고 있다. 상대적으로 낮은 진입 장벽과 국내 사용자의 접근성 측면에서는 효율성이 있다.

결론적으로, NFT 미술 플랫폼 시장이 단일한 서비스 모델이 아닌, 각기 다른 전략적 목표와 사용자층을 겨냥하는 다층적인 서비스 생태계를 구성하고 있음을 나타내고 있다. OpenSea는 낮은 진입 장벽과 폭넓은 자산 지원을 통해 대중적 시장을 공략하는 반면, SuperRare와 Foundation은 엄격한 심사과 큐레이션을 통해 예술적 가치와 신뢰성을 중시하는 프리미엄 시장을 선점하고 있다. 국내 플랫폼인 업비트 NFT는 국내 사용자의 특성과 편의성을 고려한 맞춤형 서비스를 제공함으로써 시장 내에서 독자적인 위치를 구축하고 있다. 이러한 비교 분석은 NFT 미술 플랫폼의 문제 해결방안, 설계 및 운영 전략 수립, 시장 포지셔닝에 있어 중요한 시사점을 제공하고 있으며, 서비스 개선에 대한 심층적인 접근이 가능하게 한다.

4) NFT 미술작가가 자신의 작품을 플랫폼에 등록하기 위해 요구되는 절차와 조건의 난이도

5) 오픈씨, (2025.08.02.) opensea.io

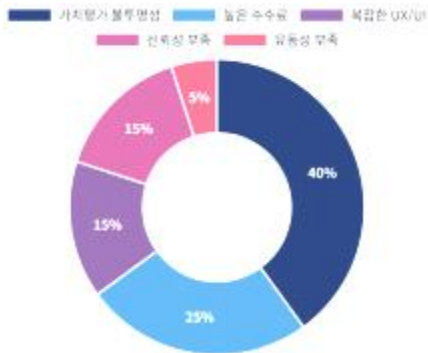
6) Superrare, (2025.08.02.) superrare.com

7) Foundation, (2025.08.02.) foundation.app

8) 업비트 NFT, (2025.08.02.) upbit.com/nft

2-2 NFT 플랫폼 문제점 분석

국내외 NFT 플랫폼에 대한 사용자 불만 요인에 대한 조사를 시행한 연구는 없는 것으로 조사 되었다. 따라서 KCI 학술논문, 시장 분석 보고서, NFT 시장 관련 기사, 보안 가이드, 법률 분석 등 문헌 종합 분석을 시행하였다.(2025.07~08) 여기서 나온 연구 결과값을 시로 종합분석 하였고 아래 [그림 1]과 같은 결과값을 도출할 수 있었다.



[그림 1] 국내외 NFT 플랫폼 사용자 불만 요인

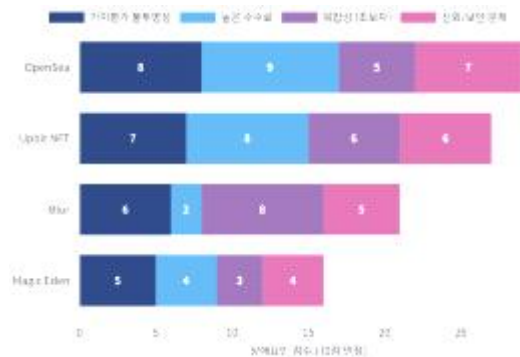
조사분석 결과 국내외 NFT 플랫폼 사용자들은 첫째, 가치 평가의 불투명성을 가장 큰 문제로 인식하고 있었다. 자전거래(Wash trading)와 가치 부풀리기 후 판매(Pump and dump)와 같은 가격 조작 행위로 인해 시장의 신뢰를 훼손 시키고 있다는 것을 파악할 수 있었다. 둘째, NFT 플랫폼의 높은 수수료와 초보자에게 어려운 UX/UI는 시장 진입의 주요 장벽으로 작용되고 있었다. 특히, 이더리움 기반 플랫폼의 경우 네트워크 혼잡 시 거래 수수료(gas fee)가 급격히 상승하고 있다. 소액 거래 및 잦은 거래를 하는 사용자들에게 경제적 부담이 되고 있었다. UX/UI 측면에서는 사용자 중 70%가 복잡한 온보딩 절차로 인해 플랫폼 이용을 포기하는 것으로 나타났다.⁹⁾ 저작권 침해 및 보안 위협 측면에서 OpenSea의 발표에 따르면 등록된 NFT 중 80% 이상이 표절 작품이나 스팸이었다는 사실이 밝혀진 바 있다.¹⁰⁾

9) INTURACT, 12 User Onboarding Statistics You Need to Know in 2024 (2025.07.01.)
www.inturact.com/blog/user-onboarding-statistics?utm_source=chatgpt.com

10) Elizabeth Howcroft, Marketplace suspends most NFT sales, citing 'rampant' fakes and plagiarism (2025.07.02.),

결론적으로 사용자들은 투명한 작품가치 판단의 부재와 사용 편의성의 부족, 보안 및 법적 보호의 불확실성이라는 복합적인 문제에 직면해 있다고 볼 수 있다.

문헌 분석에서 종합된 내용을 바탕으로 전문가 인터뷰와 선행 연구를 통해 각 요인의 중요도를 측정하여 가중치를 부여했다. 선행 조사분석된 데이터를 수집하고, 종합적으로 분석하여 각 요인별 장애요인 점수를 산출하였다. 최종적으로 점수를 0~100점 척도로 표준화하여 플랫폼별 강점과 약점을 비교하였고 NFT 플랫폼별 사용자 경험(UX) 장애요인 점수를 도출하였다. 주요 장애요인으로는 가치평가 불투명성, 높은 수수료, 복잡한 UX, 신뢰/보안 문제가 나타났다. 세부적인 내용은 [그림 2]에 제시하였다.



[그림 2] NFT 플랫폼별 사용자 경험(UX) 장애요인 점수

[그림 2]에서처럼 국내외 NFT 플랫폼들은 각기 다른 장점을 가지고 있지만, 공통적으로는 사용자 신뢰와 편의성 측면에서 한계를 보이고 있었다. 플랫폼별 사용자 경험(UX) 장애요인은 '가치평가 불투명성'과 '높은 수수료'가 전 플랫폼에 걸쳐 시급히 개선되어야 할 UX/UI 문제점으로 나타났다. 특히 OpenSea는 NFT 플랫폼의 대중적 위치에 있음에도 불구하고 여러 항목에서 높은 장애요인 점수를 나타내고 있다.

