

ISSN 2508-2817

KiDRS Korea Institute of Design Research Society

통권 37호, 2025. Vol.10, No.4

언리얼엔진과 AI기술 융합을 통한 차세대 디자인 워크플로우 연구

A Study on the Next Generation Design Workflow through Unreal Engine and AI Technology Convergence

주 저 자 : 원종욱 (Won, Jong Wook) 배화여자대학교 디지털콘텐츠디자인과 조교수
wju98@naver.com

<https://doi.org/10.46248/kidrs.2025.4.590>

접수일 2025. 11. 20. / 심사완료일 2025. 11. 26. / 게재확정일 2025. 12. 08. / 게재일 2025. 12. 30.

Abstract

This study proposes a next-generation workflow that simultaneously improves the efficiency and creativity of the digital design production process by integrating the Unreal engine and Generative AI. Existing pipelines can secure high quality centered on manual work, but they have a high time and cost burden and have limitations in maintaining consistency between multimodal results. To solve this problem, this study proposes a rapid concept and style guide derivation through LLM-based identification, 2D visual generation using a diffuse model, image and text-based automatic 3D assetization, animation simplification through motion generation model and blue print linkage, real-time scene composition using Nanite and Lumen, and an integrated workflow that encompasses repetitive task automation and quality correction through Unreal. As a result of verifying through a 60-second interactive cinematic prototype, the production time of the 3D asset production stage was shortened and the number of repetitive revisions was reduced. In addition, rendering performance has improved, and visual quality has also improved in expert evaluation. It is to present an integrated pipeline that connects the Unreal engine and the Generative AI, and to provide an empirical basis for simultaneously improving production efficiency and quality of the results. In future research, we intend to present the development direction of next-generation design workflows through large-scale user experiments, domain-specific dataset construction, and multimodal agent-based automation.

Keyword

Unreal Engine(언리얼엔진), Generative AI(생성형 인공지능), Design Workflow(디자인 워크플로우)

요약

본 연구는 언리얼엔진(Unreal Engine)과 생성형 인공지능(Generative AI)을 통합하여 디지털 디자인 제작 과정의 효율성과 창의성을 동시에 향상시키는 차세대 워크플로우를 제안한다. 기존 파이프라인은 수작업 중심으로 높은 품질을 확보할 수 있으나, 시간과 비용 부담이 크고 멀티모달 결과물 간 일관성 유지에 한계가 있었다. 이를 해결하기 위해 본 연구는 LLM 기반 아이데이션을 통한 신속한 콘셉트 및 스타일 가이드 도출, 확산형 모델을 활용한 2D 비주얼 생성, 이미지·텍스트 기반 자동 3D 에셋화, 모션 생성 모델과 블루프린트 연동을 통한 애니메이션 단순화, 나이트(Nanite)와 러멘(Lumen)을 활용한 실시간 씬 구성, 언리얼을 통한 반복 작업 자동화와 품질 보정을 아우르는 통합 워크플로우를 설계하였다. 60초 분량의 인터랙티브 시네마틱 프로토타입을 통해 검증한 결과, 3D 에셋 제작 단계의 제작 시간이 단축되었으며, 반복 수정 횟수도 감소하였다. 또한 렌더링 성능도 향상되었고, 전문가 평가에서도 시각 품질이 개선되었다. 언리얼엔진과 생성형 AI를 연결하는 통합 파이프라인을 제시하고, 제작 효율성과 결과물 품질을 동시에 향상시킨 실증적 근거를 제공한 데 있다. 향후 연구에서는 대규모 사용자 실험과 도메인 특화 데 이터셋 구축, 멀티모달 에이전트 기반 자동화를 통해 차세대 디자인 워크플로우의 발전 방향을 제시하고자 한다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구 배경
- 1-2. 연구 목적 및 연구 문제
- 1-3. 연구 범위와 방법

2. 이론적 배경

- 2-1. 실시간 렌더링과 언리얼엔진 활용
- 2-2. 생성형 AI와 LLM 기반 워크플로우 동향
- 2-3. 3D 에셋 생성 기술
- 2-4. 기존 디자인 파이프라인의 한계

3. 제안 워크플로우 설계

- 3-1. 파이프라인 개요 및 아이데이션
- 3-2. 시각 자산 제작
- 3-3. 애니메이션·씬 구성 및 자동화
- 3-4. 보정 및 일관성 관리

4-2. 산출물 및 결과물 제시

4-3. 성능 및 품질 평가

4-4. 비교 실험 및 분석

5. 결론

참고문헌

4. 프로토타입 구현 및 평가

- 4-1. 프로토타입 시나리오와 구현 과정

1. 서론

1-1. 연구 배경

디자인 산업은 전통적으로 콘셉트 구상, 에셋 제작, 씬 구성, 렌더링, 반복 수정으로 이어지는 수작업 중심의 파이프라인을 통해 고품질 결과물을 생산해왔다. 이러한 방식은 디자이너의 창의성과 전문성을 충분히 반영할 수 있으나, 반복적인 수정과 다중 형식의 콘텐츠 제작에서 시간과 비용 부담이 크고, 초기 아이데이션의 탐색 폭이 제한되며, 영상·인터랙티브·전시 등 멀티모달 결과물 간의 일관성 유지가 어렵다는 구조적 한계를 지닌다. 최근에는 실시간 렌더링 기술과 게임 엔진 기반 디자인 도구의 발전으로 이러한 한계를 보완할 수 있는 가능성이 열리고 있다. 특히 언리얼엔진(Unreal Engine)은 나나이트(Nanite), 루멘(Lumen), 시퀀서(Sequencer)와 같은 고도화된 기능을 제공하여 실시간 고해상도 시각화와 상호작용을 지원하며, 반복 작업과 수정 부담을 크게 줄일 수 있는 잠재력을 지닌다. 더불어 생성형 인공지능(Generative AI)과 대규모 언어 모델(LLM)의 발전은 아이데이션, 스타일 가이드 생성, 2D/3D 자산 제작, 애니메이션 보조 등 디자인 전 과정에서 활용 가능성을 보여주고 있다. 이는 수작업 중심의 기존 파이프라인에서 해결하기 어려웠던 제작 속도, 일관성, 표현력 문제를 동시에 개선할 수 있는 새로운 대안으로 주목받고 있다. 따라서 본 연구는 언리얼엔진과 생성형 AI의 융합을 통해 기존 디자인 제작 방식의 한계를 극복하고, 효율성과 창의성을 동시에 확보할 수 있는 차세대 워크플로우를 제시하고자 한다.

