Genesis AI 군내 적용 방안 연구

Study on Genesis AI Military Application Strategies

공군 항공우주전투발전단 분석평가센터

이형진 · 문현우 · 정상훈 · 정연우

2025 한국군사과학기술학회 종합학술대회 인공지능·자율 부문

2025 KIMST Annual Conference, AI & Autonomy Session

대한민국공군
REPUBLIC OF KOREA AIR FORCE



서론: Physical AI의 부상

Physical AI의 급속한 중요성 증가 – 물리적 세계를 이해하고 상호작용하는 인공지능 기술

주요 응용 분야
- 로봇공학
- 자율주행
- 가상 시뮬레이션

군사적 의의
- 고정밀 시뮬레이션
- 효율적 훈련 시스템
- 의사결정 지원 체계

강화학습
시행착오를 통한 학습

시뮬레이션 속도
RL 효율성에 직접 영향

본 연구
Genesis AI와 Unity 비교

핵심 과제: 시뮬레이션 속도와 정확성 향상을 통한 군사 분야 강화학습 적용 효율성 제고

배경: 강화학습을 위한 시뮬레이션 엔진

물리 기반 시뮬레이션이란?

가상 환경에서 **물리법칙**을 재현하는 기술

실제 세계의 물리적 상호작용을 컴퓨터로 모델링

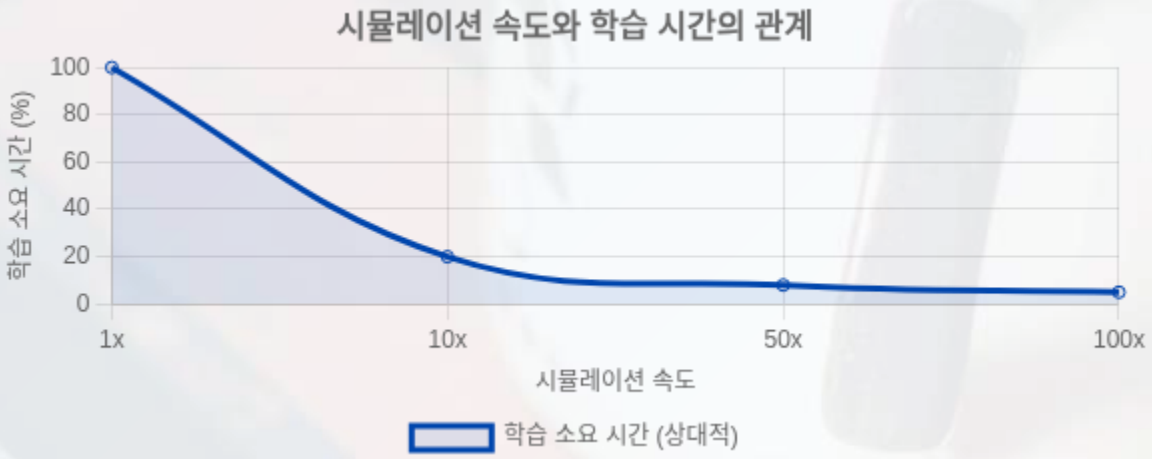
핵심 물리 요소

- 중력 및 관성
- 충돌 감지
- 유체 역학
- 물리적 특성

시뮬레이션 속도가 RL에 미치는 영향

빠른 시뮬레이션 = 더 많은 경험 = 단축된 학습 시간

강화학습은 에이전트의 시행착오 경험에 크게 의존



핵심: 시뮬레이션 속도 향상은 단순한 편의성이 아닌 **강화학습의 실질적 역량 확장**의 핵심 요소

Genesis AI 소개

Genesis AI란?

물리 법칙을 시뮬레이션하기 위한 도구로,
특히 **강화학습 가속화**를 목적으로 설계되었습니다.

핵심 기술 특징

- **다양한 물리 솔버 통합**
  다양한 물리적 현상을 단일 프레임워크에서 처리
- **GPU 가속 및 병렬 처리**
  대규모 병렬 계산으로 시뮬레이션 속도 향상
- **파이썬 기반 구현**
  유연성과 사용성을 높인 파이썬 기반 API

통합된 다양한 물리 솔버

- **강체 역학 솔버**
  (변형되지 않는 물체 시뮬레이션)
- **Material Point Method 솔버**
  (대규모 변형, 고체, 유체 시뮬레이션)
- **Smoothed-Particle Hydrodynamics**
  (유체 역학 시뮬레이션)
- **Finite Element Method**
  (구조 분석 및 변형 가능한 물체)
- **Position Based Dynamics**
  (효율적인 물리 현상 모사)

Unity 엔진 비교

Unity 엔진 특성

게임 및 가상환경 개발용 범용 3D 엔진

NVIDIA PhysX 기반 물리 엔진

PhysX 물리 엔진으로 충돌 감지, 강체 역학, 천 시뮬레이션 등 지원

C# 기반 구현

객체지향 스크립팅 언어로 모놀리식 구조를 통한 개발 가능

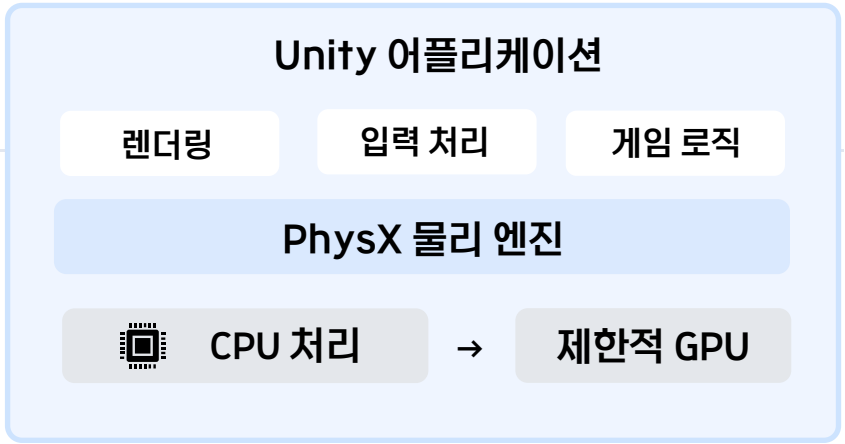
```
using UnityEngine;
public class RigidBodyController : MonoBehaviour {...}
```

