

클라우드소싱 배송을 위한 배송지 고려 적재 최적화

B2 | 김아연 김한탁 류지연 서지윤 오석훈 하지민



CONTENTS

Chapter 1.

프로젝트 개요

- 추진 배경
- 클라우드소싱 배송 기업 사례
- 전기수 및 논문 분석

Chapter 3.

분석 결과

- Object Detection, 강화학습 알고리즘, Unity
- 시연 영상

Chapter 2.

프로세스 소개

- 프로젝트 소개
- 적용 방안
- 프로세스 및 활용 기술

Chapter 4.

결론 및 논의

- 결론 및 기대효과
- 한계점 및 개선 사항

1. 프로젝트 개요

중국 e-커머스(C-커머스)의 공급



- C-커머스(알리익스프레스, 테무, 웨인)가 국내 e-커머스 시장을 위협
- 이에 쿠팡은 3조원 이상을 투자하여 2027년까지 로켓배송(당일/익일 배송) 지역을 전국으로 확장 계획을 발표

국내 e-커머스의 라스트마일 배송 경쟁



- **ラスト마일**: 터미널에서 주문자에게 배송하는 마지막 단계
- 라스트 마일 배송 시장 선점을 두고 업계에서 속속 관련 서비스를 선보이며 경쟁이 불붙고 있음



쿠팡 플렉스 시작으로 클라우드소싱 배송 시스템 확산



- **클라우드소싱**: 기업 활동에 소비자 참여(크라우드 워커)로 활동을 증진하고 그 수익을 공유하는 비즈니스 모델
- 라스트마일 배송 중 하나인 클라우드소싱 배송
- 클라우드소싱 배송시스템이 e-커머스 시장 전반으로 확산

클라우드소싱 배송 기업 사례

• 아마존 플렉스



- 아마존은 당일배송을 추진하기 위해 2015년 플렉스(Flex) 서비스를 시작
- 아마존과 계약을 맺은 일반인들이 **자신의 차량으로 아마존 상품을 배송**
- 현재 미국 내 50개 도시에서 플렉스 서비스를 운영 중

• 쿠팡 플렉스



- 쿠팡은 물량 폭증에 대응하기 위해 2018년 플렉스(Flex) 서비스를 시작
- 원하는 지역에서, 원하는 날에, **자신의 차량으로 쿠팡 상품을 배송**
- 런칭한 이후 3년 동안 수십만 명의 플렉서가 참여해온 국민 부업



플렉스 앱 회원가입
및 업무 신청



배송 캠프 도착



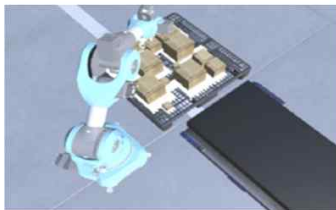
배송 물건 적재



배송

21기 C3조 'PBA Twins'

강화학습 기반 디지털 트윈을 활용한 물류 최적화 시스템



- 가상환경 구현: Unity
- 강화학습 알고리즘: PPO
- 로봇팔 제어: ROS
- 2D Bin Packing System

22기 C4조 'CPost(C4st)'

강화학습을 통한 3D 물류 적재 최적화 시스템



- 가상환경 구현: Unity
- 강화학습 알고리즘: ACTKR
- 로봇팔 제어: ROS
- 3D Bin Packing System



전기수

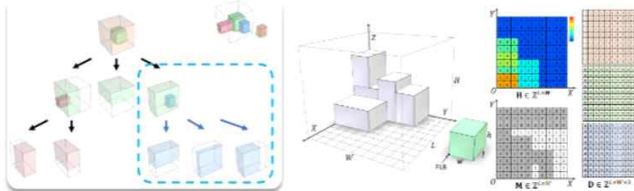
- ✓ 밀도, 무게만을 고려하여 최적 적재 방안 도출
- ✓ 표준 산업용 팔레트 사이즈, 110cm x 80cm x 170cm 기준

차별점

- ✓ 밀도, 무게, 배송지 우선순위 고려하여 최적 적재 방안 도출
- ✓ 차종에 따른 트렁크 실제 크기를 바탕으로 Multi-Pallette 설계

