

# 환경 및 동적 사물기반의 주행 시뮬레이터 개발

## 연구방법의 창의성

산업환경에서 다양한 상황을 만들어내는 동적사물의 관계를 파라미터화하여, 실환경과 유사한 주행 및 움직임을 표현하는 시뮬레이터 개발

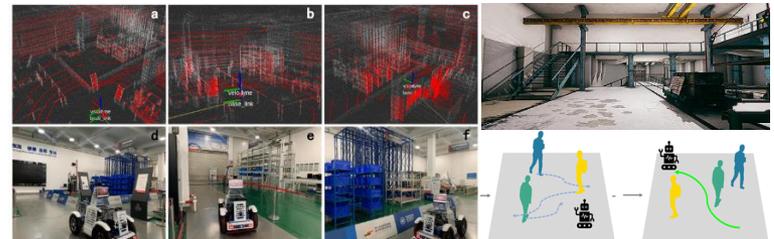
### As - Is

- 동적 사물의 위치 이동은 미리 추출된 좌표 기반의 정형화된 패턴으로 구성
- 하드코딩 방식으로 사물의 동작 프로그래밍 어려움
- 작업자, 지게차 등의 동적 사물의 움직임에 현실성이 부족
- 과장된 시각적 효과로 실재감이 떨어지는 문제점
- 과도한 성능의 연산량 필요 (사양이 높은 수준으로 최소 32GB, GPU 3080 ti 급)



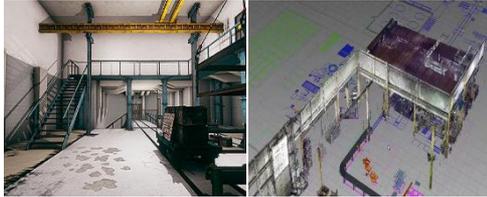
### To - Be

- 보행자, 지게차 조작자의 지능적인 장애물 회피 과정을 파라미터화 및 학습기법으로 추출
- 학습을 이용하여 사물의 움직임, 회피과정의 모션을 자동 생성
- 주행 및 로봇팔, 사물간 관계를 시뮬레이션 가능
- ROS 등 실제 자율주행 로봇과 연계하여 ACS 또는 군집주행 FMS의 테스트 지원
- 렌더링 엔진 외의 모든 기능을 저연산량으로 개발



# 환경 및 동적 사물기반의 주행 시뮬레이터 개발

## 연구개발 내용



3D 렌더링

모션 생성기

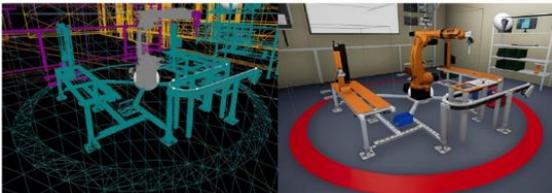
3D 사물 편집기

지능 증강테스트를 위한 태스크 시나리오의 다양성과 재현성을 위해, 동적 사물의 지능 파라미터화를 통한 움직임 생성과 시뮬레이션 환경의 실시간 동적 프로그래밍이 가능한 기능 개발

사양 (단위)	개발 목표사양	비고
환경 및 동적사물 기반의 주행 태스크/사례개발	10건/30건	주행 태스크 시나리오 10개, 다양한 상황 사례 30개 개발
데이터 증강 테스트	99%	실환경 적용이 가능한 수준으로 딥러닝 인식을 99% 이상 목표

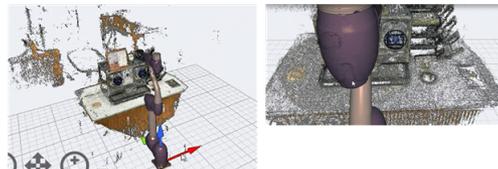
### 지능증강 테스트용의 고성능 시뮬레이터 개발

- 지능증강 태스크 시나리오 10종을 재현 가능한 시뮬레이터 개발
- 파이썬 임베딩을 이용하여, 모든 개체의 실시간 동적 프로그래밍 기능이 가능하도록 구현
- 사실적 렌더링 엔진 사용 예정



