

# LLM을 이용한 언리얼 엔진 자동 게임 생성 서비스 개발 포괄적 조사 보고서

LLM과 언리얼 엔진을 통합한 자동 게임 생성 서비스는 2025년 현재 기술적으로 실현 가능하며, 이미 상용화된 솔루션과 성공 사례가 존재합니다. (VentureBeat +4) 본 보고서는 현재 가용 기술, 개발 필요 기술, 이상적 환경, 그리고 단계별 개발 시나리오를 종합적으로 분석하여 게임 개발자들이 이 서비스를 구현하는 데 필요한 실질적인 로드맵을 제시합니다.

## 현재 사용 가능한 기술 현황

### LLM과 언리얼 엔진 통합 기술

**UnrealGenAISupport 플러그인**이 2024-2025년 최신 통합 솔루션으로 부상했습니다. 이 플러그인은 OpenAI GPT-4o, Claude 3.7 Sonnet, DeepSeek R1, XAI Grok 3를 포함한 다양한 LLM 프로바이더를 지원하며, Model Control Protocol(MCP)을 통해 Claude Desktop App 및 Cursor IDE와 통합됩니다. 주요 기능으로는 자연어로부터 자동 블루프린트 생성, 씬 오브젝트 스폰 및 조작, 실시간 Python 스크립트 실행, C++와 블루프린트 워크플로우 모두 지원이 포함됩니다. (GitHub) (github)

기타 성숙한 통합 솔루션으로는 **OpenAI-API-Unreal 플러그인**(GPT-4, DALL-E, Whisper API 지원), **HttpGPT 플러그인**(REST 기반 OpenAI 서비스 통합), (GitHub) **Text to Script Generator**(ChatGPT API를 활용한 상용 플러그인) (Unreal Engine) 등이 있습니다. (GitHub) 이들 플러그인의 공통적인 한계는 노드 연결 문제와 실행 취소/재실행 기능 부재입니다. (github)

### 프로시저럴 콘텐츠 생성(PCG) 기술의 진화

언리얼 엔진 5.2 이상 버전의 **내장 PCG 프레임워크**는 게임 자동 생성의 핵심 기반을 제공합니다. (ArXiv) (Promptlayer) Houdini의 어트리뷰트 시스템과 유사한 노드 기반 프레임워크로, 런타임 컴포넌트를 통한 실시간 생성, 행성 전체부터 세밀한 이끼 성장까지 다중 스케일 생성 능력, 내장 LOD 및 컬링 시스템을 통한 성능 최적화를 특징으로 합니다. (Interactiveimmersive +2)

AI 강화 PCG 시스템으로는 **WaveFunctionCollapse 구현체**가 주목받고 있습니다. UE5용 상용 플러그인으로 제공되며, C++ 지식 없이도 블루프린트 기반으로 사용 가능합니다. 3D 환경, 건물, 섬, 방 등을 생성할 수 있으며 타일셋 기반 생성과 통합됩니다. (GitHub +5)

### AI 기반 레벨 디자인 도구의 상용화

**Promethean AI**는 PlayStation Studios에서 사용되고 Disney Accelerator의 지원을 받는 업계 표준 도구로 자리잡았습니다. (prometheanai +2) 지능형 에셋 배치, 맥락적 오브젝트 관계 설정, 자동화된 씬 포플레이션을 제공하며, 언리얼 엔진 플러그인으로 제공되어 클라우드 기반 에셋 관리와 통합됩니다. (VentureBeat) "침실을 만들어줘", "책상을 추가해"와 같은 자연어 명령으로 환경을 생성할 수 있습니다. (80 +2)

**Inworld AI Character Engine**은 NetEase Games, Niantic 등에서 실제 배포되어 검증된 솔루션입니다.

(VentureBeat +3) 스크립트 없는 대화, 감정 지능과 메모리 시스템, 음성 대 음성 커뮤니케이션, MetaHuman 호환성

을 특징으로 합니다. (Unreal Engine) 조사에 따르면 99%의 게이머가 AI NPC가 게임플레이를 향상시킨다고 믿으며, 78%가 더 많은 시간을 플레이할 의향이 있다고 응답했습니다. (Inworld +3)

## 텍스트-투-3D 및 코드 생성 기술

현재 텍스트-투-3D 모델들은 직접적인 언리얼 통합이 제한적이며 수동 임포트 워크플로우가 필요합니다.