결론적으로 국내외 NFT 플랫폼 사용자들은 가치 평가의 불투명성, 높은 거래 수수료, 저작권 침해 및 보안 위협을 핵심적인 불만 요인으로 인식하고 있었다. UX 장애요인 분석 결과, 특히 '가치평가 불투명성'과 '높은 수수료'는 플랫폼 유형과 무관하게 시급히 개선되어야 할 공통의 문제점으로 나타났다.

www.reuters.com/business/finance/nft-marketplace-suspends-citing-rampant-fakes-plagiarism-problem-2025-02-11/?utm_source=chatgpt.com

2-3. NFT 플랫폼 요구사항 분석

다음으로 NFT 플랫폼의 기능적 요구사항을 조사 분석하였다. 기능적 요구사항은 1차 문헌분석, 2차 SI 심층분석, 3차 전문가심층토론(FGD)으로 진행하였으며, 세부적인 내용은 [표 4]와 같다.

[표 4] 요구사항 분석 - 기능적 요구사항

카테고리	세부 요구기능	우선순위	비고
미술품 가치산정	-객관적 가치 평가 알고리즘 -작가/작품 등급 가치 추적 -시장 데이터와 결합한 가치 산출	높음	핵심 기능
NFT민팅 거래	-ERC-1155 기반 NFT 민팅 -안전한 거래 및 정산 시스템 -소장 증명 및 인증 기능	높음	핵심 기능
사용자 인증관리	-이해관계자별 멀티 계정 유형 -소셜 로그인 및 이메일 인증 -프로필 관리 및 권한 설정	중간	주요 기능
미술품 등록관리	-작품등록 수정 -메타데이터 입력 및 관리 -작품 상태 추적 및 관리	중간	주요 기능
거래내역 기록	-작품 거래 이력 조회 -정산 및 송금 기록 확인 -차트로 거래 데이터 시각화	낮음	추가 기능
채팅/커뮤니케이션	-판매자 AI 채팅 기능 -작품 문의 및 답변, FAQ -커뮤니티 기능 및 포럼, SNS연동	낮음	추가 기능

기능적 요구사항은 핵심 기능, 주요 기능, 부가 기능의 3가지 계층으로 구분하였고, 개발의 우선순위를 기반으로 진행되었다. 분석결과 우선순위에 따라 핵심, 중간, 부가 기능으로 계층화하여 설계를 진행한다는 것을 우선적으로 파악할 수 있었다. 최우선 핵심 기능으로 NFT 플랫폼의 차별성과 기술성을 위해, ‘미술품 가치산정’과 ‘NFT 민팅 및 거래 시스템’을 1, 2 순위로 조사 되었다. 1순위 NFT 미술작품 가치산정 기능은 미술작가의 경력, 작품의 컨셉과 스토리의 고유성, 학예사 및 아트딜러 등의 전문가 평가, 외부 NFT 마켓시장 데이터를 종합적으로 분석할 수 있었다. 2순위 NFT 민팅 및 거래 기능은 ERC-1155 표준을 도입해야 한다. 스마트 컨트랙트를 통해 NFT 작품의 소유권 이전 및 수익 분배 전 과정을 자동화함으로써 거래의 신속성과 투명성이 중요하다는 것을 알 수 있었다. 중간 우선순위 기능으로는 다양한 이해 관계관계자들의역할 체계와 미술품 가치산정의 데이터를 체계적으로 확보하기 위해 ‘사용자 인증 및 권한 관리’, ‘미술품 등록 및 메타데이터 관리 기능’이 중요하다. 부가기능으로는 사용자 간 신뢰 형성과 커뮤니티 활성화를 위해 ‘거래 내역 조회’,

‘커뮤니케이션 도구’이다. 3계층적 기능 요구사항을 바탕으로 1계층에서 핵심 기능을 중심으로 초기 경쟁력을 확보하고, 2, 3계층에서 기능 확장을 통해 사용자 경험을 고도화하는 접근 방법을 파악할 수 있었다.

비기능적 요구사항은 시스템의 기능적 명세를 넘어, 플랫폼의 품질, 신뢰성, 운영 효율성을 보장하는 핵심적인 속성이다. 세부적인 내용은 [표 5]와 같다.

[표 5] 요구사항 분석 - 비기능적 요구사항

구분	세부 요구사항
보안성	-작가, 구매자, 관리자(학예사, 갤러리스트) 인증/권한 -블록체인 기반의 NFT 소유권 증명/거래 증거 보안 -작품의 진위성 검증 및 위조품 방지 -시스템 및 데이터베이스의 보안 취약점 관리
확장성	-작가, 작품, 거래 데이터의 대량 처리 능력 -미술관, 갤러리 동시 접속 및 서비스 제공 -블록체인 네트워크의 확장 및 병렬 처리
사용성	-작가의 작품 등록 및 관리 인터페이스 -구매자의 작품 검색, 구매, 결제 프로세스 -관리자의 작품 검수, 거래 확인, 정산 처리 -모든 사용자 그룹에 대한 일관된 UX/UI 경험
성능 및 호환성	-시스템 응답 시간 및 거래 처리 속도 -블록체인 네트워크의 일관성 및 동기화 -다른 NFT 플랫폼 및 서비스와의 인터페이스 -웹, 모바일 등 다중 디바이스 지원

보안성, 확장성, 사용성, 성능 및 호환성의 4가지 요소는 NFT 미술 플랫폼의 품질의 핵심 기준이라 할 수 있다. 보안성은 NFT 자산과 개인정보 보호를 위해 필요하며, ‘역할 기반 접근 제어’, ‘블록체인 기반 소유권 불변성 확보’, ‘전문가 검증 시스템’, ‘보안 취약점 관리’ 등으로 구성되어야 한다. 확장성은 성능 저하 없이 안정적인 서비스를 제공하기 위한 것으로 ‘사용자 수’, ‘거래량’, ‘NFT 작품 데이터를 고려하여, 서버 인프라 확장성과 블록체인 네트워크 처리 용량을 고려한 아키텍처 설계가 요구된다. 사용성은 UI 디자인 시스템을 통해 학습 부담을 줄이고 접근성을 향상시킬 수 있다. 따라서 직관적인 UI/UX를 제공하고, 미술작가, 컬렉터, 관리자 등 이해관계자 유형에 맞춰 인터페이스가 필요하다는 것을 알 수 있었다. 성능 및 호환성은 응답 속도와 신속한 거래 처리, 디바이스(웹/앱) 및 타 NFT 플랫폼과의 상호운용성 확보를 통해 서비스 만족도와 확장성을 높일 수 있다는 것을 파악 할 수 있었다.

결론적으로 위에서 제안된 4가지 요소는 독립적인 것이 아닌 상호 유기적으로 연계되고 결합되어, NFT 미술 플랫폼의 신뢰성, 유연성, 편의성, 경쟁력을 구성하는 핵심 요소라고 할 수 있다.

2-4. NFT 미술작품 가치평가 알고리즘 제안

전통 미술의 평가 요소들은 작가 및 작품의 명성과 작품의 내용성이 매우 중요한 역할을 차지했다. 그러나 NFT 미술품의 가치평가에서는 디지털 환경 특유의 가치 요소인 기술적 완성도, 희소성 증명, 스마트 계약을 통한 소유권 이전 기록, 메타데이터의 신뢰성, 디지털 인증서의 유효성 등이 포함된다. 아래 [표 6]은 전통 미술 평가와 기존 NFT 플랫폼의 가치평가를 비교한 것이다.

