

A Study on Collision Simulation in Gas, Liquid and Weightless Environment Using Calculus Technique

:Development and Application of Calculus Algorithm for Realistic Physical Collision Simulation

미적분 기법을 활용한 기체, 액체 및 무중력 환경에서의 충돌 시뮬레이션 연구
:현실적인 물리적 충돌 시뮬레이션을 위한 미적분 알고리즘의 개발과 활용

윤예원
폴리텍대학교 진주캠퍼스 AI소프트웨어과

요약

본 논문은 보다 현실적인 시뮬레이션을 제공하기 위한 연구입니다. 다양한 환경과 다양한 물질의 충돌 상황을 더 현실적으로 반영하는 알고리즘 개발을 목적으로 합니다.

I 연구 배경

게임, 시뮬레이션 및 컴퓨터 그래픽스 분야에서 물리적 충돌 시뮬레이션은 현실감 있는 시각적 효과를 제공하기 위해 매우 중요합니다. 기체, 액체 및 무중력 환경에서의 충돌은 다양한 물리적 법칙과 동작을 고려해야 하기 때문에 정교한 수학적 기법이 필요합니다. 이러한 기법 중에서도 미적분을 활용한 충돌 시뮬레이션 연구는 현실적인 동작을 재현하는 데 큰 역할을 합니다.

II 연구 목적

본 논문은 미적분 기법을 활용하여 기체, 액체 및 무중력 환경에서의 충돌 시뮬레이션에 대한 연구를 목표로 합니다. 실제 물리 현상을 모델링하고 미적분을 통해 정교한 충돌 감지 및 반응 알고리즘을 개발하고 제안합니다. 이를 통해 현실적인 시뮬레이션 환경에서의 물리적 충돌을 더욱 효과적으로 구현하고자 합니다.

III 연구 방법

i 기체, 액체 및 무중력 환경에서의 충돌

시뮬레이션을 위한 미적분 알고리즘 분석

ii 수치적 미적분 기법의 적용과 정확도 평가

iii 실제 시나리오에 대한 미적분 기반 충돌 시뮬레이션 결과 및 비교 분석

iv 반복 및 시뮬레이션 업데이트:

a. 충돌 후 물체들의 최종 속도를 계산한 후, 시뮬레이션의 다음 단계로 진행합니다.

b. 물체들의 위치와 속도를 업데이트하고, 다음 충돌 감지와 반응을 위해 준비합니다.

c. 원하는 시간 동안 시뮬레이션을 반복적으로 수행하여 다양한 충돌 상황을 시뮬레이션합니다.

d. 필요에 따라 추가적인 물리적 효과를 고려할 수 있습니다. 예를 들어, 마찰력, 공기 저항, 중력 등을 고려하여 물체의 운동을 모델링할 수 있습니다.

v 정확성 및 성능 평가:

a. 개발한 충돌 시뮬레이션 알고리즘의 정확성과 성능을 평가합니다.

b. 다양한 시나리오에서 충돌 시뮬레이션을 실행하고, 실제 물리 현상과 비교하여 정확성을 검증합니다.

c. 시뮬레이션의 속도, 안정성, 메모리 사용 등의 성능 측면을 평가하고 최적화 방안을 모색합니다.

vi 활용 가능성 탐구:

a. 개발한 충돌 시뮬레이션 알고리즘의 활용 가능성을 탐구합니다.

b. 게임, 시뮬레이션, 컴퓨터 그래픽스 분야에서의 적용 가능성을 조사하고 제안합니다.

c. 미적분을 활용한 충돌 시뮬레이션의 장점과 한계를 분석하고, 더 나은 시뮬레이션 방법을 모색합니다.

IV 연구 내용

i 미적분의 기본 개념과 물리적 충돌 시뮬레이션에의 적용 방법 소개

ii 기체, 액체 및 무중력 환경에서의 충돌 시뮬레이션을 위한 미적분 알고리즘 분석

iii 수치적 미적분 기법을 활용한 충돌 감지 및 반응 알고리즘 개발

iv 미적분 기법을 통한 다차원 충돌 시뮬레이션의 정확성 및 성능 평가

v 미적분 기법을 활용한 기체, 액체 및 무중력 환경에서의 충돌 시뮬레이션의 활용 가능성 탐구

충돌의 종류	식
질량 충돌	$p = mv$
탄성 충돌	$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$
비탄성 충돌	$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v'$
완전 탄성 충돌	$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$ and $(1/2)m_1v_1^2 + (1/2)m_2v_2^2 = (1/2)m_1v_1'^2 + (1/2)m_2v_2'^2$
부분 탄성 충돌	$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v'$ and $(1/2)m_1v_1^2 + (1/2)m_2v_2^2 > (1/2)(m_1 + m_2)v'^2$

m1: 물체 1의 질량

m2: 물체 2의 질량

v1: 물체 1의 충돌 전 속도

v2: 물체 2의 충돌 전 속도

v1': 물체 1의 충돌 후 속도

v2': 물체 2의 충돌 후 속도

v': 물체들의 결합 후 속도

e: 탄성계수 ($0 \leq e \leq 1$)