**OpenAI Point-E**(13초 생성 시간), **OpenAI Shap-E**(텍스처된 3D 메시 생성), **DreamFusion/Stable-DreamFusion**(고품질 NeRF 기반 3D 생성, 12시간 이상 소요) 등이 있습니다. (THE DECODER)

코드 생성 분야에서는 **Claude 3.7 Sonnet**이 확장된 사교 모드로 복잡한 게임 개발 작업에서 탁월한 성능을 보입니다. (Anthropic) **GitHub Copilot**은 언리얼 엔진 지원과 함께 Visual Studio 통합을 제공하며, (Microsoft) **GPT-4 모델**들은 강력한 C++ 및 블루프린트 생성 능력을 보여줍니다.

## 개발이 필요한 핵심 기술

### LLM-언리얼 엔진 인터페이스 브릿지

현재 가장 시급한 기술적 과제는 **실시간 양방향 통신 프로토콜**의 부재입니다. UnrealMCP와 InworldAI 같은 현재 통합은 Node.js 스크립트, DLL 오류 등 복잡한 우회 방법을 필요로 합니다. (Jgibbs) (GitHub) 언리얼의 Neural Network Engine(NNE)은 2GB ONNX 파일 제한이 있어 대규모 모델 배포가 불가능하며, 외부 데이터 파일 처리와 스트리밍 메커니즘이 필요합니다. (Unrealengine) (Zilliz)

**메모리 효율적 모델 로딩, 네이티브 블루프린트 통합, 저지연 추론 파이프라인**(현재 2-3초 응답 시간을 100ms 이하로 단축 필요)이 핵심 개발 영역입니다. (VentureBeat +2) 또한 게임 상태가 LLM 컨텍스트 윈도우(일반적으로 32K-128K 토큰)를 초과할 때를 위한 동적 메모리 관리 시스템이 필요합니다. (InfoWorld) (Deeplearning)

### 프롬프트를 게임 로직으로 변환하는 파이프라인

**게임 특화 시맨틱 파싱**이 핵심 과제입니다. 현재 시맨틱 파싱 연구는 일반 도메인에 집중되어 있으나, 게임 메커니즘은 특수한 어휘와 규칙 이해를 요구합니다. (ArXiv) 자연어 설명을 특정 언리얼 엔진 컴포넌트 작업(이동, 전투, 상호작용 시스템)으로 변환하는 의도 분류 프레임워크가 부재합니다. (ArXiv) (Zenva)

**게임 메커니즘 중간 언어**의 개발이 필요합니다. 이는 퀘스트, 캐릭터 능력, 레벨 진행 등 게임 개념을 인간이 읽을 수 있으면서도 기계가 실행 가능한 형식으로 표현해야 합니다. 자연어 설명을 언리얼 블루프린트 비주얼 스크립트로 변환하는 견고한 시스템과 생성된 게임 규칙이 내부적으로 일관되고 균형잡혀 있는지 자동 검증하는 시스템이 필요합니다.

### 3D 공간 이해와 레벨 디자인 번역 시스템

현재 LLM들은 **3D 공간 추론 작업에서 심각한 약점**을 보입니다. 기본적인 정신적 회전과 공간 관계 이해에 실패하며, 절차적 레벨 생성은 존재하지만 서사나 게임플레이 설명에 기반한 LLM 지시 공간 배치는 대부분 미해결 상태입니다. (Towards Data Science) (ArXiv)

**환경적 스토리텔링 구현**을 위해서는 환경 세부사항이 LLM이 생성한 서사 요소를 지원하고 강화하도록 보장하는 프레임워크가 필요합니다. 또한 LLM 생성 환경 전반에 걸쳐 시각적 및 공간적 분위기 일관성을 유지하는 시스템과 서사와 게임플레이 요구사항을 모두 지원하는 상호작용 요소 배치를 위한 지능형 시스템이 부재합니다.

