LiDAR 센서를 이용한 비규격 화물의 논스톱 자동 계측 통합 시스템

최은성* · 김지연** · 김예슬** · 정석찬** · † 전영준

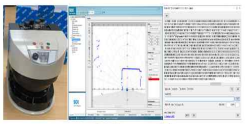
*,**동의대학교 부산IT융합부품연구소 선임연구원, † 동의대학교 부산IT융합부품연구소 연구교수

요 약 : 화물 선박의 전복사고가 매해 발생하고 있음에도 화물을 측정하지 않고 서류에 의존하는 방식으로 화물을 선적하고 있습니다. 우리는 사고의 원인을 사전에 차단할 수 있는 자동 계측 시스템을 연구하였습니다. 본 논문의 시스템은 LiDAR 센서를 이용하여 비규격 화물이 멈추지 않고 자동 계측되어 인력과 시간의 소요를 줄이고 산출된 체적과 3D 모델을 제공합니다. 게다가 화물 차량에 실린 화물을 내리지 않고도 화물의 체적을 산출할 수 있어 항만의 효율성을 향상할 수 있을 것으로 기대합니다.

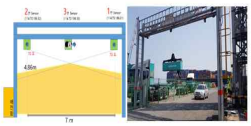
핵심용어 : 비규격 화물, 자동 계측, 번호판 인식, 화물 추출, 3D 모델링

2. 비규격 화물 측정

▶ LiDAR 센서 데이터 획득

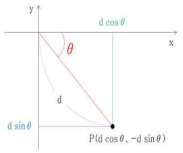


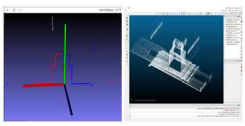
〈계측용 LiDAR 센서〉



〈테스트 환경 구축〉

▶ 거리, 각도 데이터의 직각 좌표계 변환





3. 체적산출 및 3D 모델링

▶ 부피 계산(리만 합)

- 2D 데이터의 넓이를 길이에 대하여 적분 수행
- 실시간성 확보와 이산 데이터의 적분 오차를 최소한으로 하기 위해 리만 중간 합 적용

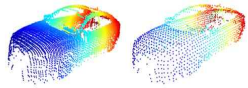
$$\text{차량체적} = \frac{1}{2}\left\{\sum_{k=0}^{n-1}A(k)+\sum_{k=1}^{n}A(k)\right\}\times\frac{l}{n-1}$$

- 컴퓨터 처리속도 개선을 위한 식 변경

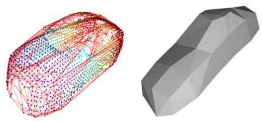
$$\left\{\frac{A(0)+A(n)}{2}+\sum_{k=1}^{n-1}A(k)\right\}\times\frac{l}{n-1}$$

▶ 3D 모델링

- 처리 속도 향상을 위해 다운 샘플링(Voxel Grid) 수행



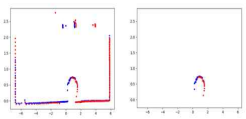
- Alpha Shape를 통한 Mesh 생성 후 표면 처리



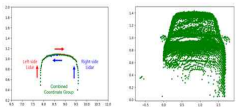
2. 비규격 화물 측정

▶ 데이터 전처리

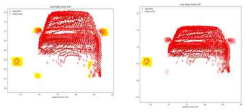
- 배경 제거



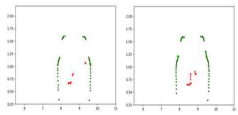
- 좌표 병합



- 이상치 제거



- 내부 노이즈 제거



4. 번호판 인식

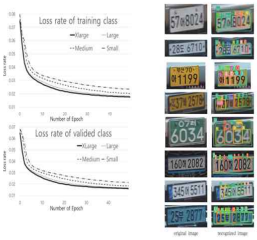
▶ 가상 한글 번호판 생성을 통한 학습데이터 확보

- 수집에 어려운 자동차 번호판의 학습데이터 획득을 위해 가상의 한글 번호판을 생성하고 임의의 자동차 이미지에 합성하여 데이터 확보

(a) 국토교통부 고시를 참고하여 만든 문자 이미지로부터 번호판 생성

▶ 딥러닝으로 AI 모델 도출

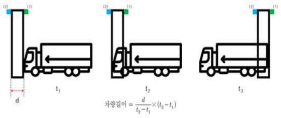
- YOLOv5를 활용하여 딥러닝을 수행하고 테스트를 통해 AI 모델 검증 및 도출