주로 CPU 처리 및 제한된 멀티스레딩

물리 계산이 주로 CPU 기반으로 처리되어 병렬화에 제약 존재

- Job System을 통한 제한적 멀티스레딩
- 대규모 병렬 환경에서 성능 저하 발생

Unity 처리 아키텍처



⚠ 대규모 병렬 환경에서 확장성 제한

배치 크기 증가에 따른 성능 저하

512 환경	1024 환경	2048 환경	4096 환경
효율적	성능 저하	급격한 저하	심각한 병목

엔진의 핵심: 물리 솔버의 이해

물리 솔버란?

물리적 법칙에 따라 객체가 어떻게 움직이고 상호작용하는지 시뮬레이션하는 수학적 알고리즘입니다.

중력, 충돌, 변형과 같은 물리적 현상을 모델링하고 계산하여 현실적인 시뮬레이션을 가능하게 합니다.

통합된 솔버의 이점

효율적인 다중 물리 시뮬레이션
여러 물리 현상이 결합된 복잡한 시나리오를 단일 프레임워크에서 효율적으로 처리

상황에 최적화된 솔버 선택
시뮬레이션 조건에 따라 가장 적합한 솔버를 자동으로 선택하거나 조합

병렬 처리 최적화
통합된 구조로 GPU 병렬 처리 효율성 극대화

Genesis AI의 다양한 물리 솔버

rigid_solver.py

강체 역학 솔버로 변형되지 않는 물체의 움직임과 충돌을 시뮬레이션합니다.

- 로봇, 차량 등의 강체 시뮬레이션

mpm_solver.py

Material Point Method 솔버로 대규모 변형, 고체 및 유체를 시뮬레이션합니다.

- 눈, 모래, 점토 등의 입자 시뮬레이션

sph_solver.py

Smoothed-Particle Hydrodynamics 솔버로 유체 역학을 시뮬레이션합니다.

- 물, 연기, 가스 등의 유체 시뮬레이션

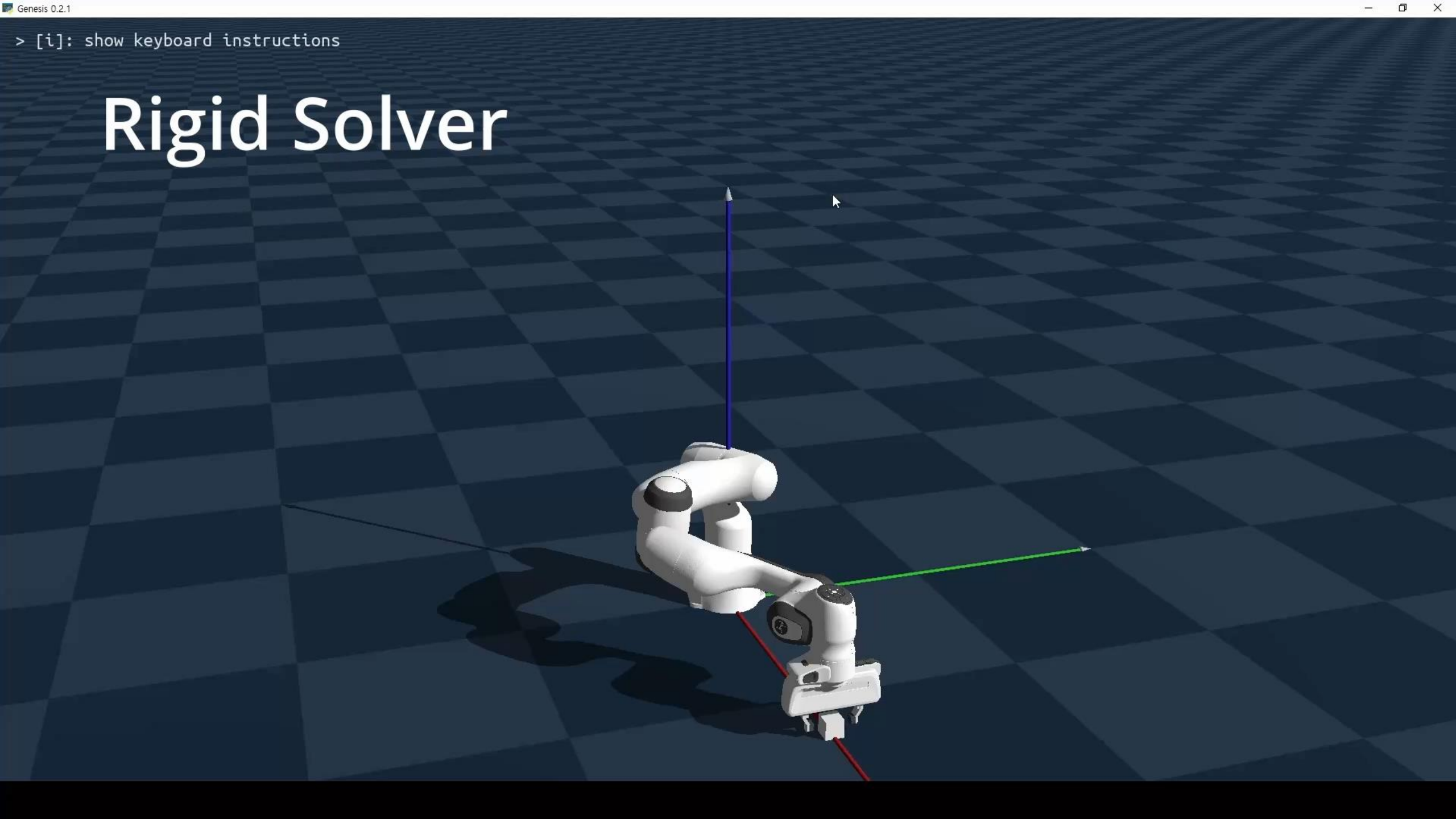
pbd_solver.py

Position Based Dynamics 솔버로 다양한 물리 현상을 효율적으로 시뮬레이션합니다.