1-2. 연구 목적 및 연구 문제

본 연구의 주된 목적은 언리얼엔진과 AI를 결합하여

디자인 제작 과정에서 속도, 일관성, 표현력을 동시에 향상시키는 차세대 워크플로우를 제안하고, 이를 소규모 프로토타입을 통해 실무적 타당성을 검증하는 데 있다. 이러한 접근을 통해 기존 수작업 중심 파이프라인에서 발생하는 시간·비용 부담, 반복 수정 비효율, 멀티형식 콘텐츠 간 일관성 문제를 해결하고, 디자인 과정에서의 창의적 탐색 폭 확대와 품질 유지를 동시에 달성하고자 한다. 이를 위해 본 연구는 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다. 첫째, 아이데이션 및 스타일 가이드 단계에서 AI를 활용한 효율적 프로세스 설계가 가능한가이다. 구체적으로, LLM 기반 아이데이션과 무드보드 생성이 기존 수작업 대비 콘셉트 도출 속도와 탐색 폭을 개선할 수 있는지를 평가한다. 둘째, 2D/3D 시각 자산 제작 및 애니메이션 단계에서 AI와 언리얼 엔진의 통합이 실무 효율을 향상시킬 수 있는가이다. 이를 위해 확산형 모델과 이미지·텍스트 기반 3D 에셋화, 모션 생성 모델 및 블루프린트 연동을 통해 반복 작업 감소와 표현 품질 유지 가능성을 검증한다. 셋째, 실시간 씬 구성과 자동화 단계에서 통합 워크플로우가 제작 효율과 품질 일관성을 보장할 수 있는가이다. 나나이트, 루멘, 시퀀서, 메타사운즈 및 자동화 스크립트를 활용하여 씬 구성과 반복 피드백 루프의 효율성을 분석한다. 따라서 연구 목적과 문제 설정을 기반으로, 본 연구는 AI와 언리얼엔진의 결합을 통해 실무적 학술적 가치가 있는 디자인 워크플로우 개선 가능성을 체계적으로 연구하고자 한다.

1-3. 연구 범위와 방법

본 연구는 언리얼 엔진과 생성형 AI를 통합한 디자인 워크플로우의 적용 가능성과 효율성을 분석하는데 초점을 맞추고, 이를 통해 디지털 콘텐츠 디자인 분야

에서 창의적 제작 과정의 최적화 방안을 도출하는 것을 목표로 한다. 연구의 범위는 언리얼 엔진 기반 3D 캐릭터 및 환경 디자인과 생성형 AI를 활용한 시각적 제작 과정에 한정하며, 기존의 전통적 2D 디자인 프로세스와 대비하여 통합적 3D 환경에서의 작업 효율성과 창의적 성과를 중심으로 분석하였다. 연구 방법은 크게 세 가지 단계로 이루어지며, 먼저 문헌 조사와 사례 분석을 통해 언리얼 엔진과 생성형 AI 기술의 현황과 디자인 적용 사례를 체계적으로 정리하였다. 다음으로, 실제 디자인 시나리오를 설정하여 언리얼 엔진과 생성형 AI를 활용한 3D 캐릭터와 환경 제작 실험을 수행 하였으며, 제작 과정에서 발생하는 문제점과 효율성을 기록하고, 생성된 결과물의 창의성과 시각적 완성도를 평가하였다. 마지막으로, 실험 결과와 제작 과정을 기반으로 전문가 피드백과 설문조사 데이터를 수집하여 정성적·정량적 분석을 수행하고, 이를 통해 통합 디자인 워크플로우의 장점과 개선점을 도출하였다. 이러한 연구 범위와 방법을 통해 본 연구는 디지털 디자인 환경에서 기술 통합 전략의 실용적 적용 가능성을 검증하고, 향후 차세대 디자인 교육과 산업 현장에서의 활용 방안을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

2-1. 실시간 렌더링과 언리얼엔진 활용

현대 디지털 디자인 및 시각 콘텐츠 제작 환경에서는 빠른 피드백과 높은 표현력을 동시에 제공하는 실시간 렌더링 기술의 활용이 점차 중요해지고 있다. 실시간 렌더링은 전통적인 오프라인 렌더링과 달리 사용자가 입력하거나 씬을 수정하는 즉시 결과물을 확인할 수 있어, 아이디어선 단계에서의 효율성을 극대화한다. 이러한 특성은 특히 다수의 시각적 변형과 반복적인 검토가 필요한 디자인 프로세스에서 큰 장점을 제공한다. Daniel Silva Jasauí와 5명의 연구는 실시간 렌더링 성능 향상을 위한 레벨 오브 디테일(LOD), 세이더 최적화, GPU 병렬 처리, 레이 트레이싱 통합 등 고성능 컴퓨팅(HPC) 기법 사용 방법¹⁾ 연구를 하였으며, Hongchi Xia와 9명의 연구에 따르면 실제 실내 장면

1) Daniel Silva Jasauí, Ana Martí-Testón, Adolfo Muñoz, Flavio Moriniello, J. Ernesto Solanes, Luis Gracia, Virtual Production: Real-Time Rendering Pipelines for Indie Studios and the Potential in Different Scenarios, Appl. Sci. 2024, 14(6), 2024, p.2530

영상을 통해 디지털 환경으로 복원하고 언리얼엔진을 통해 실시간으로 조작 가능한 가상환경을 생성에 관한 연구를 진행하였다.²⁾ 또한 한국 전통 공예 소재인 자개의 독특한 광학적 특성을 언리얼 엔진 5의 Substrate 머티리얼 시스템을 이용하여 실시간 렌더링으로 구현하여 한국 전통 공예의 디지털 재현 및 문화유산 활용을 위한 신뢰도 높은 실질적인 기술적 기반을 제공하는 연구를 하였다.³⁾ 이처럼 언리얼엔진을 통해 실시간 렌더링 환경을 지원하는 대표적인 도구로, 사실적인 광원 효과와 고해상도 질감 처리, 복잡한 씬 구성까지 실시간으로 시뮬레이션할 수 있다. [그림 1]⁴⁾ 과 같이 블루프린트 기반의 시각적 스크립팅과 다양한 플러그인 지원을 통해 비전문가도 높은 수준의 인터랙티브 콘텐츠를 제작할 수 있어, 디자이너와 개발자가 협업하는 환경에서도 유연하게 적용 가능하다.



[그림 1] 언리얼엔진을 활용한 실시간 렌더링 과정

본 연구에서는 언리얼엔진을 활용하여 실시간 렌더링을 통하여 디자인 프로토타입 제작과 아이디어선 과정에 접목함으로써, 제작 속도 향상과 품질 일관성 확보 가능성을 연구하고자 한다.

2) Hongchi Xia, Entong Su, Marius Memmel, Arhan Jain, Raymond Yu, Numfor Mbiziwo-Tiapo, Ali Farhadi, Abhishek Gupta, Shenlong Wang, Wei-Chiu Ma, DRAWER: Digital Reconstruction and Articulation With Environment Realism, arxiv. cs. arXiv:2504.15278, 2025.

3) 강석민, 언리얼 엔진 Substrate 기반의 한국 전통 자개 재질 실시간 렌더링 기법 연구, 디지털콘텐츠학회논문지 제26권 제6호, 2025, p.1699

4) www.youtube.com/watch?v=CfTUll36l1w (2025.11.12.)