## 게임 밸런싱과 플레이어빌리티 검증 시스템

**자동화된 플레이테스팅 인프라**의 한계가 명확합니다. 현재 자동화된 플레이테스팅은 기본적인 경로찾기와 상호 작용에 집중되어 있으나, 다양한 플레이 스타일과 엣지 케이스를 테스트할 수 있는 AI 에이전트가 필요합니다. (Gct-solution) 시각, 오디오, 메커니컬 게임 측면 전반에 걸쳐 LLM 생성 콘텐츠를 검증하는 포괄적 테스트가 부재합니다. (Modl +6)

**동적 밸런스 검증**을 위해 LLM 생성 콘텐츠가 게임플레이 불균형을 만들 때 이를 감지하고 수정을 제안하는 실시간 밸런스 모니터링 시스템이 필요합니다. LLM 생성 콘텐츠가 실제 플레이어 행동과 참여에 어떤 영향을 미칠지 예측하는 능력이 제한적이며, 적절한 난이도 진행을 보장하는 자동화 시스템이 없습니다.

## 이상적인 개발 환경 구성

### 하드웨어 사양

**LLM 추론용 GPU**는 7B 파라미터 모델을 위해 최소 NVIDIA RTX 4080/4090(16GB+ VRAM)이 필요하며, 프로덕션 워크로드를 위해서는 NVIDIA RTX 6000 Ada(48GB VRAM) 또는 A100(40GB/80GB)을 권장합니다.

(Bizon-tech) (Hyperstack) 엔터프라이즈 환경에서는 70B+ 파라미터 모델과 고처리량 추론을 위해 NVIDIA H100(80GB)이 필요합니다. (Atag-dev) (Hyperstack) 대략적으로 전체 정밀도(FP16) 기준 1B 파라미터당 16GB VRAM, 양자화 적용 시 4-8GB로 감소합니다. (RunPod Blog)

**메모리와 스토리지**는 개발용으로 128GB DDR4-3200 최소, 대규모 프로젝트를 위해 256GB를 권장합니다.

(Epic Games) (Unrealengine) LLM 서빙을 위해 추가 32-64GB가 필요하며, OS/애플리케이션용 1TB+ NVMe SSD, 활성 프로젝트용 4TB+ RAID 0 NVMe 어레이, 완료된 프로젝트와 백업용 10TB+ 엔터프라이즈 HDD가 필요합니다. (Epic Games)

### 소프트웨어 스택

**운영체제**는 하드웨어 레이트레이싱을 위해 Windows 10/11(버전 2004+)을 주로 권장하며, 서버 인프라를 위해서는 Ubuntu 20.04 LTS를 대안으로 사용할 수 있습니다. (Unrealengine) **엔리얼 엔진**은 5.4+ 최신 안정 버전에서 Nanite, Lumen, Chaos Physics를 활성화하고 DirectX 12를 사용해야 합니다. (Epic Games +2)

**LLM 호스팅**은 로컬 배포를 위해 Ollama(간소화된 로컬 모델 관리), vLLM(연속 배치를 통한 고성능 추론), Text Generation Inference(OpenAI 호환 API를 갖춘 프로덕션 준비 서빙)를 사용합니다. (Modular) (Spheron's Blog) 클라우드 솔루션으로는 NVIDIA NeMo, Google Cloud Vertex AI, AWS SageMaker, Azure OpenAI 등이 있습니다.

### 개발 톨체인과 CI/CD

**통합 개발 환경**은 Visual Studio 2022 Professional/Enterprise를 주로 사용하며, IntelliSense, Build Insights, 통합 디버깅 기능을 활용합니다. AI 생성 코드를 위한 디버깅 도구로는 PVS-Studio(고급 정적 코드 분석), SonarQube(코드 품질 및 보안 분석), Visual Studio Debugger(AI 코드 주석과 함께 단계별 디버깅)를 사용합니다. (TestingXperts)

**CI/CD 파이프라인**은 Jenkins 또는 TeamCity를 코어 인프라로 사용하며, Docker 컨테이너로 일관된 빌드 환경을 구축합니다. AI 생성 레벨을 테스트하는 자동화된 플레이테스팅, FPS와 리소스 사용량 검증을 위한 성능 벤치마

킹, 손상되거나 유효하지 않은 에셋에 대한 자동 검사를 포함합니다. (Gct-solution)

## 버전 관리와 협업 시스템

**하이브리드 접근법**을 권장합니다. 소스 코드는 표준 브랜칭 전략과 함께 Git을 사용하고, 바이너리 에셋, 텍스처, 모델, 오디오는 Perforce를 사용합니다. AI 출력물은 메타데이터와 함께 특수 버전 관리를 적용하며, AI 모델 파라미터는 Git에서 YAML/JSON 설정으로 관리합니다.