- 천, 유체, 입자를 포함한 범용 시뮬레이션

핵심 차별점

Genesis AI는 이러한 다양한 물리 솔버를 **통합된 프레임워크**에서 제공하여 복잡한 다중 물리 시나리오를 더 빠르고 효율적으로 시뮬레이션할 수 있습니다.


Genesis 0.2.1
> [i]: show keyboard instructions
Rigid Solver

엔진의 핵심: 물리 솔버의 이해

물리 솔버란?

물리적 법칙에 따라 객체가 어떻게 움직이고 상호작용하는지 시뮬레이션하는 수학적 알고리즘입니다.

중력, 충돌, 변형과 같은 물리적 현상을 모델링하고 계산하여 현실적인 시뮬레이션을 가능하게 합니다.

통합된 솔버의 이점

효율적인 다중 물리 시뮬레이션
여러 물리 현상이 결합된 복잡한 시나리오를 단일 프레임워크에서 효율적으로 처리

상황에 최적화된 솔버 선택
시뮬레이션 조건에 따라 가장 적합한 솔버를 자동으로 선택하거나 조합

병렬 처리 최적화
통합된 구조로 GPU 병렬 처리 효율성 극대화

Genesis AI의 다양한 물리 솔버

rigid_solver.py

강체 역학 솔버로 변형되지 않는 물체의 움직임과 충돌을 시뮬레이션합니다.

- 로봇, 차량 등의 강체 시뮬레이션

mpm_solver.py

Material Point Method 솔버로 대규모 변형, 고체 및 유체를 시뮬레이션합니다.

- 눈, 모래, 점토 등의 입자 시뮬레이션

sph_solver.py

Smoothed-Particle Hydrodynamics 솔버로 유체 역학을 시뮬레이션합니다.

- 물, 연기, 가스 등의 유체 시뮬레이션

pbd_solver.py

Position Based Dynamics 솔버로 다양한 물리 현상을 효율적으로 시뮬레이션합니다.

- 천, 유체, 입자를 포함한 범용 시뮬레이션

핵심 차별점

Genesis AI는 이러한 다양한 물리 솔버를 **통합된 프레임워크**에서 제공하여 복잡한 다중 물리 시나리오를 더 빠르고 효율적으로 시뮬레이션할 수 있습니다.

아키텍처 및 처리 방식

GPU 가속화 및 병렬 처리

Genesis AI

- Python 기반으로 GPU 가속화를 위해 설계됨
- 수천 개의 병렬 연산 동시 처리 가능
- 여러 환경을 동시에 시뮬레이션하는 강화학습에 최적화

GPU 병렬 처리
수천 개의 코어가 동시에 작업을 처리

VS

Unity

- 주로 CPU 기반 처리
- 제한된 멀티스레딩 기능
- CPU 코어 수의 한계로 병렬 처리 제약

CPU 처리
제한된 수의 코어로 순차적 처리

확장성

Genesis AI: 배치 크기 증가에 따른 선형적 성능 향상

Unity: 배치 크기 증가 시 급격한 성능 저하

핵심 차이점: Genesis AI는 Unity보다 최대 **64배 더 빠른** 시뮬레이션 속도 제공

최적화된 알고리즘

Genesis AI 최적화 기술

- **최적화된 솔버 반복 알고리즘**
  정밀도를 유지하면서 계산 효율성 향상
- **정밀한 충돌 처리**
  효율적인 충돌 감지 및 응답 알고리즘
- **메모리 최적화**
  GPU 메모리 사용 효율화를 통한 병목현상 감소