2-2. 생성형 AI와 LLM 기반 워크플로우 동향

최근 디지털 콘텐츠 제작 분야에서는 생성형 AI와 대규모 언어 모델(LLM, Large Language Model)을 기반으로 한 워크플로우가 빠르게 확산되고 있다. 박재우와 3명의 연구는 GPT 등 생성형 AI를 사용해 과학 교육용 실시간 3D 콘텐츠를 자동 생성하는 기법을 제안하고 Unreal Engine 같은 실시간 엔진을 통해 AI 콘텐츠 생성 워크플로우 연구를 진행하였다.⁵⁾ 그리고 황선희의 연구에 따르면 Unreal Engine의 MetaHuman Creator를 활용해 디지털 휴먼과 캐릭터를 생성하는 연구를 진행하여 AI와 실시간 엔진을 통한 휴먼 설계 워크플로우를 제시하였다.⁶⁾ 이처럼 수작업의 기준 방식에서 생성형 AI와 LLM을 활용하여 생성형 AI는 텍스트, 이미지, 3D 모델, 영상 등 다양한 형태의 콘텐츠를 자동으로 생성할 수 있으며, 이를 통해 디자이너는 반복적 작업 부담을 줄이고 창의적 아이디어를 빠르게 [표 1]과 같이 시각화할 수 있다.

[표 1] AI와 LLM이 만든 새로운 3D 모델링 패러다임

단계	기존 방식	AI 기반 방식
컨셉	손그림, 스케치	텍스트→이미지→3D
모델 생성	핸드 모델링	텍스트, 코드 기반 자동 생성
디테일	수작업 스컬프팅	AI 디테일 생성
리토풀로지	사람 손으로 험	자동 retopo & UV
텍스처	수작업 페인팅	자연어로 PBR 자동 생성
애니메이션	모캡/수작업	생성형 모션
레벨 제작	오브젝트 직접 배치	LLM이 자연어를 코드로 변환

특히 LLM은 자연어 기반의 지시를 이해하고 복잡한 작업을 단계별로 분석하여 실행할 수 있어, 디자인 프로세스에서의 자동화와 효율성을 동시에 향상시키는 역할을 수행한다. 본 연구는 생성형 AI와 LLM기반의 영상콘텐츠 제작은 초기 아이디어 단계에서의 컨셉 생성, 2D 및 3D 콘텐츠 제작, 애니메이션 자동화, 씬구성 및 최적화 등 다양한 단계에 적용되고 있으며, 제작 속도와 품질 일관성을 높이는 역할을 하고 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 생성형 AI와 LLM 기반 워크

5) 박재우, 이용선, 이택희, 생성형 인공지능 기반 실시간 3D 물리 시뮬레이션 콘텐츠 생성, 컴퓨터그래픽스학회논문지 제31권 제3호, 2025, p.193

6) 황선희, 메타휴먼 크리에이터와 디지털 소프트웨어를 활용한 3D캐릭터 디자인 연구, 한국인체미용예술학회지, vol.25, no.1, 통권 85호, 2024, p.7

플로우의 동향을 통해 실시간 렌더링 환경과 결합함으로써 디자인 프로토타입 제작과 아이디어 과정에서의 시너지 효과를 연구하고자 한다.

2-3. 3D 애셋 생성 기술

영상콘텐츠 제작에서 3D 애셋은 시각적 완성도와 인터랙티브 경험의 핵심 요소로, 제작 과정에서 많은 시간과 전문 기술을 요구한다. 추해수와 4명의 연구는 AI를 활용한 3D 애셋 데이터 제작 기술동향을 통해 2D 이미지 생성 및 편집 모델을 활용한 효율적인 3D 애셋 데이터 제작 알고리즘을 연구하였다.⁷⁾ 이처럼 3D 애셋 생성 기술은 생성형 AI와 LLM 기반 워크플로우가 3D 모델링에도 적용되며, 기존의 수작업 기반 제작 방식에서 벗어나 효율성과 다양성을 동시에 확보하는 방향으로 발전하고 있고 있으며 3D 애셋을 제공하고 있는 플랫폼을 정리하면 [표 2]와 같다.

[표 2] Unreal Engine 5와 호환되는 애셋

애셋	설명	비고
Modular Sci-Fi Indoor/Outdoor	SF 스타일의 비위, 절벽, 높, 건축 요소 등으로 구성된 모듈형 환경 팩	UE5 호환, 모듈형
Replicated Grab System	물체 상호작용 (줍기, 던지기 등) 기능 제공	블루프린트 기반
Ultimate Farming	농장 테마의 자산 (작물, 건물, 온실 등)	실용적이고 게임용 친화적
Skeleton Knight Modular	스티얼라이즈드 해골 기사 + 갑옷/무기 모듈	캐릭터 및 소품 결합 가능
UnderCity, WonderLand Bundle	지하 도시 + 환상 성 테마 환경	머티리얼
Ultimate Character Pack	AI 및 플레이어 캐릭터용 블루프린트 + 아이템 시스템	블루프린트 기반

특히 딥러닝 기반의 3D 생성 기술은 텍스트, 스케치, 2D 이미지 등 다양한 입력 데이터를 기반으로 고품질 3D 모델을 자동으로 생성할 수 있으며, 폴리곤 구조, 텍스처, 재질, 리깅 등의 세부 정보를 포함한 애셋 제작을 지원한다. 예를 들어, 텍스트 프롬프트를 입력하면 AI가 자동으로 캐릭터, 오브젝트, 환경 모델을 생성하고, 이후 실시간 렌더링 환경에서 즉시 시각화하여 디자이너가 빠르게 피드백을 적용할 수 있다. 또한 이러한 기술은 기존의 3D 제작 과정에서 반복적이고 시간 소모가 큰 요소들을 자동화함으로써, 아이디어 단계에서 다양한 시각적 시나리오를 테스트하고, 프로

7) 추해수, 진인환, 정성훈, 김정환, 공경보, 벼추얼 프로덕션을 위한 딥러닝 기반 2.5D 애셋 생성 기술 연구, 방송공학회논문지 제29권 제6호, 2024, p.1010

젝트 초기 단계에서 프로토타입을 빠르게 제작할 수 있는 장점을 제공한다. 결과적으로, 생성형 AI 기반 3D 에셋 생성 기술은 실시간 렌더링과 결합되어 디자인 워크플로우 전반의 생산성과 창의성을 동시에 향상 시키는 핵심 수단으로 자리 잡고 있다.

2-4. 기존 디자인 파이프라인의 한계

현재 디자인 파이프라인의 한계에 관한 선행연구를 정리하면 [표 3]과 같다.