[표 6] 미술작품 가치평가 알고리즘 비교

비교 항목	전통미술평가 가알고리즘	기존 NFT 가치평가	제안 알고리즘
정량/정성 통합 분석	정성 위주	정량 위주	정량+정성 통합
NFT특성 반영	반영 안됨	부분 반영	완전 반영
AI 예측 기반	불가능	간단한 분석	고도화된 예측
가치변화 예측가능	불가능	가능 (제한적)	예측 가능
자동화 수준	수동 처리	부분 자동화	완전 자동화
정확도보장 가능성	낮음	중간	AI 피드백 기반 보정
평가기준의 확장성	제한적	한정된 메타데이터	계속 확장 가능

기존 평가 방식이 단일 요소에 치우쳤다면, 본 연구에서 제안된 평가 방법은 정량·정성·기술 요소를 통합한 가치평가라고 할 수 있으며, 이를 알고리즘으로서 설계함으로써 NFT 미술품의 공정하고 신뢰 가능한 가치산정 체계를 제안하였다. 우선, NFT 미술품의 복합적 가치를 체계화하기 위해 정제성 가치, 경제적 가치, 사회적 가치로 구성된 3계층 가치구조 모델로 접근하였다. 각 계층은 미술작가 및 NFT 미술작품의 고유성, 시장성과 유동성, 활용 가능성과 커뮤니티 참여 등이 포함되며, 블록체인 기반 희소성 증명, 거래 이력, 보안 기술, 실용성, 로열티 체계 등도 포함된다. 이와 같이 설계된 통합 알고리즘은 플랫폼 내 NFT 작품의 가격 결정 과정을 투명하게 제시하는 동시에, 다양한 이해관계자가 신뢰할 수 있는 근거를 제공함으로써 지속 가능한 디지털 미술시장 생태계 구축에 기여할 수 있을 것이며, 경제학적·미학적 접근을 균형 있게 활용하고 있고, 기존 미술품 평가방식(시장 비교법, 전문가 감정 등)과 블록체인 기반 NFT 환경의 기술 특성을 융합했다는 점에서 실용성이 높다고 할 수 있다.

본 연구에서 제안된 NFT 미술작품 가치평가 알고리

즘은 작가 업적평가, 작품 내용평가, 저작권 인증, 전문가 정성평가, 대중인기도 평가 등 5개 모듈로 구성되었다. 세부적인 내용은 아래 [표 7]과 같다.

[표 7] NFT 미술작품 가치평가 5개 모듈 설계

항목	합리성	설명
작가 업적평가	타당	-시장 신뢰도와 밀접한 관련 -시장가치를 반영하는 데 중요 -전시의 권위도나 시기성을 수치화.
작품 내용평가	매우 중요	-예술적 가치를 판단하는 핵심 항목 -표현력·독창성 등 정성적 기준평가
저작권 인증	필요	-NFT 소유권·진위 증명 -디지털 환경에서 법적 안정성 확보
전문가 정성평가	보완적 역할	-시장성 및 예술사적 의미를 평가 -전문가 의견의 신뢰도 판단 근거
대중 인기도 지표	현실 반영	-실시간 시장 반응과 유통 가능성 -작품의 유동성과 시장성 판단

작가 업적 평가 모듈은 전시 참여 횟수, 개인전·단체전 이력, 공모전 수상 경력 등을 정량화하여 가중치를 부여함으로써 작가의 전문성과 시장 신뢰도를 평가하였다. 산출 공식으로는 작가업적점수=Σ(전시점수×권위도가중치×최신성계수)를 적용하여, 시간 경과에 따른 성과의 상대적 가치를 반영하였다.

작품 내용 평가 모듈은 작품의 주제 의식과 사회적 메시지 깊이를 평가하는 ‘내용성’, 기법 숙련도와 시각 완성도를 평가하는 ‘표현성’, 타 작품 대비 차별성과 혁신성을 평가하는 ‘독창성’, 그리고 시대적 의미와 미래 전망을 고려하는 ‘소장가치’ 네 가지 정성 지표를 종합하여 작품 자체의 예술적 가치를 산정하였다.

저작권·소유권·라이선스 인증 모듈은 블록체인 상에 작품의 해시값을 기록하여 원본성을 보증하고, 한국저작권위원회 등록번호와 연동한 저작권 정보를 참조하도록 하였다. 모든 거래 기록이 분산 원장에 저장되어 투명성을 확보하며, 라이선스 범위를 명시함으로써 법적 안전성을 강화하였다.

전문가 정성 평가 모듈은 미술관 학예사, 갤러리 디렉터, 미술 비평가, 대학원 전공자 등 등급별 전문가 풀을 구성하여 기법 완성도, 예술사적 의미, 시장성, 발전 가능성 네 항목에 대해 다수의 전문가 의견을 종합·가중평균하는 합의 알고리즘을 적용하였다.

대중 인지도 및 인기도 모듈은 유튜브(YouTube), 인스타그램(Instagram) 조회수 및 반응과 플랫폼 내 ‘좋아요·댓글·공유’ 활동량, Google Trends 기반 검색

트렌드, 주요 미술 전문지 및 일반 언론 보도 빈도를 지표화하여 시장 수용도 및 유동성 지수로 환산하였다.

최종적으로 다섯 개 모듈의 평가 결과를 가중합하여 최종 작품 가치를 산출하는 알고리즘은 다음과 같다.

최종가치점수 = $\alpha_1 \times$ 작가업적점수 + $\alpha_2 \times$ 작품평가점수 + $\alpha_3 \times$ 인증점수 + $\alpha_4 \times$ 전문가점수 + $\alpha_5 \times$ 인기도 점수로 합산해서 진행되며,

$$\sum_{i=1}^5 \alpha_i = 1$$

다섯 개의 가중치(α_1 부터 α_5 까지)의 합이 1이 되어야 한다는 것을 의미한다. 이 수식은 가중 평균(weighted average)을 계산할 때 사용된다. NFT 작품의 가치를 평가할 때, 여러 요소(작가의 업적, 작품의 예술성, 인증의 신뢰성, 전문가 평가, 인기도)를 각각 다른 비중으로 고려하게 된다. 이때 각 요소에 얼마만큼의 중요도를 둘지 나타내는 것이 가중치값이다. 각 항목을 모두 더했을 때 1(100%)이 되어야 전체 평가가 과도하거나 부족하지 않게 합리적으로 계산된다. 예를 들어 NFT 작품의 최종 점수를 계산한다고 할 때 단순 평균이 아닌, 중요한 항목에 더 큰 영향을 주도록 하기 위해서 작품의 예술성이 중요하다고 판단되면 α_2 를 가장 높게(0.30) 설정하고, 인기도는 참고 정도로 보고 α_5 는 낮게(0.10) 설정한다. 이렇게 하면, 대중성보다는 예술성과 작가의 경력을 더 중요하게 평가하는 구조가 된다. 결론적으로 각 요소의 중요도를 반영하는 가중치의 총합이 1(100%)이 되도록 설정하는 원칙이며, 작품의 최종 가치 점수가 공정하고 논리적으로 계산되도록 도와줄 수 있다. 세부적 내용은 아래 [표 8]과 같다.