결과: 속도와 정확성 모두 향상 복잡한 물리 환경에서도 안정적인 성능 유지

실험 설계

실험 목표

Genesis AI와 Unity를 **학습 속도, 확장성, 정확성** 측면에서 비교하여 군사 시뮬레이션 및 강화학습 적용 가능성을 검증

실험 환경

CPU
Intel Core i9 9600K

GPU
NVIDIA RTX A4000

배치 크기

동시에 시뮬레이션되는 병렬 환경 수

512 1024 2048 4096

배치 크기가 클수록 강화학습 학습 효율이 향상됨

테스트 시나리오

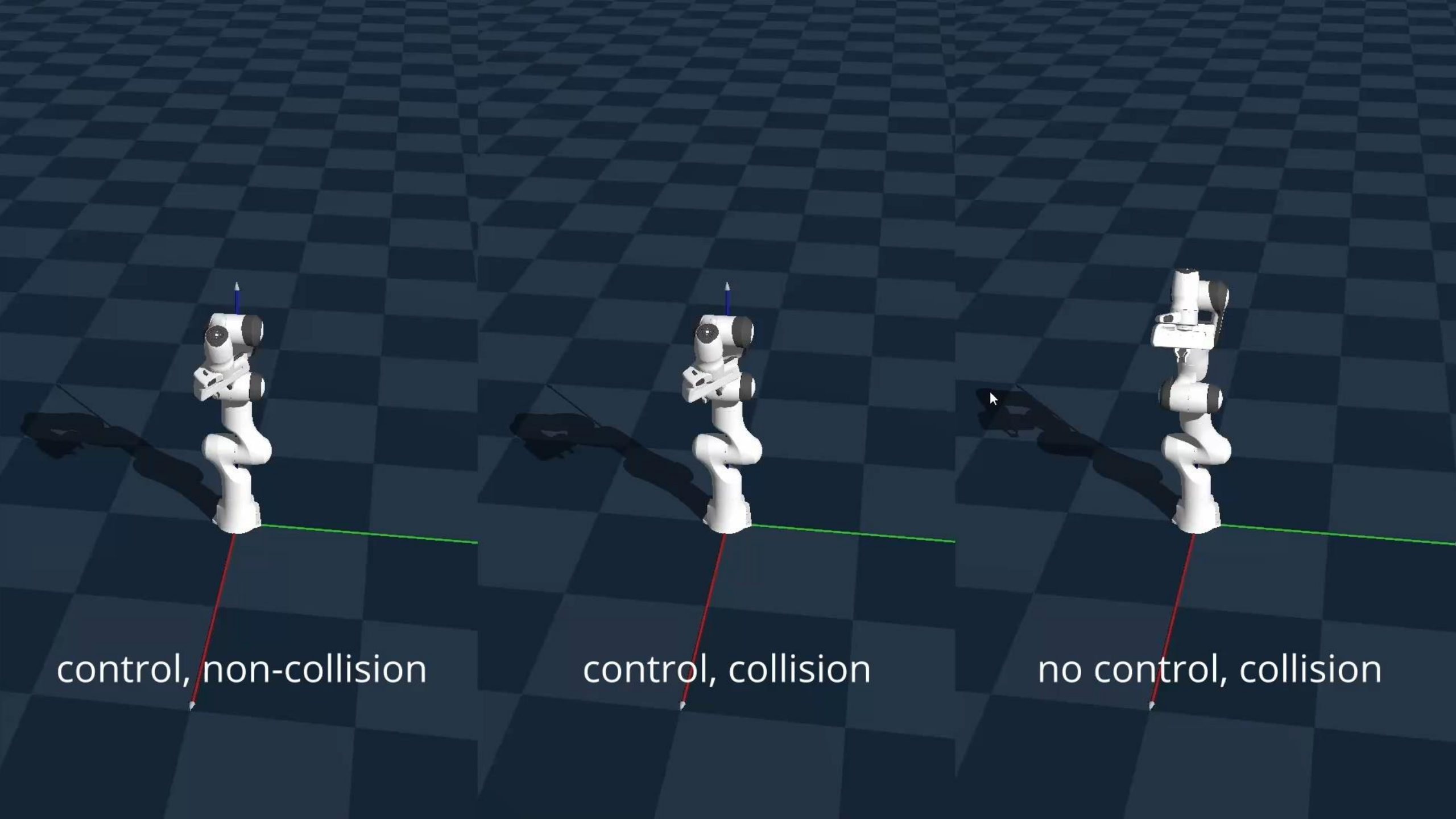
1. **정적 제어, 충돌 비활성화**
   기본 물리 환경에서의 성능 비교 (충돌 계산 없음)
2. **정적 제어, 충돌 활성화**
   충돌 처리가 포함된 물리 환경에서의 성능 비교
3. **제어 없음, 연속 충돌**
   로봇 팔 낙하를 통한 복잡한 충돌 상황에서의 성능 비교

성능 측정 지표

환경당 FPS (프레임률)
각 개별 환경의 시뮬레이션 속도

총 FPS
모든 병렬 환경의 누적 시뮬레이션 속도 (환경당 FPS x 배치 크기)

핵심 비교 포인트: 환경당 FPS가 30 이상의 경우 "학습이 된다."라고 가정하고 배치사이즈가 클수록 강화학습 에이전트가 더 많은 경험을 축적하여 학습 시간이 단축됨


control, non-collision
control, collision
no control, collision

실험 설계

실험 목표

Genesis AI와 Unity를 **학습 속도, 확장성, 정확성** 측면에서 비교하여 군사 시뮬레이션 및 강화학습 적용 가능성을 검증

실험 환경

CPU
Intel Core i9 9600K

GPU
NVIDIA RTX A4000

배치 크기

동시에 시뮬레이션되는 병렬 환경 수

512 1024 2048 4096

배치 크기가 클수록 강화학습 학습 효율이 향상됨

테스트 시나리오

1. **정적 제어, 충돌 비활성화**
   기본 물리 환경에서의 성능 비교 (충돌 계산 없음)
2. **정적 제어, 충돌 활성화**
   충돌 처리가 포함된 물리 환경에서의 성능 비교
3. **제어 없음, 연속 충돌**
   로봇 팔 낙하를 통한 복잡한 충돌 상황에서의 성능 비교

성능 측정 지표

환경당 FPS (프레임률)
각 개별 환경의 시뮬레이션 속도

총 FPS
모든 병렬 환경의 누적 시뮬레이션 속도 (환경당 FPS x 배치 크기)

핵심 비교 포인트: 환경당 FPS가 30 이상의 경우 "학습이 된다."라고 가정하고 배치사이즈가 클수록 강화학습 에이전트가 더 많은 경험을 축적하여 학습 시간이 단축됨

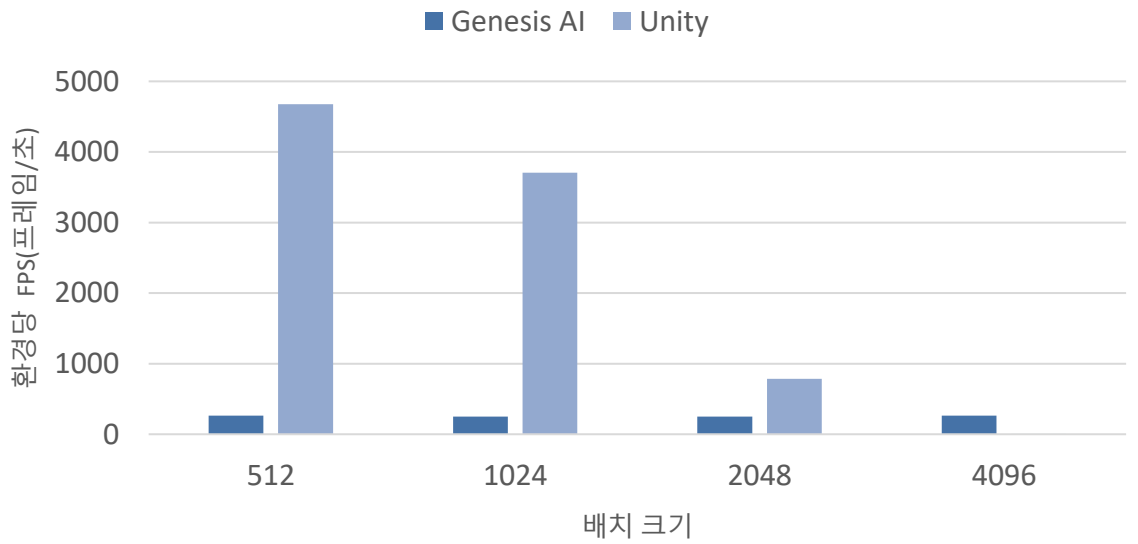
실험 결과 - 학습 속도(정적 제어, 충돌 비활성화)