3D Bin Packing Problem

Learning Efficient Online 3D Bin Packing on Packing Configuration Trees



- 최적의 공간에 해당 배치를 출력하는 온라인 3D bin packing 을 구현
- 물류가 성공적으로 배치되면 공간 점유율에 따라 보상을 줌
- 물류를 재조정 하지 않는 온라인 방식을 다룸



해당 논문의 ACKTR, A2C 모델을 포함한 다양한 강화학습 알고리즘을
사용하여 3D 물류 적재 최적화 시스템을 만들고자 함

배송지 우선 순위 고려

Hatch를 고려한 컨테이너 터미널 적재 순서 최적화 연구

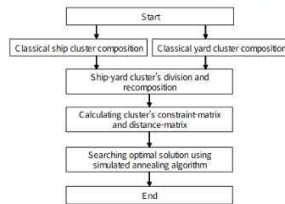


Figure 4. Basic structure of the optimization model

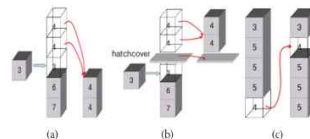


Figure 3. An example of shifting

- 팔레트에서 적재 최적화를 해치를 고려해 적재 순서를 결정
- 각 배송지의 컨테이너 처리 시간, 터미널 내 위치를 기준으로 배송지 우선 순위를 부여하여 운영의 효율성 증대시킴



적재 최적화 알고리즘에서 적하 우선순위를 고려하여
설계했을 때 소요 시간이 낮아짐을 확인함

2. 프로젝트 소개



Object Detection을 활용한
차량 인식 및 차량에 따른
트렁크 공간 생성



실제 산업에서 사용되는
박스 규격을 모델링하기 위한
박스 크기 랜덤화



밀도, 무게, 배송지 우선순위
제약 조건 설정을 통한 강화학습 진행



강화학습 알고리즘 적용
로봇팔 시뮬레이션 (Unity)



클라우드소싱 배송에 사용되는 차량의 배송지 고려 적재 최적화

클라우드소싱 배송 차량 선정 → 3D 환경 구성

- 쿠팡플렉스에서 주로 사용되는 6종 차량을 선정
- 차량의 트렁크 실측 길이를 반영하여 3D 공간 생성

대상 차량

Carnival

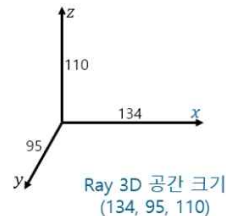
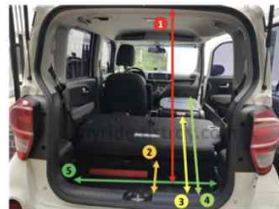
Ray

Soul

Sportage

Starax

Tucson



박스 규격

- 마켓컬리, 우체국 등 실제 산업에서 사용되는 박스 규격을 조사하여 랜덤 사이즈 박스의 최소값과 최대값을 설정



박스 규격	길이(cm)	
	최대	최소
가로	20	50
세로	15	40
높이	10	35



보상 함수 제약 조건

1) reward

$$: \text{ratio} * 10 + 0.01 * \text{density} * (\text{max_h} - z) + w * \text{destination_reward}$$

- ratio : 상자 부피의 합 / 3D 공간의 부피
- density : 박스의 밀도
- destination_reward : 배송지 우선순위 제약조건
- w : 배송지 우선순위 제약조건 가중치

2) $0.01 * \text{density} * (\text{max_h} - z)$

- 박스의 밀도가 크면서, 위치가 최대높이(max_h)에 가까울수록 보상 감소

3) destination_reward

$$: \max(0, 1 - \text{abs}((\text{배송지 주소 수} - \text{배송지 우선순위} + 1) * (\text{3D 공간 높이} / \text{배송지 주소 수}) - (\text{박스 높이} + \text{박스의 현재 } z \text{ 좌표})) / \text{3D 공간 높이})$$