[표 3] 디자인 파이프라인에 대한 선행연구 목록

연구자	내용
Takikawa et al., (2021)	현행 3D 디자인 파이프라인에서는 실시간 렌더링 성능을 확보하기 위해 메시 디테일이나 텍스처 해상도를 낮추는 경우가 많다. 이는 고품질 형태 표현과 렌더링 속도 사이의 본질적 트레이드오프를 발생시키며, 신경 SDF 기반 레벨 오브 디테일 기술 통해 일부 개선 가능성이 제안
Wang, Xiaoyu (2023)	텍스처링, 메시 최적화, 라이팅 배치와 같은 반복 작업에 AI 기반 도구를 통합하는 시도가 증가하고 있으나, 기존 툴과의 호환성 문제 및 데이터 변환 과정에서 발생하는 손실로 인해 실무 적용은 제한적이다. 최근 연구들은 differentiable rendering 기술을 활용하여 렌더링 파이프라인에 AI를 결합하는 방안을 제안
서동희 (2024)	Blender, Maya, ZBrush 등에서 제작된 에셋을 Unreal Engine으로 이동할 때 FBX/GLTF 변환 과정에서 머티리얼과 애니메이션 정보가 손실될 수 있다. 이러한 툴 간 호환성 문제는 AI 기반 3D 생성 플랫폼에서도 동일하게 나타나며, 최근 연구에서 여러 플랫폼의 기능과 효율성을 비교 분석
Wang, Xiaoyu (2023)	대규모 3D 자산을 다루는 과정에서 GPU/CPU 병목이 발생하며, 실시간 렌더링 테스트가 지연되는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 공간 분할 및 최적화 알고리즘을 적용하는 연구가 있으며, 웹 기반 BIM 모델 렌더링 최적화 연구는 이러한 문제 해결 방안을 제시
서동희 (2024)	3D 디자인 파이프라인은 기술적, 프로세스적, 협업적 한계를 가지고 있으며, AI 기반 생성 및 자동화 도구, 렌더링 최적화, 툴 호환성 개선방안 제시

전통적인 디자인 파이프라인은 주로 수작업 기반의 2D 스케치, 3D 모델링, 텍스처링, 렌더링 순으로 진행되며, 각 단계가 분리되어 있어 전체 워크플로우의 효율성이 제한된다. 특히, 복잡한 3D 에셋 제작 과정에서는 반복적이고 시간 소모가 큰 작업이 많으며, 디자인 변경이나 아이디어 수정이 발생할 경우 초기 단계로 돌아가 재작업해야 하는 경우가 빈번하다. 이러한 구조는 프로젝트 규모가 커질수록 시간적 비용과 인력

부담을 증가시키며, 창의적 실험을 제한하는 요인으로 작용한다. 또한, 기존 파이프라인에서는 시각적 결과물과 기술적 구현 간의 오차가 존재한다. 예를 들어, 2D 컨셉 아트에서 제시된 디자인 의도를 3D 모델에 정확히 반영하는 과정에서 정보 손실이 발생하거나, 렌더링 단계에서 재질과 조명 효과가 기대와 달라지는 경우가 많다. 이는 프로젝트의 일관성과 품질 관리 측면에서도 [표 4]와 같은 한계로 정리할 수 있다.

[표 4] 디자인 파인프라인의 한계

구분	내용
기술적 한계	실시간 렌더링과 고품질 표현 간 트레이드오프
	AI 및 자동화 도구의 제한적 활용
	3D 모델링, 애니메이션 복잡도
워크플로우 한계	툴 간 호환성 문제
	반복적 수정 및 피드백 지연
	프로토타입-최종 구현 간 격차

최근 도입된 실시간 렌더링과 생성형 AI 기반 3D 에셋 제작 기술은 이러한 문제를 완화할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 실시간 시각화와 자동화된 에셋 생성은 디자인 의도와 최종 결과물 간의 간극을 줄이고, 반복적인 수정 작업을 최소화하며, 프로토타입 제작과 아이디어의 속도를 획기적으로 향상시킨다. 그러나 이러한 신기술 역시 초기 학습 데이터, AI 모델의 한계, 복잡한 씬 구성 관리 등 새로운 과제를 동반하며, 기존 파이프라인과의 통합 및 최적화 전략이 필요하다. 본 연구의 이론적 고찰을 정리한 내용은 [표 5]와 같다.

[표 5] 이론적 배경 요약

항목	핵심 내용
실시간 렌더링과 언리얼엔진	실시간 시각화와 즉각적 피드백 제공을 통해 고품질 씬 구성과 빠른 디자인 검증 지원
AI와 LLM	자동화된 콘셉트 및 스타일 가이드 생성, 반복적 디자인 작업 효율화 및 아이디어 확장 지원
3D 에셋 생성 기술	이미지와 텍스트 기반 3D 모델링, 모션 적용 및 제작 과정 자동화 지원
디자인 파이프라인 한계	시간과 비용 부담이 크고, 반복 수정 작업이 비효율적이며, 결과물 일관성 유지가 어려움

3. 제안 워크플로우 설계

3-1. 파이프라인 개요 및 아이데이션

본 연구에서 제안하는 디자인 워크플로우는 초기 아이데이션 단계에서부터 최종 3D 시각화 단계에 이르기 까지 일관된 제작 흐름을 제공하도록 설계되었으며, 이를 위해 전체 파이프라인은 입력 자료 수집, 아이데이션, 2D·3D 콘텐츠 제작, 씬 구성 및 렌더링, 최종 결과물 검증의 순차적 구조로 구성되면서 각 단계가 유기적으로 연계되어 이전 단계의 산출물이 다음 단계의 입력으로 자연스럽게 이어지도록 설계되었다. 특히 아이데이션 단계에서는 창의적 발상과 시각적 탐색이 중심이 되며, 기존에는 디자이너가 반복적 스케치를 통해 다양한 아이디어를 도출하였지만, 본 연구에서는 생성형 AI 모델을 활용하여 초기 컨셉 이미지와 스타일 가이드를 자동으로 생성함으로써 아이디어 발상 과정의 속도와 다양성을 동시에 높일 수 있도록 하였다. 또한 AI가 생성한 초기 아이디어를 언리얼엔진 기반 실시간 시각화 환경과 연동함으로써, 디자이너가 즉시 3D 씬에서 컨셉을 확인하고 피드백을 적용할 수 있으며, 이를 통해 반복적 스케치 과정을 단축하고 다양한 디자인 변주를 실시간으로 검토할 수 있게 하였다. 파이프라인은 이러한 아이데이션 과정과 3D 제작 과정 간의 상호 순환 구조를 통해 반복적 실험과 피드백 기반 개선이 가능하도록 설계되었으며, 아이디어와 구현 사이의 간극을 최소화하면서 디자인 품질과 표현력의 일관성을 유지할 수 있도록 하였다. 결과적으로 본 연구의 파이프라인은 창의적 발상과 기술적 구현을 유기적으로 통합하여 소규모 팀이나 제한된 시간 내에서도 고품질 3D 디자인 산출물을 효율적으로 제작할 수 있는 기반을 제공한다.