시나리오 1: 정적 제어, 충돌 비활성화
기본 물리 환경에서 시뮬레이션 엔진의 순수 성능 비교 (충돌 계산 없음)

Table 1: 성능 비교

엔진	배치 크기	환경당 FPS	총 FPS
Genesis AI	512	265.75	136,063
	1024	248.75	254,720
	2048	250.94	513,922
	4096	263.94	**1,081,095**
Unity	512	4676.86	**2,394,551**
	1024	3703.65	3,792,536
	2048	783.86	1,605,353
	4096	3	12,288

배치 크기별 환경당 FPS 비교



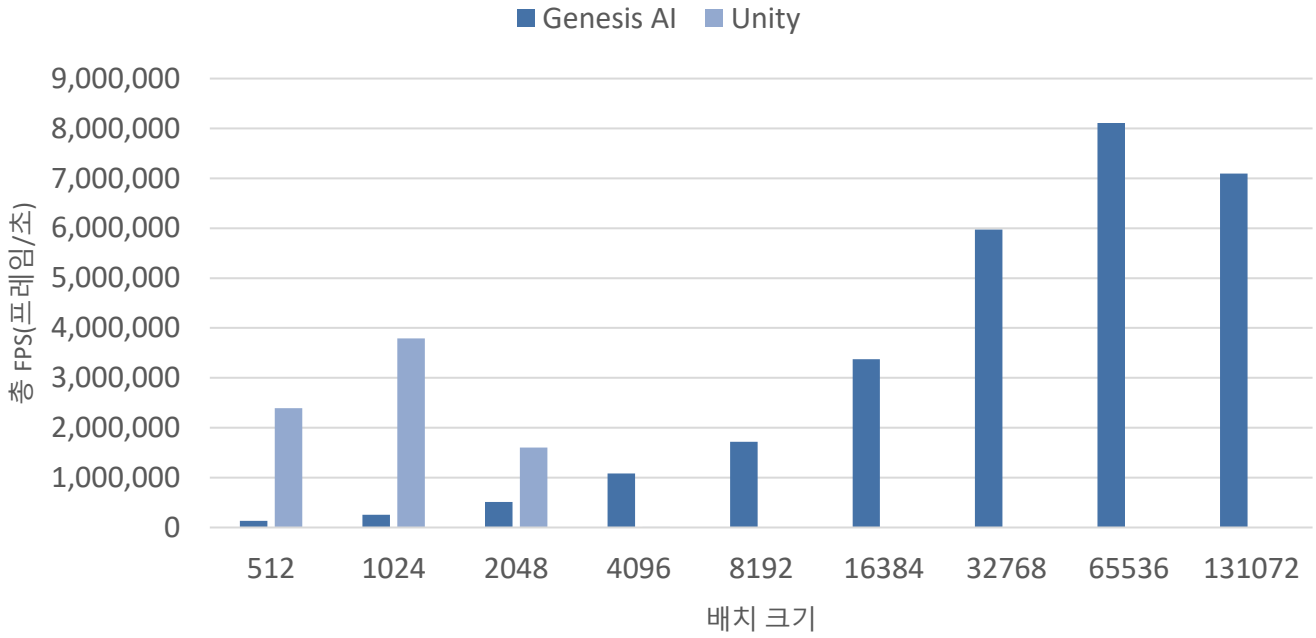
주목할 점: Genesis AI는 4096 배치크기보다 더 확장 가능하며,
Unity는 2048의 배치크기까지 가능

실험 결과 - 학습 속도(정적 제어, 충돌 비활성화)

Table 2: 성능 비교

엔진	배치 크기	환경당 FPS	총 FPS
Genesis AI	2048	250.94	513,922
	4096	263.94	1,081,095
	8192	209.81	1,718,778
	16384	205.77	3,371,408
	32768	182.24	5,971,542
	65536	123.73	8,108,509
	131072	54.11	7,092,692

배치 크기별 총 FPS 비교



핵심 발견점

Genesis AI

- ✓ 배치 크기가 증가해도 **환경당 FPS가 안정적**으로 유지됨 (30FPS 이상)
- ✓ 큰 배치 크기로 **최대 131,072까지 확장 가능**, 높은 확장성 보유
- ✓ 4096 배치 크기에서 Unity보다 **훨씬 안정적인 성능** 유지

Unity

- ⚠ 작은 배치 크기에서 **매우 높은 환경당 FPS** (4676)를 보임
- ⚠ 배치 크기가 증가함에 따라 **환경당 FPS가 급격히 감소** (4676.86 → 3)
- ⚠ 4096 배치 크기에서 **실용적이지 않은 성능** (FPS가 크게 하락)