[표 8] 미술작품 NFT 가중치 기반 통합 알고리즘

항목	가중치(α)	설명
작가의 업적	$\alpha_1 = 0.25$	작가의 신뢰성과 시장 기반으로 작가의 전사·수상 경력 등 반영
작품 자체 평가	$\alpha_2 = 0.30$	작품의 본질적 예술성이 중심 평가 기준으로 예술적 깊이와 독창성 등 평가
저작권 및 인증	$\alpha_3 = 0.20$	NFT의 기술적 근간인 진위성과 권리 보장 기능을 중심으로 원본 보증, 소유권 등의 법적 안정성
전문가 평가	$\alpha_4 = 0.15$	미술 전문가들의 정성적 판단
대중 인기도	$\alpha_5 = 0.10$	유행과 시장반응을 반영한 SNS·언론 등 대중의 관심도 반영

본 연구는 이러한 이질적 요소들을 결합하기 위해 정량적 분석과 정성적 분석을 통합한 하이브리드 평가 모델을 제안하며, NFT 미술품의 고유성, 기능성, 사회적 맥락을 반영한다. 알고리즘 구성에는 가중치 합성 방식과 멀티-크리테리아 평가기법을 적용하였고, AI 기술을 활용하여 평가의 정확성과 일관성을 제고하였다. 산출물로는 미술작품 가치(Art Value Index), 추천 가격 범위, 유사 작품 비교 분석, 시장 투명도 지수 등이 포함된다. 상기 모델은 주관적 미적 평가와 객관적 기술 데이터를 균형 있게 통합하고자 하였으며, 표층에는 '작가 선호도 및 고유성', 중층에는 '경제적 가치 및 기능성', 심층에는 '소장성과 사회적 가치'를 배치한 3계층 가치구조를 중심으로 알고리즘을 설계하였다. 결론적으로, 본 알고리즘은 전통 미술 평가모델과 NFT 평가기법을 AI 기반으로 융합한 통합형 프레임워크로서, NFT 미술품의 다차원적 가치를 신뢰성 있게 산출되었으며, NFT 시장의 객관성, 투명성, 지속 가능성을 기대한다. 이를 수식으로 정리하면,

$$V_{total} = \sum_{i=1}^n (w_{q_i} \cdot S_{q_i}) + \sum_{j=1}^m (w_{p_j} \cdot S_{p_j})$$

제안된 수식 S_{q_i} 는 i 번째 정량적 지표의 정규화된 점수이며, w_{q_i} 는 i 번째 정량적 지표의 가중치를 나타낸다. S_{p_j} 는 j 번째 정성적 지표의 정규화된 점수이며, w_{p_j} 는 j 번째 정성적 지표의 가중치를 나타낸다.

본 연구에서 제시된 알고리즘은 예술성과 기술성, 소장성과 사회적 영향력 등의 다차원 요소를 반영하였으며, 계량적 구조의 정합성 측면에서 다기준 의사결정(MCDM)에서 많이 사용되는 구조이다. 각 항목에 대해 정규화→가중치 적용→총합 합산 방식으로 설명력, 비교 가능성, 해석의 직관성 측면에서 합리적인 접근이라 할 수 있다. 평가 대상의 층위화 구조 측면에서는 '표층(작가 선호도 및 고유성)→중층(경제적 가치 및 기능성)→심층(소장성 및 사회적 가치)'이라는 3계층 구조는, 심미적 가치+기능적 가치+사회문화적 가치를 통합하려는 미술철학적 구조로서도 합리적인 접근이라 할 수 있다. 이 층위화는 정성적 분석 결과를 정량화할 수 있는 모델링 기반을 제공할 수 있기 때문에 단순 점수 산출이 아닌, NFT 추천가격 범위, 유사작품 자동 비교, 시장 투명도 척도, 객관적 가치지수 산출 등에서 기존의 정성 중심 미술평가 방식보다 현실적으로 NFT시장에 적용성이 크다고 할 수 있다. 이외에도 NFT 미술시장의 지속 가능한 성장과 데이터 기반의 거래 환경 조성에 기여할 수 있을 것이다.

3. 미술 NFT 프레임워크 설계 및 구현

3-1. 목표모델 및 시스템 아키텍처 제안

본 연구에서는 국내외 NFT 플랫폼의 기능적, 비기능적 사양을 분석하였고, 이를 기반으로 미술작품 NFT 플랫폼 목표 모델을 설정하였다. 또한 연구자가 진행한 기존의 선행 연구¹¹⁾를 기반으로 NFT 미술품 가치평가 알고리즘은 전통 미술시장의 평가 요소인 작가의 명성, 작품의 역사성, 기술적 복잡성, 소장 증거와 함께, NFT 및 블록체인 환경의 특수 요소인 희소성 증명, 메타데이터 품질, 소유권 이력, 디지털 인증서 유효성 등을 통합적으로 고려하여 설계되었다. 해당 프레임워크는 주요 이해관계자를 중심으로 각 역할에 맞는 서비스를 제공하며, 미술품 가치산정 알고리즘과 NFT 생성 및 유통 시스템을 연동하였으며, 블록체인 기반의 거래 투명성을 확보하고 신뢰 관계를 구축하는 데 목표를 두었다. 기본 서비스 모듈, 시스템 아키텍처, 정보구조(IA), 내용구조(CA)를 포괄하는 통합 플랫폼 프레임워크를 제안하였다. 아래 [그림 3]은 목표모델과 기본적인 모듈의 방향성을 제안한 것이다.



[그림 3] NFT 미술 플랫폼 목표모델 방향성

목표 플랫폼에서 기본 서비스 모듈은 기능별로 독립

11) 남현우, '미술품 가치 기반의 NFT 유통 플랫폼 UX 프레임워크 연구', 디자인리서치, 2025. 09. Vol.10, No. 3, pp.437~430

적인 개발/배포가 가능한 마이크로서비스아키텍처(Microservice Architecture, MSA)로 진행하는 것이 바람직하다. 우선적으로 개발해야 될 5가지의 마이크로 서비스아키텍처(MSA) 기본 구조로 블록체인 노드와 관계형 DB와 비관계형 데이터베이스(NOSQL)를 고려해야 되며, 반응형 웹/앱, 외부 서비스를 고려한 기본 구조와 NFT 미술작품 가치평가 엔진, 미술작가 랭크엔진, 스마트컨트랙트와 로열티 자동 분배를 위한 유통엔진, NFT 거래현황, 가격, 시장 데이터 등을 실시간으로 추적할 수 있는 모니터링 엔진, 외부 미술관/갤러리/경매 관련 API 서비스로 구성해야 한다.