**협업 도구**로는 Slack/Discord(CI/CD 통합을 갖춘 실시간 팀 커뮤니케이션), Microsoft Teams(Office 365를 통한 엔터프라이즈 협업), Notion/Confluence(프로젝트 문서화 및 지식 베이스)를 사용합니다. 코드 리뷰 프로세스에서는 모든 AI 생성 코드에 대해 필수 인간 승인을 요구하며, 모델 생성 콘텐츠를 위한 전문 리뷰어를 배치합니다.

## 개발 시나리오와 로드맵

### 1단계: 기본 레벨/맵 생성 (1-6개월)

**예산:** 1.5억-3억원

**팀 규모:** 8-12명 (EDIIIE)

**핵심 역량:** 텍스트-투-레벨 생성(언리얼 엔진 PCG 프레임워크 사용), 기본 지형 생성(랜드스케이프, 바이옴, 단순 구조물), 기존 LLM API 통합(GPT-4, Claude 등), 단순 에셋 배치 및 기본 머티리얼 할당, 레벨 스크립팅을 위한 언리얼 블루프린트 생성

**성공 지표:** 텍스트 프롬프트의 80%에서 플레이 가능한 레벨 생성, 레벨 생성 시간 5분 이내, 사용자 만족도 70% 이상

### 2단계: 게임 메커니즘 및 로직 생성 (7-12개월)

**예산:** 2.5억-5억원

**팀 규모:** 12-18명 (EDIIIE)

**핵심 역량:** 게임 메커니즘을 위한 AI 주도 블루프린트 생성, 행동 트리를 사용한 NPC 행동 생성, 기본 물리 및 상호작용 시스템, 간단한 퀘스트/목표 생성, 절차적 조정을 통한 게임 밸런싱

**성공 지표:** 프롬프트의 70%에서 기능적 게임 메커니즘 생성, 자동화된 플레이테스팅 성공률 60% 이상, 수동 스크립팅 시간 50% 감소

### 3단계: 에셋 생성 및 통합 (13-18개월)

**예산:** 3억-6억원

**팀 규모:** 15-25명 (EDIIIE)

**핵심 역량:** AI 생성 3D 모델 및 텍스처, 절차적 애니메이션 시스템, 오디오 생성 및 구현, 고급 머티리얼 생성, 캐릭터 및 크리처 생성

**성공 지표:** 요청의 60%에 대해 출시 가능한 에셋 생성, 에셋 생성 시간 10분 이내, 사용자 테스트에서 품질 점수 7/10 이상

### 4단계: 전체 게임 생성 파이프라인 (19-24개월)

**예산:** 4억-8억원

**팀 규모:** 20-30명 (EDIIIIE)

**핵심 역량:** 고수준 개념에서 완전한 게임 생성, 다중 시스템 통합 및 최적화, 게임 흐름을 위한 고급 AI 디렉터, 멀티플레이어 기능 생성, 퍼블리싱 파이프라인 자동화

**성공 지표:** 개념 설명에서 완전히 플레이 가능한 게임 생성, 서비스 가용성 95% 가동 시간, 고객 획득 비용 \$500 미만, 생애 가치 \$5,000 이상

## 우선순위별 개발 순서

**최우선순위: 레벨/맵 디자인 자동화**는 공간 개념을 위한 자연어 이해, 컨텍스트 추출 및 파라미터 매핑, 다중 모달 입력 지원(텍스트 + 이미지)을 포함하는 프롬프트 처리 엔진을 1-2개월 내에 구축해야 합니다. 이어서 언리얼 PCG를 위한 커스텀 노드 개발, 일반적인 레벨 유형을 위한 템플릿 라이브러리, 실시간 생성 및 미리보기 시스템을 2-4개월에 걸쳐 구현합니다.