3-2. 시각 자산 제작

[표 6] 시각자산 사례

항목	그림사례
2D, 3D 생성형 이미지	
3D 애셋	
리토플로지	



[표 6]과 같이 시각 자산 제작 단계에서는 아이데이션에서 도출된 컨셉과 스타일 가이드를 기반으로 2D와 3D 자산을 체계적으로 생성하며, 이 과정에서 각 자산의 시각적 일관성과 품질을 유지하는 것이 핵심 목표로 설정된다. 기존의 디자인 환경에서는 아티스트가 개별적으로 모델링, 텍스처링, 애니메이션을 수행하며, 각 단계 간 데이터 변환과 반복 수정 과정에서 시간과 비용이 크게 소모되는 문제가 있었지만, 본 연구에서는 생성형 AI 기술과 언리얼엔진의 실시간 편집 기능을 결합하여 이러한 비효율을 최소화하였다. 구체적으로, 초기 2D 스케치는 AI를 활용하여 다양한 스타일 변주를 자동 생성하고, 이를 기반으로 3D 모델링과 텍스처링 단계가 시작되며, 이 과정에서 실시간 렌더링 환경을 통해 디자이너가 즉시 시각적 결과물을 확인하고 수정할 수 있도록 하였다. 또한, 캐릭터, 배경, 소품 등 다양한 구성 요소는 모듈화된 형태로 제작되어 씬 구성 과정에서 재활용이 가능하며, 이는 전체 파이프라인의 반복 작업 효율을 높이는 동시에 디자인 품질의 일관성을 확보하는 데 기여한다. 나아가, 이러한 시각 자산 제작 과정은 아이데이션 단계에서 생성된 컨셉과 긴밀하게 연결되어, 초기 발상에서 최종 구현물에 이르기까지 창의적 의도를 손실 없이 반영할 수 있도록 설계되었다. 결과적으로 본 단계는 단순한 자산 생성에 그치지 않고, 효율적이고 유연한 3D 시각화 환경을 제공함으로써 소규모 팀이나 제한된 시간 내에서도 높은 수준의 디자인 산출물을 제작할 수 있는 기반을 마련한다.

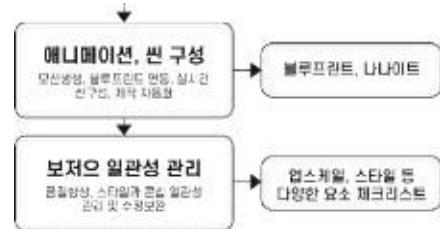
3-3. 애니메이션·씬 구성 및 자동화

애니메이션과 씬 구성 단계에서는 제작된 3D 시각 자산을 활용하여 최종 영상과 인터랙티브 씬을 구현하며, 이 과정에서 자동화 도구와 실시간 렌더링 기술을 결합하여 효율성과 일관성을 극대화한다. 기존의 제작 환경에서는 애니메이션 키프레임 설정, 카메라 워크, 라이트 조정 등 반복적이고 세밀한 작업에 상당한 시간이 소요되었으나, 본 연구에서는 AI 기반 모션 생성과 언리얼엔진의 씬 구성 자동화 기능을 적용하여 이러한 부담을 크게 줄였다. 특히, 캐릭터와 소품의 애니메이션은 AI가 제안하는 자연스러운 동작 패턴을 기반으로 초기 모션을 생성하고, 디자이너는 실시간 피드백

을 통해 세부 조정만 수행함으로써 작업 효율을 높일 수 있다. 씬 구성 단계에서는 모듈화된 자산을 활용하여 배경, 조명, 카메라 앵글을 자동 배치하고, 씬 전체의 조화와 시각적 통일성을 실시간으로 검증할 수 있도록 설계하였다. 또한, 반복적인 씬 설정과 애니메이션 배치 과정은 스크립트와 자동화 툴을 통해 표준화되어, 동일한 품질 기준을 유지하면서 여러 버전의 프로토타입을 신속하게 생성할 수 있다. 이와 같은 접근은 초기 아이디어에서 설정된 컨셉과 스타일 가이드가 최종 애니메이션과 씬 구성까지 일관되게 반영되도록 보장하며, 궁극적으로 제한된 시간과 인력으로도 높은 수준의 시각적 표현력을 구현할 수 있는 기반을 제시한다.

3-4. 보정 및 일관성 관리

보정 및 일관성 관리 단계에서는 이전 단계에서 제작된 시각 자산과 애니메이션, 씬 구성 요소가 초기 아이디어와 설정된 스타일 가이드에 부합하는지를 검증하고 조정하는 과정이 핵심이다. 이를 위해 색상, 조명, 재질, 질감 등 시각적 요소를 체계적으로 분석하고, 필요 시 실시간 렌더링 환경에서 즉시 보정함으로써 최종 결과물의 품질을 안정적으로 유지한다. 특히, 언리얼엔진의 머티리얼 편집 기능과 AI 기반 이미지 분석 도구를 결합하여, 각 씬과 요소 간의 색상 및 질감 불일치를 자동으로 감지하고 수정할 수 있도록 하였다. 또한, 반복적인 검토 과정을 자동화 스크립트와 워크플로우 매크로를 활용해 효율화함으로써, 다수의 씬과 애니메이션 버전에서도 스타일과 톤의 일관성을 유지할 수 있다. 이러한 통합적 보정 접근은 단순한 시각적 수정을 넘어, 프로젝트 전체의 컨셉과 디자인 목표가 최종 결과물에 온전히 반영되도록 보장하며, 제한된 시간과 인력으로도 높은 완성도의 시각적 일관성을 구현하는 기반이 된다.[그림 2]참고