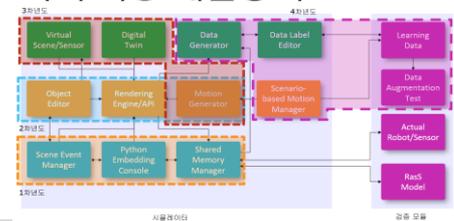
### 실환경 데이터에 기반한 동적 움직임 생성

- 역강화학습, 인공포텐셜함수를 이용한 회피, 딥러닝을 이용하여 보행자, 지게차의 모션 학습
- 파라미터 기반의 모션 생성 기능 개발
- 실환경 RGBD 정보를 이용한 디지털 트윈 합성 기능 개발



### 실환경 연동 기반의 가상 환경 개발

- 로봇정보의 임베딩 및 로봇 ACS 및 FMS의 연동 기능 테스트
- ROS 기능 연계하여 가상 센서, 구동부의 토픽 API 제공
- 시뮬레이터의 환경 정보를 로봇에 전달하여 위치인식, 장애물 회피 기능 개발용이



# 실환경의 태스크 시나리오를 통한 지능증강 테스트

## 연구방법의 창의성

지능증강 결과를 모의실험하기 위한  
가상환경의 태스크 시나리오 구현 및 지능 증강의 선행적 효과성 검증

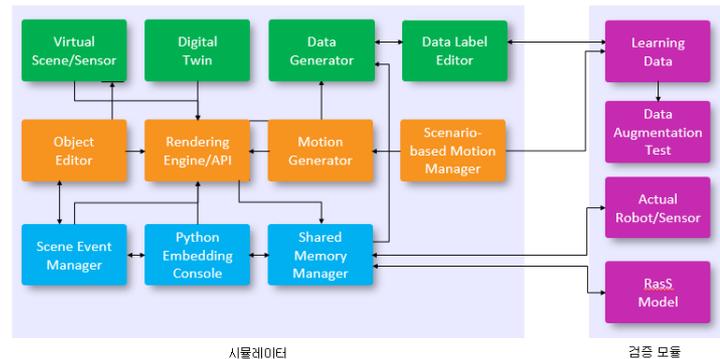
### As - Is

- 기존 시뮬레이터는 움직임을 위치 및 속도 제어에 기반하여 **결과를 단순 재현**하는 방식
- 데이터증강은 별도의 도구를 이용하여 가상 데이터를 활용하기 때문에 **움직임 재현이 단순함**
- 시나리오 개발이 코드레벨의 레거시 형태로 구성되어 **다양성 확보가 어려움**
- 시나리오별 지능증강을 확인하기 위한 기능이 미비



### To - Be

- **동적 사물의 개별적 지능**을 통해 태스크 시나리오를 구현하는 방식
- **데이터증강용의 전용 편집기** 및 데이터 수집, 처리 기능을 추가 개발
- **모션 생성기능**으로 위치 기반의 단순 움직임 대체
- 태스크시나리오 10종의 데이터 증강 처리 및 확인



시뮬레이터

검증 모듈

# 실환경의 태스크 시나리오를 통한 지능증강 테스트

## 연구개발 내용



주행  
태스크  
시나리오

데이터  
증강  
테스트

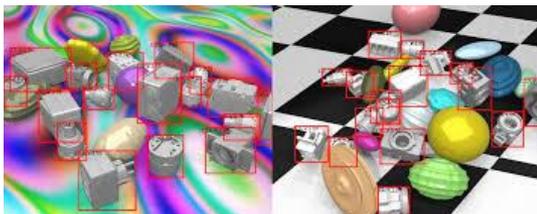
지능  
증강  
테스트

시뮬레이터로 산업환경에서 발생하는 다양한 상황을 구현하고, 가상환경 내에서 취득된 멀티 모달 데이터의 **데이터 증강 테스트** 및 **지능 증강에 따른 태스크 시나리오 수행 및 기능 검증 테스트**

사양 (단위)	개발 목표사양	비고
환경 및 동적사물 기반의 주행 태스크/사례개발	10개/30건	주행 태스크 시나리오 10개, 다양한 상황 사례 30개 개발
데이터 증강 테스트	99%	실환경 적용이 가능한 수준으로 딥러닝 인식을 99% 이상 목표