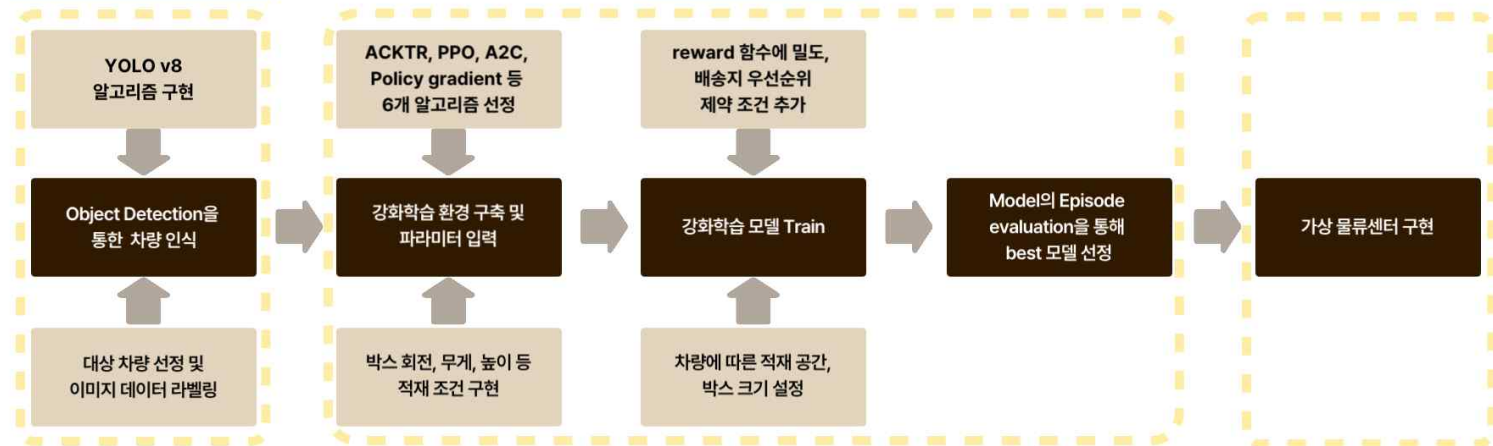
- 배송지 우선순위가 높을수록 z축에서 높은 위치에 배치되어야 보상 증가



Object Detection

강화학습 알고리즘

Unity



3. 분석 결과

데이터 수집

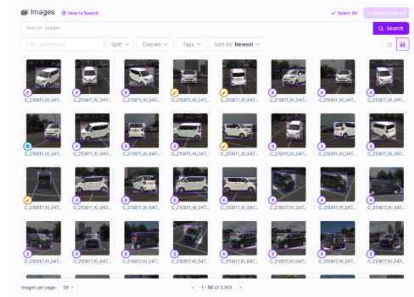
AI-hub에서 제공하는 '자동차 차종/연식/번호판 인식용 영상' 데이터



데이터 라벨링

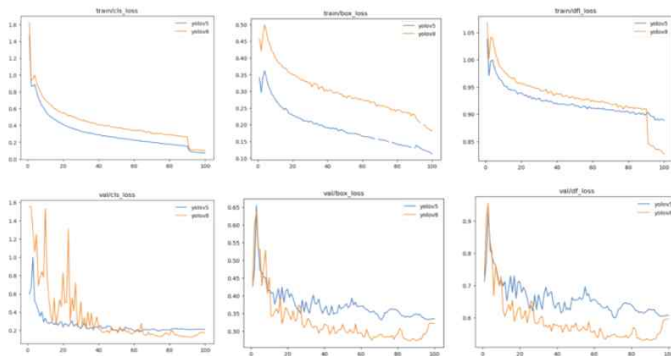
Augmentations을 이용하여 모델 학습에 사용할 수 있는 사진의 양을 늘림

→ 7907장 (학습용 6916장, 시험용 371장, 평가용 620장)



모델 성능 비교

YOLOv5, v8의 손실함수(Box Loss, Class Loss, DFL Loss)