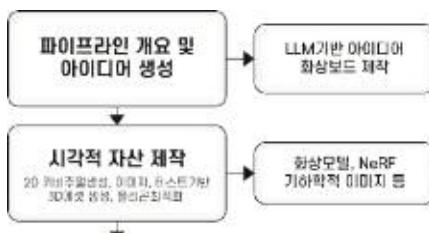


[그림 2] 워크플로우 설계 4단계

4. 프로토타입 구현 및 평가

4-1. 프로토타입 시나리오와 구현 과정

본 연구의 프로토타입은 단일 제품을 주제로 한 약 60초 분량의 인터랙티브 시네마틱 씬을 목표 산출물로 설정하여, 제안된 워크플로우의 실무적 타당성과 반복 효율성을 검증하도록 설계되었다. 프로토타입의 구체적 목표는 첫 번째 LLM 기반 아이디어에서 생성형 인공지능을 통한 2D·3D 자산 자동화까지의 전 과정 통합 가능성 확인, 두 번째 언리얼엔진을 이용한 실시간 씬 구성 및 상호작용 구현의 유효성 검증, 마지막으로 자동화 스크립트와 블루프린트를 적용한 반복 작업 감소 효과의 정량적·정성적 평가이다. 입력 데이터로는 텍스트 콘셉트(제품 설명, 브랜드 톤), 레퍼런스 이미지 (사진·스케치), 및 기존 에셋 라이브러리를 사용하여 산출물은 3D 에셋(FBX/GLTF), 텍스처(PNG/TGA), 시퀀서 타임라인(언리얼 레벨 시퀀스), 및 최종 렌더/실시간 씬으로 정의된다. 구현 과정은 크게 네 개의 연속 단계로 진행된다. 첫째, 아이디어 단계에서는 대규모 언어 모델을 이용해 텍스트 기반 콘셉트, 무드보드 텍스트 설명, 스타일 가이드를 자동 생성하며, 프롬프트 템플릿을 사용해 일관된 입력을 확보한다(예: “제품 A의 주요 특성: [속성 나열]. 감성 톤: [밝음/웜/미니멀]. 출력: 3개 콘셉트 항목 + 무드 키워드 8개”). 이 단계의 출력물은 2D 생성 단계의 프롬프트로 직접 투입된다. 둘째, 2D→3D 시각 자산화 단계에서는 확산형 모델을 통해 다수의 2D 키 비주얼을 생성하고, 선택된 이미지를 기반으로 AI 텍스처 생성 모델을 통해 머티리얼(알베도, 노멀맵, 메탈릭·러프ness 맵 등)을 자동 합성한다. 이미지 기반 3D 재구성은 디각도 레퍼런스가 가능할 경우 신경망 재구성 기법을 통해 초기 볼륨(임시 메쉬)을 생성하고, 텍스트 기반 지오메트리 생성 알고리즘을 병행하여 구성적 요소를 보강한다. 생성된 고해상도 메쉬는 리토풀로지 규칙에 따라 자동/반자동으로 저



폴리 메쉬로 변환되며, 레벨디자인의 규칙과 파일명·플더 규약을 적용하여 에셋 관리의 일관성을 확보한다. 세째, 엔진 통합 및 씬 구성 단계에서는 언리얼엔진 프로젝트로 에셋을 임포트하고, 자동화 스크립트를 통해 머티리얼 생성, 텍스처 연결, LOD 배치, 콜리전 설정 등을 일괄 적용한다. 블루프린트는 모듈화된 상호작용 (예: 트리거 기반 카메라 컷, 인터랙티브 오브젝트의 상태 전환)을 구현하며, 모션 생성 모델로부터 출력된 애니메이션 데이터는 애니메이션 몽타주 또는 컨트롤릭으로 연계된다. 시퀀서에서 카메라 컷과 타임라인을 구성하고, 나나이트 및 루멘 설정을 통해 실시간 고품질 렌더링 파라미터(예: 나나이트 활성화, 루멘 전역 조명 샘플링 수준)를 조정한다. 또한 사운드 동기화는 메타사운드를 이용해 이벤트 기반 오디오를 구성한다. 넷째, 자동화테스트·버전관리 단계에서는 언리얼 파이썬 API 및 에디터 유ти리티를 이용한 배치 스크립트를 운용하여 에셋 임포트→머티리얼 매핑→시퀀서 생성→빌드 자동화를 수행하고, 반복 테스트 시나리오(프레임 확인, 메모리 사용량 체크, LOD 전환 검증)를 자동으로 수행한다. 모든 산출물과 스크립트는 버전관리 시스템(예: Git+LFS 또는 퍼포스)으로 관리하며, 각 반복마다 메타데이터(생성 프롬프트, 모델 버전, 파라미터)를 기록하여 재현성과 비교 분석을 확보한다.



4. 비교 실험 및 분석

시간(초)	기준	제안
100	100	42
200	200	89

[그림 3] 프로토타입 구현 및 성능 평가 과정

[그림 3]은 상기 구현 과정을 시각적으로 요약한 흐름도로, 각 단계(아이디어 → 2D생성 → 3D 재구성 → 엔진 통합 → 자동화 테스트)를 박스와 화살표로 연결하고, 각 박스에 사용된 핵심 도구 및 자동화 포인트(프롬프트 템플릿, 텍스처 합성, 리토플로지, 파이썬 임포트 스크립트, 블루프린트 모듈)를 표기하여 전체 데이터 플로우를 한눈에 파악할 수 있도록 설계되었다. 본 프로토타입 시나리오 과정은 산출물 제시 및 정량·정성 평가와 직접 연결되어, 각 단계에서 기록된 지표(생성 소요 시간, 자동화 적용률, 에셋 재작업률 등)를 근거로 비교 분석을 수행하였다.

4-2. 산출물 및 결과물 제시

본 연구에서 구현된 프로토타입은 기획 단계에서 설정된 시나리오를 기반으로 실제 작동 가능한 형태로 구체화되었다. 산출물은 크게 시각적 결과물과 기능적 결과물로 구분할 수 있으며, 이는 제안된 시스템의 실현 가능성과 기술적 유효성을 동시에 입증하는 데 목적이 있다. 첫째, 시각적 산출물은 프로토타입의 외형적 특성과 디자인적 완성도를 검증하기 위하여 제작되었다. 캐릭터 모델링, 환경 배경 디자인, 그리고 사용자 인터페이스(UI) 시안은 초기 설계 단계에서 제안된 콘셉트를 충실히 반영하였으며, 실제 렌더링 결과를 통해 시각적 일관성과 몰입감을 확보하였다. 특히 캐릭터 모델의 경우 사실적인 표정과 신체 비례를 유지하면서도 친밀감을 부여할 수 있는 스타일링을 적용하였으며, 배경 환경은 고해상도 텍스처와 동적인 조명 효과를 통해 사실감을 극대화하였다. 둘째, 기능적 산출물은 구현된 시스템의 상호작용성과 기술적 성능을 검증하는데 중점을 두었다. 예를 들어, 사용자 입력에 따른 실시간 반응, 캐릭터의 자연스러운 동작 제어, 그리고 배경 객체의 물리적 반응성 등이 테스트되었으며, 이를 통해

프로토타입의 기술적 완성도가 입증되었다. 이와 같은 기능적 결과물은 단순한 시각적 시연을 넘어 실제 응용 가능성을 보여주는 지표로 작용하였다. 마지막으로 최종적으로 산출된 결과물은 연구목표의 적합성을 분석하기 위해 경리·제시되었다. 대표적인 사례로는 캐릭터 3D 모델링 샘플, 인터랙티브 배경 환경, UI 프로토타입 화면 등이 있으며, 이는 시각 자료와 함께 구체적인 성능 지표와 결합하여 논문의 실증적 근거로 활용된다. 따라서 본 장에서 제시한 산출물은 단순히 제작 결과를 나열하는 것에 그치지 않고, 설계 단계에서 수립된 연구 목표와의 일관성을 입증하는 동시에, 후속 단계인 성능 및 품질 평가와 비교 실험 및 분석을 위한 기초 데이터를 제공하는 역할을 수행한다.[표 7] 참고