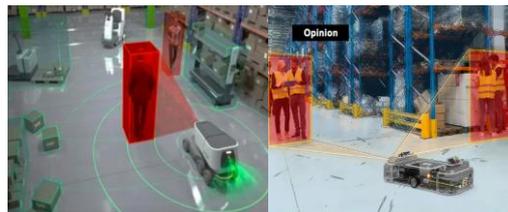
### 가상센서기반의 데이터 추출/증강 테스트

- 가상환경내의 영상, RGBD, 3D Lidar 데이터의 **가상센서 개발**
- 가상센서 데이터의 수집, 레이블링, 처리를 위한 **편집기 개발**
- 사용되는 딥러닝 방법에 수집된 **증강데이터의 활용성 테스트**



### 주행 성능 검증을 위한 태스크 개발

- 산업환경에서 보행자, 지게차, 이종 **로봇에 의한 주행 상황 정의**
- 각 에이전트의 움직임, **파라미터 조절에 따른 다양한 상황**을 재현.
- 상황별 사례 데이터의 추출 및 지능 증강의 효과성 판단에 활용



### 지능 증강에 따른 태스크 시나리오 검증

- 지능 증강의 효용성을 보이기 위한 다양한 **태스크 시나리오별 검증** 과정 필요
- 상황별로 주변 동적 사물의 파라미터 변화를 통해 **지능증강 모듈의 정상 동작** 여부를 검증.



# 정량적 목표항목 및 설정 근거(1/3)

## 정량적 목표 항목

평가항목	단위	세계최고수준 /기업	RFP	최종목표 (4차년도)
1. 데이터 범주화 생성 수	종	-		10
2. PETL 기반 지능 강화 향상율(%)	%	82	★	88
3. AI 프레임워크 지원 수	종	8/AWS		8
4. 학습 파이프라인 구현 AI 모델 수	종	-		13
5. 노코딩 학습 모델 수	종	-		5
6. 학습 속도 향상율	%	-		30
7. 작업당 작업할당 계산시간	초	0.1305		0.125
8. 관제사 작업 부하	점	36.78		35
9. 환경 및동적사물 기반의 주행 태스크/사례개발	건/건	-		10/30
10. 자율주행 데이터증강 및 학습의 적절성	%	-		99
11. 단체 표준(제안/제정)	건/건	-		4/4
12. 국가 표준(제안/제정)	건/건	-		4/2
13. 국제표준(기고서/제안)	건/건	-		6/1

# 정량적 목표항목 및 설정 근거(2/3)

사업계획서  
12~13p

## 목표 설정 근거 및 평가 방법

평가 항목	설정 근거 및 평가 방법
1. 데이터 범주화 생성 수	<ul style="list-style-type: none"><li>- 희귀 사례(Long Tail rare Case, 예: 군중 밀집 혼잡 상황, 협로 주행 시 동적/정적 물체와의 조우 등)에 대한 학습용 상황 데이터 분류의 정확도를 높이기 위해 멀티모달(음성/텍스트/영상) 데이터를 기반으로 LLM을 이용하여 자동 분류하고 신규 범주 생성하는지 확인</li><li>- 2세부의 희귀 사례와 관련하여 예상되는 범주화 반영 가능</li></ul>
2. PETL 기반 지능 강화 향상율(%)	<ul style="list-style-type: none"><li>- CoRL 2023의 세계 최고 수준 연구 기반하여 평가 기준 설계, CARLA 시뮬레이터에서 이미지 기반 실험 환경에서 로봇 주행 성공률 측정</li><li>- 개발 목표치는 미국/UC Berkeley의 ViNT foundation model*을 근거로 설정 * Dhruv Shah, et. al., "ViNT: A Large-Scale, Multi-Task Visual Navigation Backbone with Cross-Robot Generalization", CoRL, 2023</li></ul>
3. AI 프레임워크 지원 수	<ul style="list-style-type: none"><li>- AI 모델 학습에 필요한 다양한 AI 프레임워크(Tensorflow, Pytorch 등) 지원, 세계 수준(AWS/ 8종)에 달하는 목표 설정</li><li>- 운영 및 지능 모델 개발 필요에 따라 다양한 도구를 지원하는지 평가</li></ul>
4. 학습 파이프라인 구현 AI 모델 수	<ul style="list-style-type: none"><li>- 2세부 기술 개발 및 운영이 가능한 모델 수 이상으로 목표 설정</li><li>- 학습 시스템으로 수행할 수 있는 학습·평가 파이프라인을 구현하여 다양한 학습 모델을 지원하는지 평가</li></ul>
5. 노코딩 학습 모델 수	<ul style="list-style-type: none"><li>- 비전문가 지원을 위한 노코딩 학습 방식 개발 목표 설정</li><li>- 노코딩 방식으로 학습하는 모델 수를 평가</li></ul>
6. 학습 속도 향상율	<ul style="list-style-type: none"><li>- 학습 시스템이 지원하는 학습 속도에 대한 향상 목표 설정</li><li>- 모델의 크기, 데이터 특성, HW의 성능에 따라 달라지므로 동일한 HW에 대해 동일한 모델에 대한 학습을 수행하여 평가</li></ul>