**중간 우선순위: 게임 메커니즘 생성**은 일반적인 게임 메커니즘을 분류하고 템플릿화하는 메커니즘 분류 시스템, 메커니즘을 언리얼 블루프린트로 변환하는 블루프린트 생성 엔진, 메커니즘이 조화롭게 작동하도록 보장하는 통합 테스트, AI 주도 게임 밸런스 최적화를 위한 밸런싱 알고리즘을 포함합니다.

**낮은 우선순위: 에셋 생성 파이프라인**은 초기 에셋 생성을 위한 외부 API 통합, 게임별 에셋 유형을 위한 커스텀 트레이닝, 품질 향상 및 최적화 파이프라인, 버전 관리 및 에셋 관리와의 통합 순서로 구현합니다.

## 기술적 도전과 해결 방안

**환각과 불일치 문제**는 LLM이 불가능하거나 모순된 게임 요소를 생성하는 것으로, 제약 기반 생성과 검증 레이어를 구현하여 해결합니다. (Towards Data Science) 예를 들어 구현 전에 물리 상호작용을 검증하는 규칙 엔진을 사용합니다. (Towards Data Science)

**성능 병목 현상**은 실시간 생성이 프레임 레이트 저하를 일으키는 문제로, 사전 생성과 스트리밍을 활용한 하이브리드 접근법으로 해결합니다. 프레임당 2ms 미만의 생성 오버헤드를 목표로 합니다.

**품질 관리**는 AI 생성 콘텐츠가 세련미와 일관성이 부족한 문제로, 인간 참여 시스템을 갖춘 다단계 검증으로 해결합니다. 임계값 이하 콘텐츠의 자동 거부를 포함한 품질 게이트를 설정합니다.

## 성공 사례와 시장 전망

### 검증된 성공 사례

**Inworld AI**는 VR 오픈월드 게임에서 플레이 시간 5% 증가, 인디 탐정 게임에서 스트리머를 통한 30만 달러 이상의 유기적 홍보, Status 게임에서 95% 이상 비용 절감과 하루 1.5시간 참여를 달성했습니다. (VentureBeat)

(NVIDIA Blog)

**업계 채택률**은 2024년 Unity Gaming Report에 따르면 개발자의 62%가 현재 프로덕션에서 AI 도구를 사용하며, AI 사용 개발자의 71%가 전달 및 운영 개선을 보고했습니다. (Gamedeveloper +2) Bryter Research에 따르면 게이머의 99%가 AI NPC가 게임플레이를 향상시킬 것이라고 믿습니다. (Inworld +2)

## 투자 및 시장 동향

AI 기업들은 2024년 모든 VC 자금의 33%(총 1,200억 달러)를 차지했으며, 게이밍 AI 스타트업들은 상당한 투자를 유치했습니다(Inworld: 1억 2,500만 달러 이상, Scenario: 600만 달러 이상). (Lsvp +3) 수직 AI 애플리케이션에 대한 집중이 증가하고 있습니다.

**2025년 Unity 로드맵**은 4월 Unity 6.1에서 향상된 AI 워크플로우와 에이전틱 AI 도구, 복잡하고 반복적인 작업을 위한 전체 AI 자동화, 타사 GenAI 솔루션 통합을 포함합니다. (Gamedeveloper)

## 결론 및 권장사항

LLM 기반 언리얼 엔진 게임 생성 서비스는 빠르게 성장하는 AI 게이밍 환경에서 중요한 기회를 나타냅니다.

(Market) 현재 기술은 특정 사용 사례에 대해 실현 가능성을 입증했으며, 지속적인 성능 및 비용 효율성 개선이 진행 중입니다. (Inworld +5)

**즉시 실행 가능한 다음 단계**는 상세한 기술 타당성 연구 수행, 레벨 생성을 위한 최소 실행 가능한 프로토타입 개발, 초기 자금 확보 및 핵심 팀 구성, 사용자 연구 및 시장 검증 시작, LLM 프로바이더 및 클라우드 인프라와의 파트너십 구축입니다.

1,840억 달러 규모의 게임 산업과 AI 도구의 증가하는 채택률(2024년 스튜디오의 62%) (Gamedeveloper)은 이 서비스의 강력한 시장 잠재력을 나타냅니다. (CU-CAI +2) 적절한 실행을 통해 이는 전 세계 게임 개발자를 위한 혁신적인 도구가 될 수 있습니다.