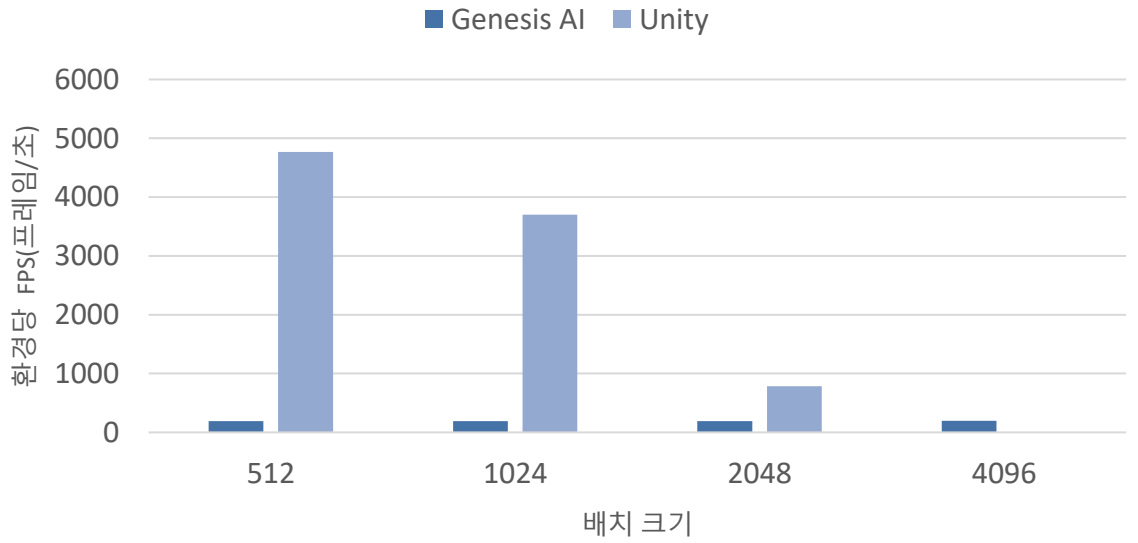
실험 결과 - 학습 속도(정적 제어, 충돌 활성화)

시나리오 2: 정적 제어, 충돌 활성화
충돌 처리가 포함된 물리 환경에서 시뮬레이션 엔진의 성능 비교

Table 3: 성능 비교

엔진	배치 크기	환경당 FPS	총 FPS
Genesis AI	512	190.05	97,305
	1024	191.49	196,084
	2048	191.82	392,851
	4096	194.6	797,093
Unity	512	4765.99	2,440,187
	1024	3700.23	3,789,035
	2048	783.16	1,603,920
	4096	3	12,288

배치 크기별 환경당 FPS 비교



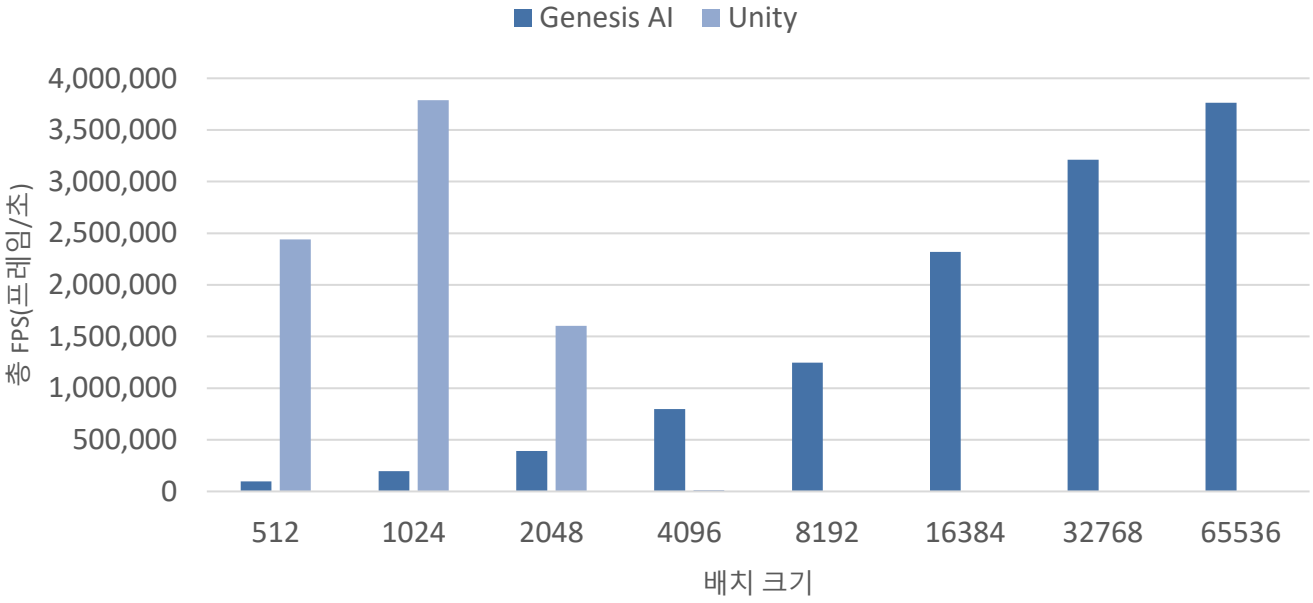
주목할 점: 4096 배치 크기에서 Genesis AI는 실행 가능

실험 결과 - 학습 속도(정적 제어, 충돌 활성화)

Table 4: 성능 비교

엔진	배치 크기	환경당 FPS	총 FPS
Genesis AI	2048	191.82	392,851
	4096	194.6	797,093
	8192	152.29	1,247,538
	16384	141.56	2,319,293
	32768	98.03	3,212,306
	65536	57.44	3,764,195

배치 크기별 총 FPS 비교



충돌 활성화 시 성능 분석

Genesis AI의 특징

- 다양한 충돌 처리에도 **일관된 성능** 유지 (30FPS 이상)
- **대규모 배치에서 확장성 우수** (65536 배치까지 테스트 가능)
- 최적화된 충돌 감지 알고리즘을 통한 **효율적인 물리 연산**

Unity의 한계점

- 배치 크기 증가에 따른 **성능 저하가 더욱 심화**
- 4096 배치 크기에서 **환경당 FPS가 단 3으로 급감** (실용적 활용 불가)
- 충돌 연산이 CPU에 과도한 부하를 발생시켜 **병목 현상 발생**