결론적으로 제안된 목표모델을 바탕으로 신진 NFT 미술작가와 구매자(컬렉터), 학예사, 아트딜러 등 이해관계자 모두의 요구를 정량적·정성적으로 통합해야 한다.

3-2. 미술 NFT 구조설계 제안

본 연구에서는 NFT 미술 플랫폼의 시스템 아키텍처는 블록체인 레이어, 백엔드 레이어, 프론트엔드 레이어로 구성된 3계층 구조를 기본으로 실효성과 실무적 운영성을 확보하기 위하여 백엔드 내부를 데이터 관리와 서비스 로직으로 명확히 분리하였다. 세부적인 내용은 아래 [그림 4]와 같다.



[그림 4] 미술 NFT 구조설계 제안

[그림 4]에서처럼 기본적인 구조는 가장 하위에 위치한 블록체인 레이어는 토큰의 발행과 소유권 증명, 불변적 기록인 거래 이력을 담당한다. 설계시에는 ERC-1155 표준을 채택하여, 대체 가능 토큰과 비대체 토큰을 같은 컨트랙트로 효율적으로 관리해야 한다. 예를 들면, 동일 NFT 마켓 컬렉션 내에서 NFT 미술작품이 100개의 복수로 발행되었다면, 메타데이터를 1/1

작품과 동일한 체계로 설정하되, 복제본의 수량/총발량 (edition-total_supply) 필드와 NFT 고유 식별자 (tokenId) 네임스페이스를 조합하여 유일성에 대한 혼선을 방지하는 것이 핵심이다. ERC-1155의 배치와 NFT 민팅·배치·전송 기능은 대량적으로 발행되는 NFT 민팅이나 복수 전송 시 가스비와 같은 수수료와 시간을 현저히 절감하기 때문에 NFT 미술 플랫폼 운영에서 비용·성능 측면에서의 효과를 볼 수 있다. 또한 2차 NFT 시장에서의 미술작가 보상을 표준화하기 위해서는, EIP-2981(로열티 신호, m royalty-splitter)¹²⁾을 구현하여, NFT 마켓플레이스 연동 미술웨어나 온체인 계약에서 NFT 권리자에 대한 분할 지급 흐름을 규정하게 한다. 예를 들면 NFT 미술작품이 2차 거래시 1 이더리움(ETH), 미술작가의 로열티 10% → royalty-splitter에 등록된 A:70%/B:30% 비율로 0.07, 0.03로 이더리움을 분배하는 구조이다.

온체인과 분리된 오프체인 구조 영역에서는 메타데이터와 고해상도 NFT 이미지 또는 미디어의 무결성과 영속성을 확보해야 한다. 메타데이터 JSON과 미디어 파일은 IPFS¹³⁾에 저장하고, 온체인에서는 메타데이터가 수정되는 경우는 새 CID¹⁴⁾를 발행하고 해당 자원의 CID를 기록하여 온·오프체인 연계를 보장하는 구조를 가져야 한다. 물론 IPFS는 노드의 핀 여부에 따라 접근 가능성이 달라지기 때문에 운영적 가용성은 핀 서비스(Pinata:Infura:Fleek)로 보장해야 한다. 장기 영구 보존이 필요한 작품은 Filecoin 스토리지, Arweave와의 하이브리드 연계를 통해 확보하는 것을 권장한다.

백엔드 레이어는 NFT 미술 플랫폼의 “중간 허브” 역할을 한다. RESTful¹⁵⁾와 GraphQL¹⁶⁾ API를 통해 프론트엔드와 외부 서비스에 일관된 데이터 접근을 제공해야 한다. 내부적으로는 블록체인 네트워크와 외부 애플리케이션 간의 중개자 역할을 하는 온체인 게이트웨이, 데이터 저장소, 인덱서로 구분하여 구성시켜야 된다. 온체인 이벤트는 서브그래프를 통해 실시간으로 인덱싱 되어 GraphQL로 쿼리 가능하게 함으로써 거래 내역 조회·통계·대시보드가 신속하게 구현되도록 한다.

서비스 로직 측면에서는 NFT 미술작품 가치평가 엔진과 추천 시스템을 백엔드의 독립된 모듈로 운영해야 한다. NFT 미술작품 가치평가 엔진은 학예사·아트딜러의 판단 기준을 바탕으로 규칙기반 점수화로 반영하는 컴포넌트와, 거래 이력·시장 지표·유사 작품 패턴·사용자 행동 데이터를 입력으로 하는 기계학습 모델을 결합한 하이브리드 구조로 설계해야 한다.

NFT 미술작품 추천 시스템은 협업필터링과 콘텐츠 기반 필터링을 혼합하여, 콜드 스타트(Cold-start) 문제를 완화해야 한다. 또한 NFT 미술작품 추천정밀도(Precision@K·NDCG) 지표로 지속적으로 평가해야 한다.

프론트엔드 레이어는 네이티브 앱과 같은 사용자 경험(PWA, Progressive Web App)로 설계되어야 하며, 인증은 신규 사용자가 첫 민팅을 체험할 때는 사용자에게는 지갑 서명 한 번만 요구하고 Relayer가 트랜잭션을 제출하여 가스비 부담을 없애 주는 시나리오를 설계할 수 있다. Sign-In with Ethereum(EIP-4361) 기반의 지갑서명 방식을 기본으로 한다. 사용자는 메타마스크(MetaMask) 지갑을 통해 지갑을 연결하고 서명을 수행해야 한다. 비전문가의 사용성을 높이기 위해서는 메타트랜잭션(ERC-2771 기반 Trusted Forwarder)을 도입하여, 플랫폼 운영자가 가스비를 대신 지불하는 UX 옵션(재무적 지속성, 악용 방지(스팸 민팅 차단), KYC/한도)을 제공할 수 있다.

보안 및 규제 준수는 구조설계 전반에 걸쳐 통합되어야 한다. NFT 플랫폼의 운영의 다중서명에 해당되는 멀티시그, 하드웨어보안모듈(HSM), 키관리서비스(KMS)에서 민감정보는 암호화로 데이터를 저장·처리해야 하며, 개인정보동의(개인정보보호법·GDPR)의 수집·삭제·철회 등의 절차가 손쉽게 처리·제공되어야 한다. NFT 작품에 대한 로열티나 저작권 분쟁에 대비하여, 온체인 트랜잭션 로그와 오프체인 증빙(저작권 등록 서류, 거래영수증 등)을 연계한 감사 로그가 필요하며, NFT 작품에 대한 분쟁 발생 시 온·오프체인 자료를 함께 제출할 근거 절차를 마련해야 한다.