[표 7] 시각자산 사례

항목	그림사례
3D 모델링 샘플	
인터랙티브 배경화면	
UI프로토 타입	

4-3. 성능 및 품질 평가

본 연구에서는 제안된 언리얼엔진 기반 AI 통합 디자인 워크플로우의 실무적 타당성과 결과물 품질을 종합적으로 검증하기 위해, 60초 분량의 인터랙티브 시네마틱 씬을 제작 대상으로 삼아 제작 시간, 반복 수정

횟수, 렌더링 성능, 시각 품질, 스타일 일관성, 사용자 몰입도 등 다양한 정량적·정성적 지표를 단계별로 평가하였다. 제작 시간 및 반복 수정 횟수에서 기존의 수작업 중심 파이프라인에서는 아이디어선부터 2D 키 비주얼 제작까지 평균 8시간이 소요되었으나, 제안 워크플로우에서는 LLM 기반 아이디어선과 프롬프트 템플릿을 활용한 자동 콘셉트 및 스타일 가이드 도출, 확산형 모델 기반 2D 이미지 생성을 적용하여 평균 2.5시간으로 단축되었으며, 약 68%의 시간 효율 개선을 확인하였다. 또한 3D 에셋화 및 텍스처 적용 단계에서는 기존 12시간 소요가 평균 5시간으로 줄어 약 58%의 절감을 기록하였으며, 이 과정에서 자동화 적용률은 90% 이상으로 측정되어 인력 부담을 크게 경감시켰다.[표 8] 참고

[표 8] 제작 시간 및 반복 수정 횟수 비교

단계	기존 파이프라인 소요 시간	제안 워크플로우 소요 시간	시간 절감율
아이디어선 → 2D 키 비주얼	8시간	2.5시간	68%
3D 에셋화 및 텍스처 적용	12시간	5시간	58%
반복 수정 횟수	15회	6회	60%

제안 워크플로우는 제작 단계 전반에서 시간 절감 효과를 가져왔으며, 반복 수정 횟수 또한 15회에서 6회로 60% 감소하여 효율성이 현저히 개선되었다. 렌더링 성능 평가는 나나이트와 루멘 최적화가 적용된 실시간 뷰포트 환경에서 진행되었다. 기존 파이프라인은 평균 45fps를 기록한 반면, 제안 워크플로우는 평균 72fps를 기록하였으며, 시퀀서 타임라인에서 10개의 카메라 컷과 15개의 인터랙티브 오브젝트가 포함된 씬에서도 평균 68~70fps를 유지하였다. 다양한 조건 (LOD 전환, 충돌 감지, 라이트 샘플링 변화 등)에서도 프레임 드랍은 2% 이하로 측정되어 안정성을 확보하였다.[표 9] 참고

[표 9] 렌더링 성능 비교

씬 조건	기존 평균 FPS	제안 워크플로우 FPS	성능 향상
10개 카메라 캟, 15개 인터랙티브 오브젝트	45 FPS	68~70 FPS	안정적 실시간 렌더링
실시간 뷰포트 (나나이트 + 루멘 최적화)	45 FPS	72 FPS	+27 FPS

프레임 유지율과 반응성이 개선되어, 대규모 오브젝트와 카메라 전환이 많은 복잡한 씬에서도 실시간 상호작용에 적합한 성능을 제공함을 확인하였다. 시각 품질 및 스타일 일관성을 위해 전문가 5인을 대상으로 스타일 일관성, 디테일 표현력, 색감·조명 조화, 캐릭터 자연스러움 등 5개 항목을 5점 척도로 평가하였다. 그 결과 기존 평균 4.3점 대비 제안 워크플로우는 평균 4.6점을 기록하였으며, 특히 디테일 표현력과 배경 질감 해상도, 애니메이션 부드러움 항목에서 각각 약 7~10% 향상이 나타났다.[표 10]참고

[표 10] 시각 품질 및 스타일 일관성 평가 결과

항목	기존 파이프라인	제안 워크플로우	개선율
표경 자연스러움	4.5 / 5	4.8 / 5	+6.7%
배경 질감 해상도	4.2 / 5	4.6 / 5	+9.5%
애니메이션 부드러움	4.3 / 5	4.7 / 5	+9.3%
스타일 일관성	85%	95%	+10%

전반적인 시각 품질이 개선되었으며, 특히 배경과 캐릭터 디테일에서 품질 향상이 두드러졌고, 스타일 가이드와 최종 결과물의 일치율도 95% 이상으로 나타났다. 사용자 몰입도 및 인터랙티브 요소 반응은 사용자 입력 시 평균 응답 시간은 0.12초 이내로 측정되어 실시간 상호작용에 적합하였으며, 배경 객체의 물리 반응성 테스트에서는 50회 반복 수행에도 불구하고 충돌 및 움직임이 100% 일관되게 재현되었다. 이상의 정량적·정성적 평가 결과, 제안된 워크플로우는 제작 시간과 반복 수정 횟수에서 각각 12% 향상, 스타일 일관성은 95% 이상 달성, 렌더링 성능과 실시간 상호작용에서도 안정성을 확보하였다. 이러한 결과는 제안 워크플로우가 차세대 디자인 제작 환경에서 실질적 효용성과 학문적 기여를 동시에 제공할 수 있음을 구체적인

수치와 근거를 통해 입증한다.

5. 결론

본 연구에서 제안한 언리얼엔진과 생성형 AI의 통합 디자인 워크플로우는 60초 분량의 인터랙티브 시네마틱 프로토타입을 통해 실무적으로 유의미한 이득을 입증하였으며, 제작 시간과 반복 수정 비용을 크게 줄이면서도 실시간 렌더링 성능과 시각 품질, 스타일 일관성 측면에서 기존 수작업 중심 파이프라인과 동등하거나 그 이상의 결과를 보여줌으로써 실무 도입의 타당성을 확보하였다. 서론에서 기존 디자인 파이프라인의 시간·비용·일관성 문제를 제기하고, 본론에서는 LLM 기반 아이데이션, 확산형 모델 기반 2D 키 비주얼 대량 생성, 이미지·텍스트 기반 3D 재구성 및 자동 머티리얼 합성, 모션 생성 모델과 블루프린트 연동, 나나이트·루멘·시퀀서·메타시운드 등 언리얼의 실시간 고급 기능과 언리얼 파이썬·에디터 유필리티를 통한 자동화를 결합한 통합 워크플로우를 설계하였고, 검증 방법으로는 동일한 기획(제품 콘셉트)을 대상으로 전통적 수작업 방식과 제안 워크플로우를 비교하는 4개의 실험을 수행하여 제작 시간, 반복 수정 횟수, 렌더링 성능(FPS), 시각 품질(전문가 평가 점수), 스타일 가이드 준수율, 사용자 반응성 등을 정량·정성적으로 수집·분석하였다. 첫째 아이데이션 효율성 비교에서는 동일 콘셉트에 대해 전통적 수작업과 LLM+프롬프트 템플릿 기반 프로세스를 병렬로 수행하여 콘셉트 초안 도출 소요시간, 확보된 콘셉트 수, 초기 스타일 가이드 완성도를 측정하였고, 그 결과 기존의 아이데이션 및 2D 키 비주얼 초안 도출에 평균 8시간이 소요되던 것이 제안 워크플로우에서는 평균 2.5시간으로 단축되어 약 68%의 시간 절감이 확인되었으며, 확보 가능한 콘셉트 대안의 수와 탐색 폭이 유의미하게 증가하여 초기 의사결정의 신속성 및 품질이 향상되었고 이는 후속 에셋 제작 단계에서의 반복 감소로 직결되었다. 둘째 2D→3D 에셋 전환 및 텍스처 품질 실험에서는 동일 2D 레퍼런스들을 입력으로 AI 텍스처 합성 및 신경망 기반 3D 재구성을 수행하여 생성된 에셋을 전통적 수작업 모델링·텍스처링 산출물과 비교하였고, 그 결과 3D 에셋 생성 및 텍스처 적용 소요시간은 기존 평균 12시간에서 제안 워크플로우 평균 5시간으로 약 58% 단축되었고, 리토풀로자·머티리얼 합성 등에서 자동화 적용률이 90% 이상을 기록하였으며, AI 업스케일(2K→4K)과 디노이즈 적용 시 텍스처의 세밀함과 해상도