# 정량적 목표항목 및 설정 근거(3/3)

## 목표 설정 근거 및 평가 방법

평가 항목	설정 근거 및 평가 방법
7. 작업당 작업할당 계산시간	<ul style="list-style-type: none"><li>- 작업 할당에 소요된 총 계산 시간을 할당된 전체 작업 수로 나누어 작업당 평균 계산 시간을 측정</li><li>- 세계수준은 작업 당 0.1305초* 소요됨(휴먼팩터 미고려, 데이터 송수신 시간을 제외한 알고리즘 연산 시간)</li><li>* "Scheduling Operator Assistance for Shared Autonomy in Multi-Robot Teams", IEEE CDC, 2022</li></ul>
8. 관제사 작업 부하	<ul style="list-style-type: none"><li>- 작업 수행간 인지적인 작업부하를 주관적으로 평가하는 도구인 NASA-TLX(미국 NASA AMES 센터에서 개발)를 이용하여 관제 작업을 원격으로 수행한 관제사가 작업 수행 완료 후 1분 이내에 mental demand, physical demand, temporal demand, performance, effort, frustration의 6가지 차원에 관련된 설문을 수행함 (0점—최저 수준, 100점—최고 수준)</li><li>- NASA-TLX는 작업자의 인지적 작업부하(workload)를 측정하기 위해 국제적으로 통용되는 평가 방법임</li><li>- 모바일 로봇 주행에 대한 원격 제어 작업에 대해 세계수준은 36.78점*임</li><li>* "Attentiveness Map Estimation for Haptic Teleoperation of Mobile Robot Obstacle Avoidance and Approach", IEEE RA-L, 2024</li></ul>
9. 환경 및 동적사물 기반의 주행 태스크/사례개발	<ul style="list-style-type: none"><li>- 대상 공간의 정적환경 및 보행자, 지게차, 대차 등의 동적사물로 구성된 시나리오를 시뮬레이터 내에 구현한 태스크 및 사례 수</li><li>- 해당 시나리오와 이에 따른 구현 여부를 종합 평가하여 연차별 건수로 표현</li></ul>
10. 자율주행 데이터증강 및 학습의 적절성	<ul style="list-style-type: none"><li>- 영상, 라이다 센서 정보를 시뮬레이터에서 가상으로 추출하고 딥러닝 기반 방법론을 적용하여 인식결과와 인식률을 최종 지표로 표현함.</li><li>- 지능 증강 모듈을 상황별 테스트하여 적용결과 도출</li><li>- 실환경에 적용가능한 딥러닝 기반 인식률을 고려하여 데이터 증강에 의한 통합 인식률을 99%로 선정</li></ul>

- 가상화 기반의 로봇 경로생성, 딥러닝 활용 빈피킹, 중량급 협동로봇, 힘지용 자율주행 연구 수행 중
- 로봇모션 강화학습, 3D 사물 인식이용한 산학 협력 진행 중