운영 측면에서는 확장성을 고려하여, 초기 NFT 사용자 유입을 확대 시킬려면, 폴리건(POL) 같은 Layer-2를 활용하여, 가스비를 낮춘다. NFT 고유 소유권 증명의 이벤트는 메인넷과 동기화해 보증해야 한다. 메타데이터 영속성(핀/복구율), 로열티 집행률(마켓 실제 지급 비율), 추천·평가 성능지표(Precision@K, NDCG), 시스템 성능지표(tx/s, 응답시간 P95/P99), 보안지표(MTTR 등)를 모니터링 하여 구성해야 한다.

12) 2021년 7월 표준 공식 채택된 이더리움 NFT(주요 ERC-721, ERC-1155)에 저작권 수수료(로열티)를 표준화하여 설정하고 전달하는 인터페이스

13) 분산형 파일 시스템 프로토콜, 여러 컴퓨터/노드에 파일을 저장하고 공유하는 P2P 네트워크

14) IPFS 파일, 데이터를 식별자 주소체계

15) 여러 개의 URL 엔드포인트

16) 단일 URL 엔드포인트

3-3. 미술 NFT 내용설계 제한

본 연구에서는 미술품의 가치 기반 NFT 플랫폼 구축을 필요한 내용 설계를 요구사항 기술 요소, 설계 방향, 가이드라인 등을 제시하였다. 요구사항에 따른 기능구현 복잡도는 기술 요소별로 상이하다. 메타데이터 설계는 중간 정도의 복잡도이며, 스마트 계약은 높은 수준의 개발 역량과 보안 점검이 요구되는 고난이도 영역이라 할 수 있다. 기본적인 기능 구현에는 블록체인 엔지니어, 프론트엔드/백엔드 개발자, 법률 자문 등에 대한 협업도 필요하다. 세부적인 기능 요구사항을 살펴보면 아래 [그림 5]와 같다.



[그림 5] 요구사항 기반의 NFT 미술 프레임워크 내용설계

[그림 5]에서처럼 내용설계의 핵심 고려 요소는 다음과 같다. 첫째, 앞서 제시된 정량·정성 평가 요소를 통합한 NFT 미술작품 가치 평가, 작가의 명성, 전시 및 거래 이력 등 기존 정량적 평가 기준을 정량화하여 메타데이터와 연동한다. 또한 AI 기반 이미지 분석, 평가 점수, 거래 기록, 소셜 데이터 등을 통합한 평가 알고리즘을 적용시킨다. 둘째, NFT 발행의 적합성과 메타데이터 표준화를 위해 메타데이터는 기본 정보, 감정·인증, 거래 이력, 기술적 식별 정보 등으로 구성된 계층형 구조로 구성한다. 셋째, 스마트 계약을 통한 권리 관리 자동화를 통해 NFT 발행 시 저작권 보장, 로열티 분배, 2차 거래 추적 등이 자동 실행되도록 스마트 계약의 전체 프로세스를 포함하고, 다양한 이해관계자의 요구사항을 반영할 수 있어야 한다. 넷째, 사용자 중심 UI/UX을 위해 역할 기반 접근 제어(RBAC) 대시보드를 제공한다. 미술작가, 컬렉터, 뮤지엄 등의 평가 기관 등 이해관계자별 기능과 권한을 차별화 시키고, 대시보드 기반 인터페이스를 제공함으로써 사용성과 효

용성을 제고한다. 다섯째, 실물연계자산(RWA)의 확장이 가능한 구조를 고려하여 오프체인 미술작품의 감정·인증 데이터를 온체인에 연동시키고, 제3자 기관의 평가 및 검증 정보를 블록체인에 기록함으로써 진위성과 위변조 방지를 실현할 수 있게 한다. 여섯째, 거래 및 보존 이력의 투명한 관리를 위해 트랜잭션 로그 및 감사 추적(Audit Trail)으로 신뢰성과 법적 대응 가능성을 보장하게 한다. 또한, 운영의 투명성과 지속 가능성을 확보를 위해 DAO 기반의 분산형 거버넌스를 통해 커뮤니티가 정책, 수수료, 기능 개선 등에 참여할 수 있도록 한다. 세부적인 내용은 아래 [표 9]와 같다.

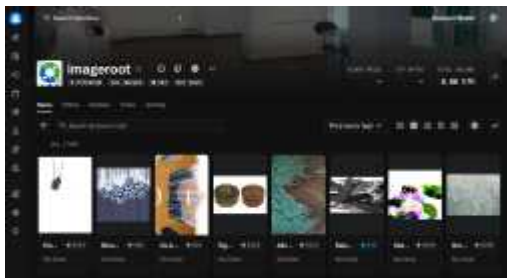
[표 9] 미술품 가치평가 기반 NFT 내용설계 프레임워크

설계 요소	세부 설명	주요기술 연계
RWA(Real World Asset) 등록	-실물 미술품의 디지털 자산화 절차 및 감정 및 소유 이력의 블록체인 연동	블록체인 + 오라클 + 감정기관 API 연동
가치 평가 모델 구축	-정량·정성적 요소를 반영한 알고리즘 기반 가치 평가 시스템 구성	AI 기반 평가지표 모델링 + 데이터베이스
메타데이터 표준화 및 설계	-미술품 속성, 감정 정보 등을 포함한 구조화된 메타데이터 설계	ERC-721 / ERC-1155 + JSON 기반 구조
스마트 계약 기반 권리 관리	-소유권, 로열티 분배 조건 등을 포함한 권리 관리의 스마트 계약 자동화	스마트 컨트랙트 (Solidity)
UI/UX 사용자 인터페이스 설계	-다양한 사용자 경험을 고려한 시각화 중심의 인터페이스 제공	React/Vue 기반 프론트엔드 + D3.js
RWA 검증 시스템 연계	-오프체인 검증기관과 연계한 실물 자산 데이터의 인증 구조 설계	제3자 감정기관 API + 온체인 검증 모듈
NFT화 적합성 검증 절차	-고유 식별 기술(해시, QR 등)을 활용한 실물-디지털 자산 간 적합성 확보	이미지 해시, QR/바코드, IPFS
참여자 맞춤형 생태계 구조	-이해관계자별 역할 기반 접근 권한 및 기능의 차별적 설계	역할 기반 접근 제어(RBAC) + 사용자 대시보드
거래 및 보존 이력 관리	-블록체인 기반 거래 기록 및 메타데이터 변경 이력의 체계적 저장 및 열람	블록체인 트랜잭션 로그 + 감사 추적(Audit Trail)
투명한 운영 및 거버넌스 구조	-커뮤니티 참여 기반의 투명한 의사결정을 위한 분산형 거버넌스 모델 도입	DAO, 투표 기반 프로토콜, 거버넌스 토큰

결론적으로, 내용설계의 핵심은 작가와 구매자 간의 직접 거래 기반의 공정한 수익 분배, 미술품의 데이터 기반 가치 축적, 전통 미술시장의 가치 평가 기준을 NFT 환경에 적합하게 재구조화하는데 있으며, 다양한 이해관계자의 요구사항을 만족시키는 것이 중요하다.

