

동적으로 움직이는 시설 및 객체가 포함된 스마트팩토리의 디지털 트윈 구성을 위한 3D Gaussian Splatting 기반 모델링 기술



2025학년도 2학기 SW 캡스톤디자인 경진대회

팀 명 G-Splat

지도교수 김 윤 경 교수님

팀 원

김경문 (IT정보공학과, 4학년), 나회용 (컴퓨터공학과, 4학년), 민병훈 (IT정보공학과, 4학년)

산업체

KETI

개발 동기 및 목적

- 스마트팜 및 스마트팩토리와 같은 산업 환경은 로봇팔, 컨베이어, 작물 등 시간에 따라 변화하는 동적 요소가 많다.
- 하지만 기존 3D 재구성 기술은 대부분 정적 장면에 최적화되어 있어 실제 산업 환경에 적용하기 어렵다.
- 3D Gaussian Splatting을 활용하여 동적 환경을 고정밀, 고속으로 재구성하는 디지털 트윈 모델을 구축하는 것을 목표로 한다.
- 이를 통해 산업 현장의 모니터링, 공정 분석, 작물 생육 등 다양한 분야에서 활용 가능한 실용적 디지털 트윈 기반을 마련하고자 한다.



주요 기술

- 3D Gaussian Splatting (3DGS)
 - 실시간 3D 재구성 및 신규 시점 렌더링 기술
 - 동적 객체 표현을 위해 시간 축 정보를 확장 적용
- 다중 카메라 기반 멀티뷰 영상 수집 및 전처리
 - 카메라 캘리브레이션, 왜곡 보정, 좌표계 정렬
- 동적 장면 파이프라인
 - Gaussian 파라미터 최적화
 - 동작 객체 추적 및 구조 보정
 - 프레임 간 일관성 확보 알고리즘 적용
- 디지털 트윈 시각화 기술
 - 산업 환경을 3D 가상 공간으로 재현하여 실시간 모니터링/분석 가능

개발 내용

- 수직 농장, 생산 공정 환경을 중심으로 로봇팔, 컨베이어 움직임, 작물 변화 등을 포함한 멀티뷰 데이터 수집
- 촬영 영상에 대해 카메라 보정/전처리 → 3DGS 학습 데이터 형식 변환
- 3D Gaussian Splatting 모델을 기반으로
 - 동적 객체가 포함된 장면 재구성
 - 시간 축 변화를 반영한 Gaussian 파라미터 최적화
- 학습된 결과를 시각화하여 실제 장면과 비교
- 재구성 품질 및 처리 속도 분석
- 전체 파이프라인 문서화 및 시연 영상 제작
- 동적 환경 대응을 위한 4DGS 적용

결과 및 분석

- 실제 산업 환경 일부 (컨테이너 팜/생산라인)에 대해 동적 디지털 트윈 시범 구현 성공
- 로봇팔, 컨베이어 등 움직이는 객체의 연속적인 3D 표현이 가능함을 확인
- 동적 장면에서도 안정적인 재현 품질 확보
- 빠른 움직임, 가려짐, 조명 변화에서는 성능 저하가 일부 발생
- 전체적으로 산업 환경 적용 가능성 확인, 향후 고도화 방향 (속도 개선, 더 큰 규모 데이터 반영 등) 도출
- 산업 현장 적용 가능성과 개선 방향 도출
 - 실시간성 향상을 위한 Gaussian 개수 최적화, 대규모 공정 데이터를 위한 파이프 라인 병렬화 등 차기 개발 방향 제시



전북대학교
SW중심대학사업단