3. 체적산출 및 3D 모델링

▶ 길이, 너비, 높이 계산

- 두 지점을 지나는 차량의 속력을 측정하여 비규격 화물의 길이를 계산

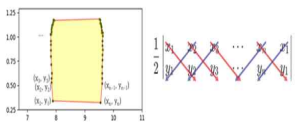


- 길이를 통해 2D 데이터별로 길이 축 좌표값 할당 및 3D 데이터로 통합하여 PCD 도출
- 3D 데이터의 너비 축과 높이 축의 최댓값, 최솟값의 차를 계산하여 너비와 높이 산출

▶ 2D 넓이 계산(신발끈 공식)

- 2D 데이터 내 수십 개의 좌표로 이루어진 다각형의 넓이를 계산

$$\text{2D 넓이} = \frac{1}{2}\left|(x_1y_2+x_2y_3+\cdots+x_{n-1}y_n+x_ny_1)-(x_2y_1+x_3y_2+\cdots+x_ny_{n-1}+x_1y_n)\right|$$



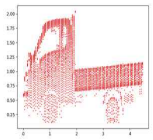
4. 번호판 인식

▶ AI 문자 인식을 통한 차량 번호 추출

- 가설물에 부착한 카메라를 통해 영상 데이터를 실시간으로 입력
- AI 모델로 문자 인식을 수행하고 인터페이스를 통해 차량 번호를 추출
- 비화물 차량의 경우, 비규격 화물 분류를 위한 코드를 차량 번호로 설정
- 화물 차량의 경우, 화물 영역 추출을 위해 동일한 차량의 데이터 검색이 차량 번호로 가능하도록 함

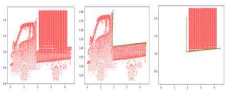
5. 화물 영역 추출

▶ 빈 화물차량 PCD 저장

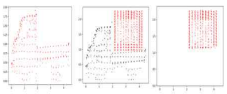


- 화물이 실린 차량의 데이터와 비교분석을 통해 화물 영역 추출이 가능하므로 빈 화물차량을 사전에 저장
- 차량 번호판 인식을 통해 동일한 차량과 비교분석 가능

▶ 영역 필터 알고리즘 & 감산 알고리즘



- 빈 화물 차량에 대한 PCD의 특징점과 오목 정점을 탐색하여 영역 필터 생성 및 화물 영역 추출



- 다운 샘플링을 적용 후, 빈 화물 차량 PCD와 화물을 실은 차량 PCD의 겹치는 좌표를 감산하여 화물 영역 추출

Q&A

LiDAR 센서를 이용한 비규격 화물의 논스톱 자동 계측 통합 시스템

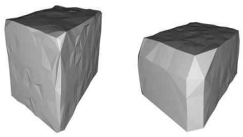
핵심용어 : 비규격 화물, 자동 계측, 번호판 인식, 화물 추출, 3D 모델링

최은성 선임연구원
동의대학교 부산IT융합부품연구소
desty@deu.ac.kr

5. 화물 영역 추출

▶ 체적산출 및 3D 모델링

- 3장에서 수행한 체적산출 및 3D 모델링 수행
- PCD의 최댓값과 최솟값의 차이로 길이, 너비, 높이 계산



〈각 화물영역 추출 알고리즘의 3D 모델링 결과〉
(좌: 영역 필터 알고리즘, 우: 감산 알고리즘)

▶ 결과 비교 분석

항목		영역 필터 알고리즘	감산 알고리즘
처리 시간		0.01795초	0.37001초
추출 정확도	길이	98.05%	93.29%
	높이	98.38%	77.62%
	너비	98.78%	96.35%
일반화		일반화 불가	일반화 가능

6. 결론

비규격 화물 측정

- 2D LiDAR 센서 3개를 통해 움직이는 비규격 화물의 2D 좌표 데이터군을 획득
- 카메라를 통해 번호판 인식을 위한 영상 데이터를 획득

체적산출 및 3D 모델링

- 길이, 너비, 높이, 부피를 여러 계산식을 통해 산출하여 화물 선적에 필요한 정보 제공
- 3D 모델로 항만의 디지털 트윈, 선적 시뮬레이션 등에 활용 가능

번호판 인식

- 가상 번호판으로 학습데이터 수집 및 딥러닝으로 생성된 AI 모델을 통해 번호판 인식 수행
- 화물 코드 부여 및 화물 영역 추출을 위한 방법으로 활용

화물 영역 추출

- 영역 필터 알고리즘과 감산 알고리즘, 두 가지 화물 영역 추출 방법 제공
- 체적산출 및 3D 모델링을 통해 활용성 확보

사 사

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신 클러스터R&D사업(과제번호 P0015330), 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 지역지능화혁신인재양성 (Grand ICT연구센터)사업(IITP-2022-2020-0-01791)의 연구결과로 수행되었음.