3-4. 미술관 NFT 플랫폼 실증 적용

본 연구에서는 앞서 미술품 가치 기반의 NFT 프레임워크를 제안하였고 이를 정성적으로는 전문가 자문회의와 워크숍을 통해 프레임워크의 전문성을 검증하고, 프레임워크 실용화 검증 단계에서는 실질적인 활용 가능성을 확인하고자 개발된 프레임워크를 실제 상원미술관 NFT 플랫폼(유저 테스트 모델)에 적용하여 사용성 테스트를 통해 서비스 모델의 유효성을 검증하고 개선점을 도출하였다. 1차 데이터베이스 구축에서는 [그림 6]에서 처럼 상원미술관의 소장품 및 전시 작품을 수집하였고, 오프라인에 전시된 작품(온라인 전시동의서 계약)과 소장품을 대상으로 총 150명 작가의 303여 작품을 오픈씨 ERC-1155 기반의 NFT로 민팅하여, 데이터베이스를 구축하였다. 세부적으로는 작가명, 작가 경력, 작품 컨셉 및 특성 등을 데이터를 수집하여 DB화 하였다.



[그림 6] NFT 미술작품 오픈씨 민팅(303작품)

2차 NFT 미술품 투명성 및 신뢰도 향상을 위해 미술관 환경의 특성을 반영하여 작품 등록 시 전문가가 참여하는 진위성 검증 시스템을 도입하고, 블록체인 기반의 증명서를 발급하여 위변조를 방지하였다. 또한, 시장 데이터를 기반으로 한 가격 추천 시스템과 작가 신원 인증(KCY) 및 소유권 증명 시스템을 연동하여 거래의 신뢰도를 높였다. 또한 전문가가 평가에서는 3계층 가치구조 모델 기반의 가치산정 알고리즘을 적용하여 객관적 가치지수(Art Value Index)를 산출하였다.

3차 NFT 미술품 가치산정 플랫폼 시스템 측면에서는 사용자 편의를 위해 작가용 작품 관리 페이지, 관리자용 소장품 관리 대시보드, 그리고 방문객용 작품 정보 및 NFT 구매 페이지 등 각 역할에 맞는 맞춤형 인터페이스를 도입하였다. 앞서 제시된 구조설계와 내용설계를 바탕으로 중소 미술작가/학예사/아트딜러들이 사용할 수 있는 NFT 미술품 가치산정 플랫폼 프로토타

입을 실제 적용에 대한 검증을 gallerypia.com 사이트로 구축하였다. 상기 시스템은 로그인/회원가입시 신원인증(KCY)를 기반으로 신뢰성을 우선적으로 고려하였으며, NFT 갤러리, 미술품 가치산정, NFT 민팅, 아트스트, 컬렉션, 소개로 구성되며, 모듈별 기능으로는 NFT 미술품을 검색하기 위한 텍스트 검색, 음성검색, AI 검색 기능, NFT 지갑 연결, 경매 기능, 관리자 기능 등으로 구성하여, 앞서 제시된 대부분의 기능이 구현되었다. 이를 통해 전시와 연계한 NFT 판매, 디지털 아카이브 구축, 블록체인 기반의 소장품 관리 시스템 도입 등 실질적인 업무 협력 모델을 구축하였다.



[그림 7] NFT 가치평가 시스템 프로토타입 모델 제안

NFT 미술품 가치산정 플랫폼 시스템 테스트에서는 참여작가(2인), 아트딜러(2인), 교수(2인) 등 6명을 대상으로 심층토론(FGD)으로 진행하였다. 정성적 사용성에 대한 내용으로, 실제적인 NFT 거래의 효율성과 효용성 측면에 대한 내용으로 진행하였다. 결과는 NFT 민팅시 작품에 대한 상세 정보와 평가시스템의 결과값을 통해 NFT 미술품 거래에 대한 투명성 확보를 가장 높게 평가하였다. 그러나 기존 오프라인 미술품 시장 거래에 대한 반발성도 제시되었다. 오프라인 미술품 감

정 및 평가가 일부 몇몇 비평가, 전문가의 의견과 정량적 평가가 부재하다는 점, NFT 미술품과 기존 오프라인 미술품이 동시에 판매될 경우의 가격 산정, 미술관에서 사용하기 위한 다양한 업무 방안 등 FGD에서 나온 세부적 결과값을 바탕으로 UX 개선 및 최적화 방안을 도출하였으며, 향후 중소 미술관 및 개인 작가를 위한 시스템 고도와 개발 계획과 상용화 계획을 수립하는 기반을 마련하였다. 실증 미술관 사례는 미술관 환경에서 NFT 기술이 작품의 소유권 및 가치 관리에 높은 실용성을 보이며, 가치산정 알고리즘이 작가의 창작 의도와 시장 가격 사이의 균형을 찾는 데 기여한다는 점을 확인하는 중요한 결과로, 작품 가격 책정의 객관성, 거래의 투명성, 작가 권리 보호 측면에서 기존 시스템 대비 높은 만족도를 이끌어냈다는 점에서 큰 의의가 있다. 최적화된 최종 시스템은 gallerypia.com에서 프로토타입 형태를 테스트해 볼 수 있다.

3-5. 소결

연구결과는 크게 세가지로 요약 정리할 수 있다.

첫째, 앞서 제시된 정량적 및 정성적 분석의 혼합 연구 방법을 적용하여, 미술품 가치 산정 알고리즘을 개발하고, 블록체인 기반의 NFT 플랫폼 시스템의 프레임워크를 제안하였다. 이는 기존 NFT 미술 시장의 불투명한 가격 산정, 저작권 침해, 과도한 유통 마진 등의 문제를 해결할 수 있는 기반이 될 것이다. 또한 연구데이터는 학문적 및 기술적 확장을 할 수 있는 토대가 될 것으로 보여진다.

둘째, 전통적인 오프라인 미술 작품 가치 평가 요소와 NFT 환경 특성을 결합한 3계층 가치 구조의 평가 모델 기반의 ERC-1155 기반의 NFT 플랫폼 시스템을 제안하였다. NFT 미술 가치 평가 모델은 미술작가의 명성, 작품의 컨셉과 역사성, 기술적 완성도, 소장 이력 등의 전통적인 평가 요소와 블록체인의 희소성 증명, 스마트 컨트랙트를 통한 소유권 이전 기록, 메타데이터의 신뢰성을 확보할 수 있을 것이다.