모델별 validation set에 의한 평가지표 결과에 따른 차이는 거의 없지만

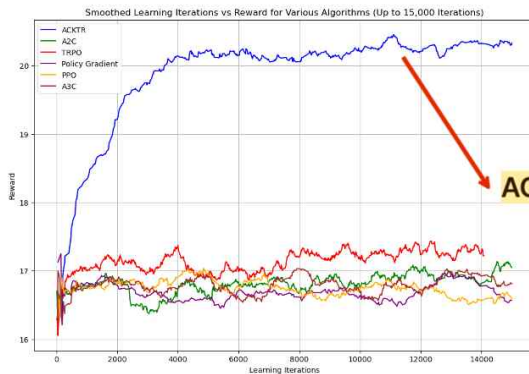
validation과 train set의 loss 값 비교를 통해

Yolov8 모델의 성능이 더 좋다고 판단

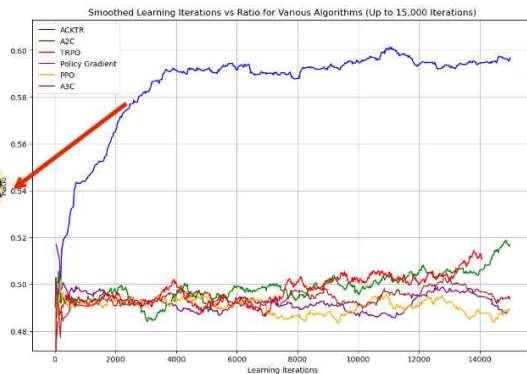


강화학습 알고리즘 모델 선정

Reward를 기준으로 알고리즘의 학습 성능 비교



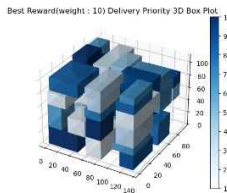
Ratio를 기준으로 알고리즘의 학습 성능 비교



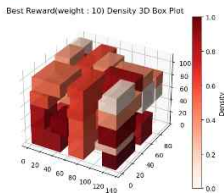
Reward, Ratio 기준 성능이 가장 좋은 ACKTR 알고리즘 선정

배송지 우선 순위 조건 항의 최적 가중치 선정

배송지 가중치 10

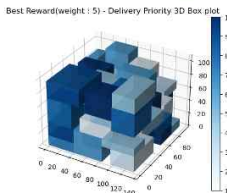


배송지 우선순위 시각화

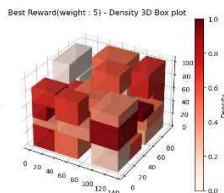


밀도 고려 시각화

배송지 가중치 5

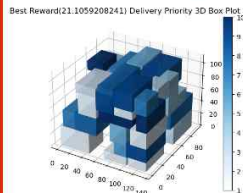


배송지 우선순위 시각화

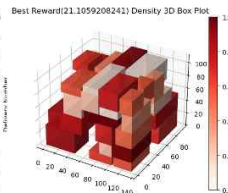


밀도 고려 시각화

배송지 가중치 1



배송지 우선순위 시각화



밀도 고려 시각화

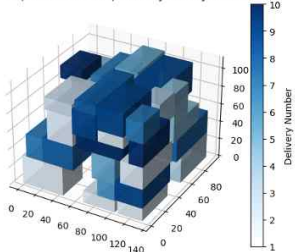


배송지 우선 순위의 가중치를 크게 부여할수록 박스의 밀도 제약조건을 잘 반영하지 못하는 현상 발생
박스 밀도, 배송지 우선순위 제약 조건을 적절히 반영하기 위해 $w = 1$ 로 선정

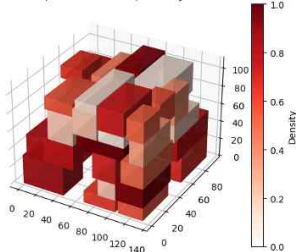
ACTKR 모델 평가

Best Reward episode

Best Reward(21.1059208241) Delivery Priority 3D Box Plot



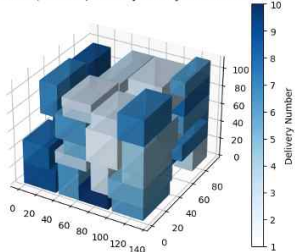
Best Reward(21.1059208241) Density 3D Box Plot