충돌 처리가 필요한 복잡한 시뮬레이션에서 Genesis AI는 Unity보다 훨씬 우수한 성능과 확장성을 제공합니다

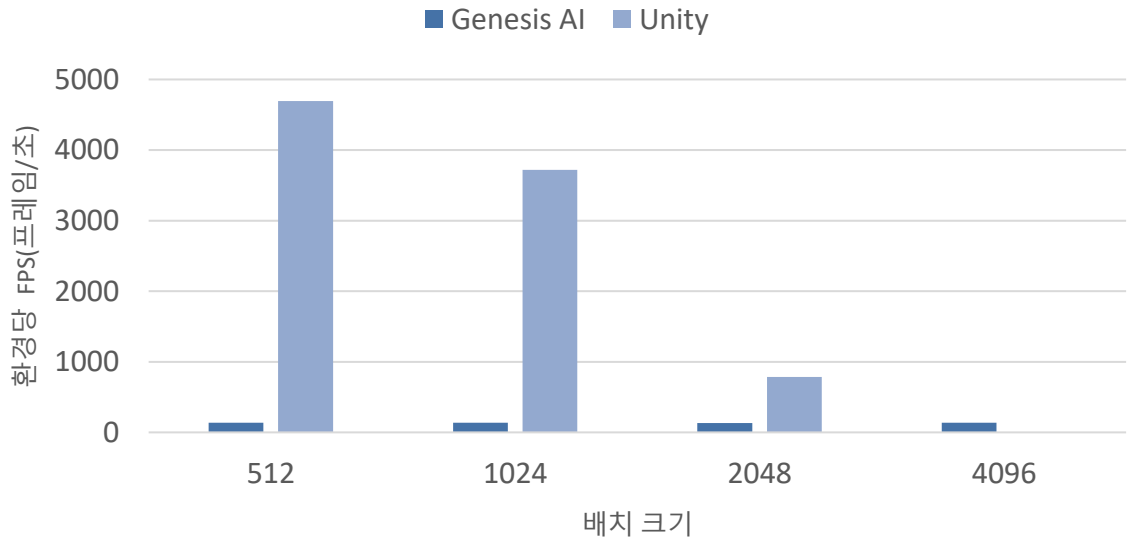
실험 결과 - 학습 속도(연속 충돌)

시나리오 3: 제어 없음, 바닥과의 연속 충돌
로봇 팔이 떨어지는 등 지속적인 물리적 충돌이 발생하는 복잡한 시나리오에서의 성능 비교

Table 5: 성능 비교

엔진	배치 크기	환경당 FPS	총 FPS
Genesis AI	512	137.76	70,533
	1024	136.33	139,605
	2048	134.55	275,560
	4096	135	**552,960**
Unity	512	4696.27	2,404,488
	1024	3720.8	3,810,101
	2048	786.45	1,610,646
	4096	3	12,288

배치 크기별 환경당 FPS 비교



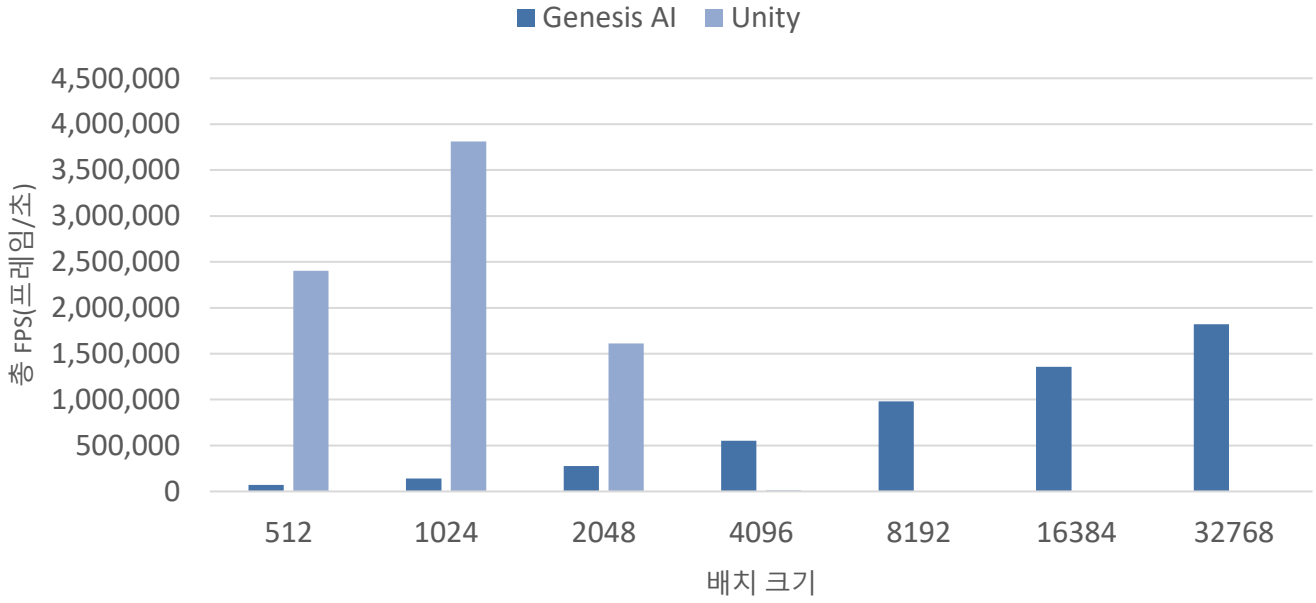
주목할 점: 4096 배치 크기에서 Genesis AI 실행 가능

실험 결과 - 학습 속도(연속 충돌)

Table 6: 성능 비교

엔진	배치 크기	환경당 FPS	총 FPS
Genesis AI	2048	134.55	275,559
	4096	135	552,960
	8192	119.68	980,402
	16384	82.79	1,356,449
	32768	27.77	1,820,200

배치 크기별 총 FPS 비교



연속 충돌 시 성능 분석

Genesis AI의 특징

- 복잡한 연속 충돌에도 **안정적인 FPS 유지**
- 최대 16,384 배치 크기까지 **확장 가능**
- 최적화된 충돌 감지 알고리즘을 통한 **효율적인 물리 연산**