셋째, 앞서 제시된 연구 결과물을 기반으로 효용성과 실용성을 테스트 하였다. 실증모델로서 상원미술관의 미술 작가들을 대상으로 총 150명 작가의 303여 작품을 ERC-1155 기반의 NFT로 발행하였고 데이터베이스를 구축한 뒤, 실제 베타 플랫폼에서 테스트를 진행하였다. NFT 미술품 가치 검증을 통해 NFT 미술품 가격의 객관성과 거래의 투명성을 테스트 하였다. 결과는 작가 권리 보호 측면과 구매자 효용성 측면에

서 높은 만족도를 나타냈다. 향후에는 적용테스트 범위를 국내외 미술관, 갤러리, 경매 등으로 확대하여 테스트 해야 될 과제로 제시되었다.

결론적으로 [표 10]에서처럼 NFT 미술 시장의 투명성, 작가의 권리, 공정한 창작-유통-소비 생태계 구성에 기여할 수 있을 것이다. 이외에도, NFT 미술품 관련 제도의 기준과 중소 미술관이나 개인 작가를 위한 신규 비즈니스 모델을 창출하는 기반이 될 것이다.

[표 10] 연구의 기대성과

구분	기대효과
NFT시장 투명성 제고	-NFT 미술품의 가격산정 및 판매 기준 제공 -불법 NFT 미술품 저작권 및 소유권 침해 방지
공정한 생태계 조성	-갤러리 등 유통사의 높은 유통 마진 축소로 미술 작가 및 소유자, 구매자 재정자립도 향상 -생성형 AI NFT 작품의 저작권 침해 문제해결 -작가,소유자,구매자 NFT 미술생태계 조성
신규 비즈니스 모델	-NFT 유통플랫폼을 통해 작가/기관의 재정 자립도 향상 및 신규비즈니스 모델 창출 -미술품양도/증여세 등 관련 제도의 기준 마련
NFT 미술품 측면	-오프라인/온라인 미술시장 신뢰성 향상 -RWA 기반 NFT 미술품 미술작가/구매자/판매자 투명성 확보
프레임 워크 측면	-NFT 유통 플랫폼 구조설계, 내용설계, UX 설계에 대한 학문적 데이터 확보 -미술 NFT 프레임워크 학문적 데이터 확보

4. 결론

미술작품의 NFT 가치는 시장마케팅, 작품의 컨셉 등의 미학적, 기술 사회문화적 요소 등이 복합적으로 연계되는 다차원적 개념이라 할 수 있다. 본 연구는 미술과 ICT를 융합하여 신뢰성 있고 투명한 디지털 미술 생태계를 구축하기 위한 학문적, 기술적 토대를 마련하는 것을 의미한다. 본 연구의 의의는 기술적으로는 미술작품에 대한 전통적 가치평가 요소와 디지털 환경 특성을 결합한 NFT의 독자적인 가치산정 알고리즘을 개발하고, 블록체인 기반의 시스템 아키텍처와 사용자 중심의 프레임워크를 제안하였다.

본 연구를 통해 NFT 미술품의 객관적 가치 평가, 창작자 권리 보호, 거래 투명성 확보 등의 측면에서 효용성이 있다는 것을 파악할 수 있었다. 실제 미술관과 갤러리에 적용하여 그 실용성을 검증하였다. 정량적 접

근으로 150명 작가의 303여 작품을 ERC-1155 기반의 NFT로 발행하여 데이터베이스를 구축하였으며, 실제 베타 플랫폼에서 테스트를 진행하였다는 연구의 향후 연구와 한계점을 살펴보면,

첫째, 제안된 프레임워크는 국내 NFT 시장에 초점을 맞추고 있으며, 글로벌 적용을 위해서는 국가별 법규 및 문화적 차이를 고려한 추가 연구가 필요하다. 따라서 협력 모델을 다각화하여 국내외 미술 기관으로 네트워크를 확대하고, 작가 로열티 시스템 최적화 및 법적·기술적 보호 장치를 강화하는 연구가 진행되어야 한다. 따라서 미술관/갤러리 등과의 협력 모델이 필요하다.

둘째, 제안된 NFT 미술품의 가치산정은 NFT 시장의 다양한 변동성을 반영하기에는 한계가 있다. 따라서 지속적인 창작·유통·소비 생태계의 고도화된 연구가 요구된다. 따라서 미술 비즈니스 시장 모델의 추가적인 연구와 적용, 최적화 등에 대한 방안이 필요하다.

셋째, 미술관/갤러리, NFT 미술작가, 학예사 등의 기술 수용도에 따른 요구사항이 다르기 때문에 목표시스템 모델과 UX/UI에 대한 연구가 필요하다. 체험 개선에 대한 적용 및 UX 고도화가 필요하다.

[표 11] 향후 연구 방향

구분	향후 연구 방향
현장적용 연구	-미술관/갤러리와 협력 모델 연구 -작가/기관의 재정 자립도 향상을 위한 NFT 작가 인센티브 및 참여자 보호 제도 연구
실용화 연구	-고정된 창작·유통·소비 생태계 조성 연구 -미술 비즈니스시장 모델의 실질적 구현 연구 -블록체인 기술의 최적화 및 보안강화 연구 -사용자 인터페이스 및 체험 개선 연구

이외에도 실증연구의 한계점은 NFT 미술작품의 실증적 테스트를 통한 신뢰도 및 타당도 분석, 커스터마이징 가능한 서브모델, 자동화 가치평가 API 설계는 추가적으로 진행되어야 한다. 또한 실험적 접근으로 접근된 연구 모델이기 때문에 실질적인 상용화에는 많은 한계점을 가지고 있다는 것을 파악할 수 있었다.

상기 연구는 미술과 ICT 기술을 융합하여 진행된 연구로서 학문적, 기술적 토대를 마련하는 데 중점을 두었다. 기존 NFT 미술 시장의 불투명한 가격 산정과 생성형 AI 등의 저작권 침해, 과도한 유통 마진 등의 구조적 문제점을 해결할 수 있는 연구라고 할 수 있다.

참고문헌

1. 남현우, '미술품 NFT 서비스 모듈별 기능 프레임워크 연구', 한국디자인리서치 Vol8, No. 4(통권 29권), 한국디자인리서치학회, 2023,
2. Ko, Ju Hee, Nam Hyun Woo, 'A Study on the Framework of the Real-Related Asset NFT Art System', Design Research, Vol.10. No(1), Korea Institute of Design Research Society 2025
3. Nam Hyun Woo, 'A Study on the Ranking Framework based on NFT Artworks Valuation', Design Research, Vol.9. No(3), Korea Institute of Design Research Society 2024
4. brunch.co.kr/@dhlee702/105
5. blockmedia.co.kr
6. chainup.com/ko
7. crypto.com/kr
8. donga.com
9. gallerypia.com
10. imageroot.co.kr
11. inturact.com
12. looksrare.org/ko
13. medium.com/@syleeee
14. mailly.so
15. niftygateway.com
16. nft.omnionet.net/nft/home
17. opensea.io/kr
18. rarible.com
19. sidley.com
20. superrare.com
21. upbit.com/nft