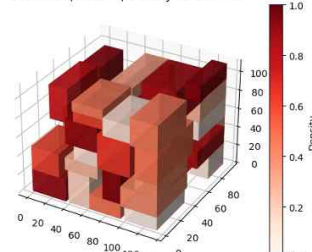
Ratio	Reward	박스 개수
0.570	21.106	71

Best Ratio episode

Best Ratio(0.62574) Delivery Priority 3D Box Plot



Best Ratio(0.62574) Density 3D Box Plot



Ratio	Reward	박스 개수
0.626	19.024	73

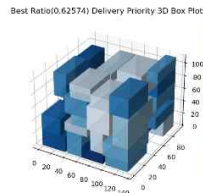


Best Ratio의 모델이 배송지 우선순위 및 박스 밀도 제약조건을 더 잘 고려하는 것으로 나타남

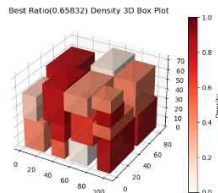
Best Ratio를 기준으로 Best Episode 선정

차량별 Best Episode 확인

Ray

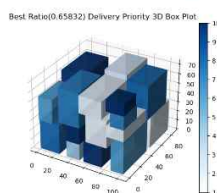


배송지 우선순위 시각화

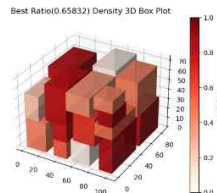


밀도 고려 시각화

Sportage

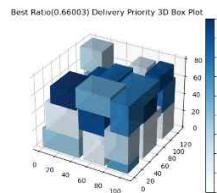


배송지 우선순위 시각화

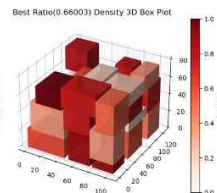


밀도 고려 시각화

Soul



배송지 우선순위 시각화



밀도 고려 시각화



선정한 6종의 차량 모두 박스의 밀도, 배송지 우선순위 제약조건이 잘 반영됨을 알 수 있음



가상환경 비교

• UNITY

- 로보틱스 분야에서 가장 많이 사용되는 시뮬레이터

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> - 광범위한 사용법 - 강력한 커뮤니티 및 지원 - 플랫폼 호환성 	<ul style="list-style-type: none"> - 리소스 사용 - 유료 라이선스

• Open AI Gym(Isaac Gym)

- Isaac Sim 시뮬레이션을 이용해 강화학습을 진행하기 위해 사용되는 Isaac Sim 내 하나의 틀

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> - 고성능 시뮬레이션 - GPU 가속 - 머신러닝 통합 	<ul style="list-style-type: none"> - 특화된 사용 - 하드웨어 요구 사항

• Omniverse

- nVIDIA가 개발한 3D 가상세계를 만들고 물리 공간을 확장하는 플랫폼으로 실시간 시뮬레이션 지원

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> - 실시간 협업 - 사실적 물리 및 렌더링 - 다양한 툴과의 통합 	<ul style="list-style-type: none"> - 복잡한 설정 - 하드웨어 요구