Unity의 한계점

- 배치 크기 증가에 따른 **급격한 환경당 FPS 감소** (4696→3)
- 4096 배치 크기에서 **급격히 낮은 성능** (총 FPS 12,288)
- 4096 이상의 배치 크기에서는 **측정 불가능한 수준**으로 성능 하락

복잡한 물리 시뮬레이션에서 Genesis AI는 우수한 물리 솔버와 병렬 처리 능력으로 안정적인 성능을 제공하며, 대규모 배치 크기에서도 높은 확장성 유지

실험 결과 요약 - 속도 및 확장성

전체 속도 증가

테스트된 시나리오에서 Genesis AI는 Unity 대비 최대 **64x** 빠른 시뮬레이션 속도

확장성 비교

Genesis AI
GPU 병렬 처리로 인한 우수한 확장성

Unity
병렬성 증가에 따른 성능 병목 현상

물리 시뮬레이션 정확도

Genesis AI

- 다양한 최적화 솔버
- 정밀한 충돌 알고리즘
- 통합된 다물리 프레임워크

정확도 향상 요인

다양한 물리 솔버
rigid, MPM, SPH, FEM, PBD 등

최적화된 알고리즘
정밀한 충돌 감지 및 처리

실험 시나리오별 성능 요약 (환경당 30FPS 이상)

정적 제어, 충돌 비활성화

	배치크기 비교
Genesis AI	131,072
Unity	2,048

↑ 64배 향상

정적 제어, 충돌 활성화

	배치크기 비교
Genesis AI	65,536
Unity	2,048

↑ 32배 향상

연속 충돌

	배치크기 비교
Genesis AI	16,384
Unity	2,048

↑ 8배 향상

Genesis AI는 속도, 확장성, 물리 시뮬레이션 정확도 모든 측면에서 Unity보다 우수한 성능을 제공합니다.

군사적 적용 가능성 - 플랫폼 대체

플랫폼 대체 기회

기존 군사 강화학습(RL) 프로젝트에서 사용하던 플랫폼을 Genesis AI로 대체

플랫폼 대체 효과



기존 플랫폼 한계점

- 느린 시뮬레이션 속도로 인한 학습 지연
- 복잡한 시나리오 처리 능력 제한
- 대규모 병렬 훈련 시 성능 저하

Genesis AI 플랫폼 대체 이점

학습 가속화

64x

빠른 학습 속도

최대 64배 빠른 시뮬레이션으로 강화학습 모델의 훈련 시간 대폭 단축

연구 기간 단축

효율성 증가

신속한 실험과 반복 학습으로 군사 연구 개발 사이클 단축

시나리오 다양화

복잡성 해소

다양하고 복잡한 군사 시나리오 시뮬레이션 및 검증 가능

군사 적용 분야

- 무인기/드론 작전 최적화
- 공격 우선 순위 학습
- 전장 상황 인식 훈련
- 지휘통제 의사결정 지원

Genesis AI를 적용하면 군사 분야 강화학습 프로젝트의 효율성과 성능을 획기적으로 향상시킬 수 있습니다.

군사적 적용 예시 - 공군기지 드론 운용

공군기지 활주로 포장 보수를 위한 드론 운영 시나리오

활주로 손상 탐지, 경로 계획 및 자동 보수를 위한 다중 드론 시스템의 강화학습 기반 최적화

시나리오 구현



공군기지 활주로 시뮬레이션

주요 시뮬레이션 요소

- 활주로 다양한 손상 패턴 (균열, 함몰, 파편)
- 기상 조건 변화 (바람, 온도, 강수)
- 다중 드론 협업 시뮬레이션

Genesis AI의 역할

다양한 환경 조건 시뮬레이션

가속화된 물리 기반 시뮬레이션으로 수천 가지 환경 조건에서 드론 운영 학습

강화학습 최적화 프로세스

손상 스캔

최적의 스캐닝 패턴 학습, 손상 탐지 정확도 향상

→ **보수 경로 계획**

복수 드론 간 효율적 작업 분배 및 경로 최적화

결론

주요 발견 1: 시뮬레이션 속도

Genesis AI는 Unity에 비해 최대 **64배** 더 빠른 시뮬레이션 속도를 제공합니다.

테스트 시나리오 결과:

- 정적 제어, 충돌 비활성화: 64배 속도 향상
- 정적 제어, 충돌 활성화: 32배 속도 향상
- 연속 충돌: 8배 속도 향상

주요 발견 2: 확장성 및 정확도

Genesis AI는 뛰어난 확장성과 물리 시뮬레이션 정확도를 제공합니다.

우수한 확장성

GPU 병렬 처리를 효율적으로 활용하여 배치 크기 증가에도 성능 유지

높은 정확도

다양하고 최적화된 물리 솔버와 정밀한 충돌 알고리즘 제공

Unity 대비 확장성
최대 배치 크기에서 안정적 성능

물리 시뮬레이션 정확도
다중 물리 현상 통합 시뮬레이션

함의: 군사 분야 강화학습 응용에 대한 이점

빠른 모델 개발

시뮬레이션 속도 향상으로 강화학습 모델의 개발 및 검증 시간을 대폭 단축

복잡한 시나리오

다양한 물리 솔버를 통해 복잡한 군사 환경 및 상호작용 시뮬레이션 가능

국방력 향상

최적화된 강화학습 모델 개발을 통해 자율 시스템 성능과 군사적 의사결정 지원 개선

Genesis AI의 성능 우위는 군사 강화학습 응용 프로그램의 효율성과 효과를 크게 향상시킬수 있습니다.

Q&A / 감사합니다

감사합니다

Questions?

연락처

이메일(이형진)
e93052080@gmail.com

소속
공군 항공우주전투발전단 분석평가센터

주요 참고문헌

Genesis AI GitHub
물리 기반 시뮬레이션을 위한 오픈소스 프레임 워크

Unity ML-Agents
Unity 환경 내에서 강화학습을 위한 도구킷

질문과 의견을 환영합니다