환경	식
기체	$p = mv / t$
액체	$p = (m - f)t \times v$
고체	$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2' \times e$

질량(m), 속도(v), 운동량(p), 충돌 시간(t), 탄성계수(e)

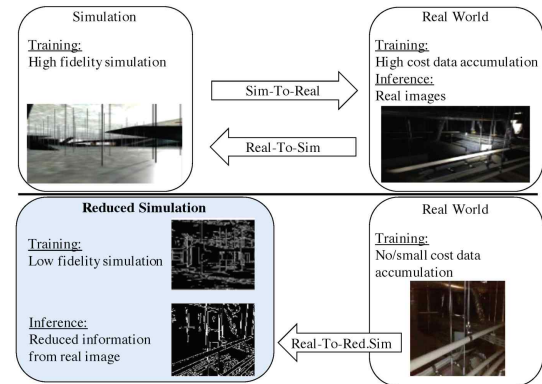


그림 1 시뮬레이션과 실제 충돌 비교

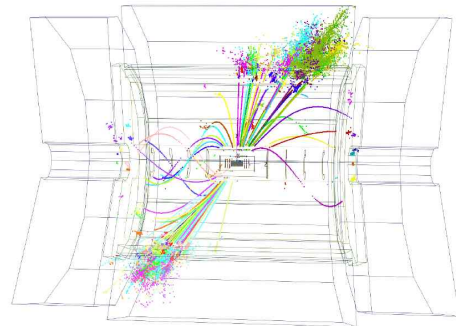


Figure 2: An $e^+e^- \rightarrow t\bar{t} \rightarrow b\bar{b}q\bar{q}$ event at 3 TeV reconstructed in a simulated detector for CLIC. Two jets originating from boosted top quarks are visible in the central part of the detector. A few soft particles from beam-induced backgrounds can be seen close to the beam axis.

그림 2 충돌 시뮬레이션

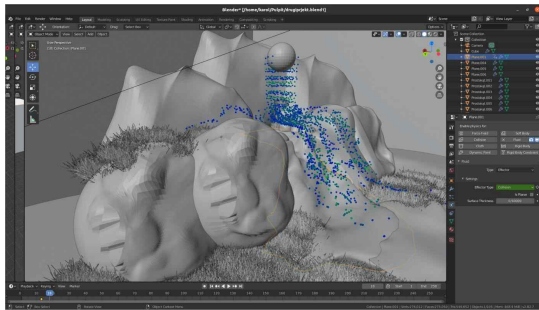


그림 3 물의 낙하 시뮬레이션

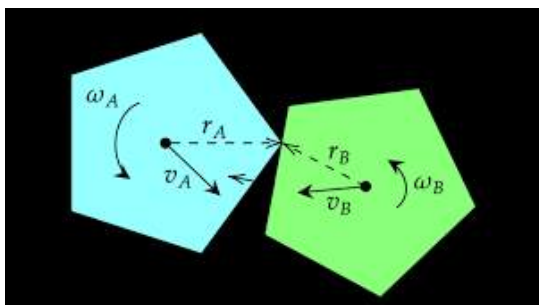


그림 4 충돌 위치에 따른 회전 변화

V 결론 및 기대 효과

본 논문의 연구 결과는 미적분을 활용한 충돌 시뮬레이션 분야에 혁신적인 기여를 할 것으로 기대됩니다. 개발된 미적분 알고리즘은 더 정확하고 현실적인 물리적 충돌 시뮬레이션을 가능하게 하여 게임, 시뮬레이션 및 컴퓨터 그래픽스 분야에서의 사용성을 높일 것입니다. 미적분 기법의 활용은 시뮬레이션의 정확성과 성능을 향상시키며, 다양한 현실적인 시나리오에서의 충돌 시뮬레이션을 보다 효과적으로 구현할 수 있게 될 것입니다.

참고 문헌:

- [1] Bridson, R., & Müller-Fischer, M. (2007). Fluid Simulation for Computer Graphics. AK Peters/CRC Press.
- [2] Teschner, M., Heidelberger, B., Müller, M., & Gross, M. (2003). Optimized s

patial hashing for collision detection of deformable objects. ACM Transactions on Graphics (TOG), 22(3), 469–476.

[3] Nguyen, T., Zhou, K., James, D.

L., & Turk, G. (2008). Predictive–corrective incompressible SPH. ACM Transactions on Graphics (TOG), 27(3), 40