## 가상화 기반의 로봇 경로 생성

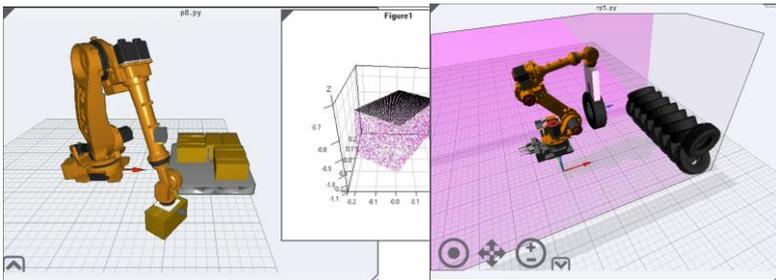
- 로봇팔과 주변 환경의 가상화를 통한 장애물 회피 경로 생성



장애물 회피 경로 생성

차량 자율주행 시뮬레이터

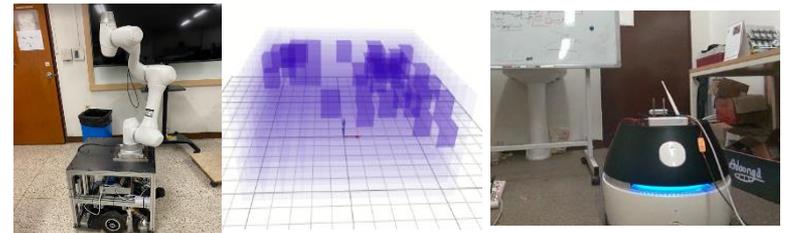
- 실시간 3D 스캐너 활용한 로봇 빈피킹 및 타이어 적재



스캔기반 팔레타이징

타이어 적재 자동화

## 자율주행 관련 기술 보유



모바일 매니플레이터, 로컬 경로플래너 자체 개발



군집 주행용 자율주행 로봇보유

자율주행 SW 자체개발

## 연구 실적 및 수상경력

- 산업부 장관상 (2021)
- KROC 한국로봇종합학술대회 논문상(2016)
- 논문 약 70 여편
- 산학 기술이전 3 건 진행 중

# 국내외 기술동향

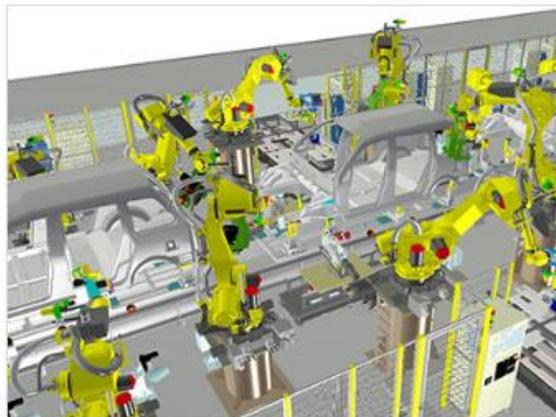
## 로봇 시뮬레이터 관련 기술/기업 동향

### ■ (국내) 가상환경 기반의 공정 솔루션에 한정

- 공정개발을 위한 DMWorks 가 대표적으로 디지털 매뉴팩처링 및 작업환경의 제조용 로봇 시뮬레이션 제공. (주)CMES의 Equal 등 있음.
- 자율주행 환경, 제조용 로봇, 연구 개발용으로 목원대 자체 개발한 loopsys 는, 표준공정 교재, AI로봇 융합 재직자 교육 등에 활용 및 RGBD 데이터의 실시간 디지털 트윈 시스템과 통합됨.

### ■ (국외) 물리/그래픽스 엔진에 기반한 로봇용 가상환경으로 변화 중

- 물리엔진인 Open Dynamics Engine에 기반한 다양한 그래픽스 엔진으로 시작
- NVIDIA의 GPU에 기반한 다양한 시뮬레이션 엔진이 개발. PhysX, OmniVerse, 등의 플랫폼 기술에서 드라이빙, 로봇, 물류환경의 전용 시뮬레이션 환경을 제공하는 방향으로 진행됨.



Dmworks 시뮬레이터



CMES Equal



NVIDIA Isaac Sim