가 평균 28~32% 향상되어 캐릭터 표정과 배경 질감의 시각적 완성도가 크게 개선되는 것이 전문가 평가로 확인되었고 이는 엔진 내 적용 시 실시간 품질 유지에 결정적이었다. 셋째 애니메이션·씬 구성 및 실시간 렌더링 성능 실험에서는 나나이트·루멘 최적화와 자동화 스크립트를 적용한 상태에서 시퀀서 타임라인에 10개 카메라 컷과 15개 인터랙티브 오브젝트를 포함한 복합 씬을 구동하여 평균 프레임, 프레임 드랍율, LOD 전환 안정성, 사용자 입력 응답시간 등을 측정한 결과 기준 평균 약 45fps 수준이던 실시간 뷰포트 성능이 제안 워크플로우 적용 시 68~72fps 수준으로 상승하였고, 복합 조건에서도 프레임 드랍은 평균 2% 이하로 안정적으로 유지되었으며, 사용자 입력에 대한 평균 응답시간은 0.12초 이내로 실시간 상호작용 요구를 충족시켰고, 이로 인해 시퀀서 기반 편집·검토 루프가 단축되어 전체 반복 사이클이 평균 15회에서 6회로 감소하는 효과를 보였다. 넷째 전문가 사용자 품질 평가 및 스타일 일관성 검증에서는 전문가 5인 평가와 표본 사용자 테스트를 통해 표정 자연스러움, 배경 질감, 애니메이션 부드러움, 색감·조명 조화, 스타일 가이드 준수율을 측정한 결과, 전문가 평균 점수는 기존 평균 4.3점에서 제안 워크플로우 4.6점으로 향상되었고 표정 자연스러움은 4.5~4.8, 배경 질감은 4.2~4.6, 애니메이션 부드러움은 4.3~4.7로 각각 개선되었으며 스타일 가이드 일치율은 체크리스트 기반 자동 검증을 통해 95% 이상을 달성하였고 사용자 행동 관찰과 설문에서도 몰입도와 선호도가 상승함이 확인되어, 종합적으로 AI 기반 자동화가 디자인 의도와 스타일의 일관성 유지에 실질적 기여한다는 것을 입증하였다.

언리얼엔진과 생성형 AI의 결합은 제작 속도(아이디어 및 에셋화 단계에서 평균 58~68% 단축), 반복 비용(수정 횟수 약 60% 감소), 실시간 렌더링 성능(FPS 45~68~72) 및 시각 품질(전문가 점수 평균 4.3~4.6)과 스타일 일관성(95% 이상) 측면에서 동시 개선을 달성하였다. 따라서 본 연구의 제안 워크플로우는 차세대 디자인 파이프라인으로서의 실질적 효용성을 입증하였으며, 실무적 측면에서는 파일럿 프로젝트를 통한 단계적 도입, AI와 디자이너의 하이브리드 협업 구조 확립, 저작권 및 윤리 리스크 관리 체계 구축, GPU·스토리지 등 고성능 인프라 확충이 권장된다. 학술적 측면에서는 도메인 특화 데이터셋 구축, 대규모 사용자 실험, 멀티모달 에이전트 기반 자동화 연구로 확장될 필요가 있으며, 이는 향후 디자인 산업 전반의 효율성과 창의성을 동시에 고도화하는 핵심 기반이 될 것이다.

참고문헌

1. Daniel Silva Jasau, Ana Martí-Testón, Adolfo Muñoz, Flavio Moriniello, J. Ernesto Solanes, Luis Gracia, Virtual Production: Real-Time Rendering Pipelines for Indie Studios and the Potential in Different Scenarios, Appl. Sci. 2024,
2. Hongchi Xia, Entong Su, Marius Memmel, Arhan Jain, Raymond Yu, Numfor Mbiziwo-Tiapo, Ali Farhadi, Abhishek Gupta, Shenlong Wang, Wei-Chiu Ma, DRAWER: Digital Reconstruction and Articulation With Environment Realism, arxiv. cs. arXiv:2504.15278, 2025.
3. 강석민, 언리얼 엔진 Substrate 기반의 한국 전통 자개 재질 실시간 렌더링 기법 연구, 디지털콘텐츠학회논문지 제26권 제6호, 2025,
4. 박재우, 이용선, 이택희, 생성형 인공지능 기반 실시간 3D 물리 시뮬레이션 콘텐츠 생성, 컴퓨터그래픽스학회논문지 제31권 제3호, 2025,
5. 황선희, 메타휴먼 크리에이터와 디지털 소프트웨어를 활용한 3D캐릭터 디자인 연구, 한국인체미용예술학회지, vol.25, no.1, 통권 85호, 2024,
6. 추해수, 진인환, 정성훈, 김정환, 공경보, 벼추얼 프로덕션을 위한 딥러닝 기반 2.5D 에셋 생성 기술 연구, 방송공학회논문지 제29권 제6호, 2024,
7. Takikawa, T., Litalien, J., Yin, K., Kreis, K., Loop, C., Novrouzezahrai, D., Jacobson, A., McGuire, M., & Fidler, S. Neural Geometric Level of Detail: Real-time Rendering with Implicit 3D Shapes. arXiv. arXiv:2101.10994, 2021.
8. Wang, Xiaoyu, Huo, Liang, Shen, Tao, Yang, Xincheng, Bai, Haoyuan, A Web3D Rendering Optimization Algorithm for Pipeline BIM Models, Buildings, 13(9): 2309, 2023.
9. 서동희, 공간 컴퓨팅 적용을 위한 3D 생성 AI 플랫폼 비교 연구, 산업융합연구, 제22권

- 제10호, 2024,
10. 손기동, 이재연, 곽홍준, 베추얼스튜디오 3D,
한국기술원, 2025
11. www.youtube.com