Unity Map

- 포스코 포항 제철소





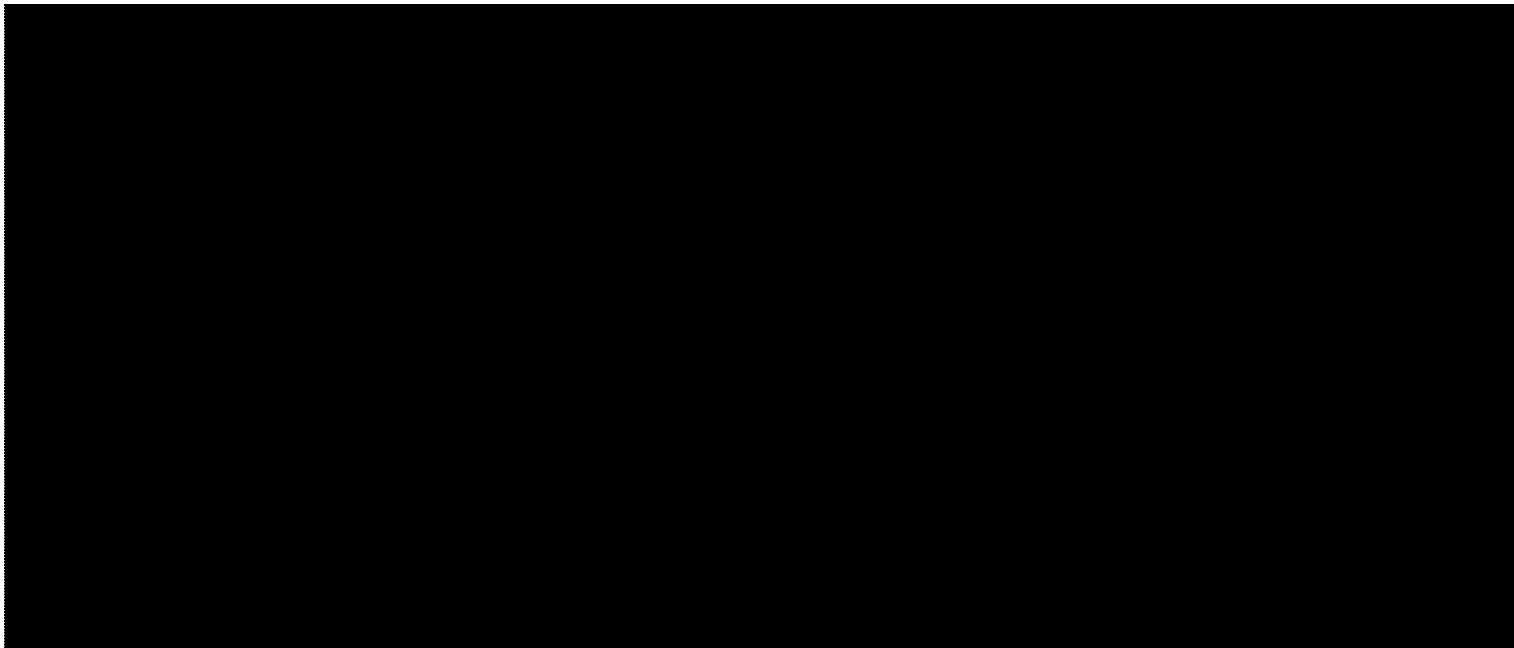
실험 조건 및 환경

알고리즘 vs 인간 적재 비교

실험 조건

1. 팔레트 규격은 'Ray'로 한정
2. ACKTR 모델의 Best Episode를 선정하여 사용된 크기와 순서 사용
3. 박스는 가로, 세로, 높이 축에 평행하게 적재
4. 상자는 하나씩 실시간으로 생성
5. 팔레트 규격을 초과할 시 종료
6. 적재 공간 없을 시 에피소드 종료





4. 결론 및 논의

결론

- ✓ YOLOv8를 활용한 차량 인식 및 차량에 따른 적재 공간을 생성 - **Multi Pallet 구현**
- ✓ 여러 배송 업체의 박스 규격을 참고하여, **규격 범위 내 난수 생성을 통한 박스 크기**를 다양화
- ✓ 강화 학습 시 밀도, 무게 뿐만 아니라 **배송지 우선 순위 제약 조건**을 추가
- ✓ 제약 조건을 적용한 강화 학습 알고리즘을 Digital Twin 환경인 **Unity에서 구현**

기대 효과



무게 뿐만이 아닌 배송지 우선 순위를 고려한 적재로 빠른 배송 가능



최적화된 적재·배송으로 차량의 운행 횟수와 거리를 줄일 수 있어 더 친환경적인 물류 솔루션 제공 가능



한계점 및 개선 사항

- ✓ Online 방식으로 물류를 적재하여 배송지 우선순위가 완전히 고려되지 않음
- ✓ 트럭크의 곡선의 형태를 반영한 팔레트를 구현한다면, 완전한 현실을 반영한 알고리즘 설계 가능
- ✓ 유니티 내 객체를 인식하는 기능을 구현한다면 진정한 디지털 트윈 가상현실 실현 가능





감사합니다



원년 AI - BIG DATA 아카데미

