

Building

Building

Building

HUMAN

HUMAN

Bag

Bag

Bag

# ADVANCING ACCESSIBILITY: SENSOR-BASED OVER-ELEVATION SAFETY SYSTEM FOR SCISSOR LIFTS

박치현 · 박윤기 · 황원진 | Scan & Build 팀

## LiDAR 센서를 활용한 건설현장에서의 객체인식

현재 건설 현장에서는 인양 장비 작업이나 굴착기 작업 등 인원 통제가 필수적인 상황에서 주로 신호수를 배치하여 안전을 확보하고 있다. 그러나 이러한 방식은 사람에게 의존된 통제 방식으로 인해 다음과 같은 문제점과 한계를 가진다.

- 신호수의 인적 오류 가능성이 상존
- 복잡한 건축환경 특성으로 인해 관리자의 인지 저하 발생
- 일관된 통제가 어려운 이러한 한계를 극복하기 위해 본 프로젝트는 라이다(LiDAR) 기반 시스템을 도입하여 관리자가 현장의 위험 상황을 인지하고 일관된 안전 통제를 할 수 있도록 지원하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 기존 인력 의존형 안전 관리 방식의 취약점을 보완하고, 보다 체계적이고 신뢰성 있는 안전 관리 체계를 구축하고자 한다.

시공

CONSTRUCTION &  
MANAGEMENT



박치현 Park Chi Hyeon  
학번 : 2001660  
e-mail : pk010416@naver.com



박윤기 Park Yun Gi  
학번 : 2001656  
e-mail : yungi59@naver.com



황원진 Hwang Won Jin  
학번 : 2001710  
e-mail : 0wonjin0@naver.com



## 3D LiDAR object detection in construction

### LiDAR 센서를 활용한 건설현장에서의 객체인식

현재 건설 현장의 인양 장비 및 굴착기 작업 등 인원 통제가 필요한 상황에서는 신호수를 통한 관리 방식이 주로 활용되고 있습니다. 그러나 이러한 인력 의존적 방식은 인적 오류 발생 가능성, 복잡한 건축 환경에서의 인지 저하의 한계라는 문제를 안고 있습니다. 본 프로젝트는 이러한 한계를 극복하기 위해 라이다(LiDAR) 기반 안전 관리 시스템을 도입합니다. 본 시스템은 관리자가 현장의 위험 요소를 정량적 데이터 기반으로 인지하고, 일관성 있는 안전 통제를 수행할 수 있도록 실시간 피드백을 제공합니다. 이를 통해 기존의 인력 중심 안전 관리 방식을 보완하고, 건설 현장의 안전 관리 효율성과 신뢰성을 한층 강화하는 것을 목표로 합니다.

#### 배경

|                  |    |   |                                                                                                       |   |           |                                                                                           |
|------------------|----|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 고정식 크레인 8대 위험요인  | 낙하 | 1 | 동바리 자재 묶음 인양 중 타워크레인 메인지브의 연결핀의 탈락으로 꺾인 메인지브가 콘크리트 펌프가 붐대 위에 낙하하였고, 펌프가 붐대가 하부에서 콘크리트 타설 작업 중인 근로자 타격 | □ | □□□ 상 중 하 | ▶ 타워크레인 등 장비 사용 시 메인지브 등 주요구조부에 대해 사용 전 점검 및 관리<br>▶ 타워크레인을 이용하여 작업 시 양중 경로 하부에 근로자 출입 금지 |
| 각재 (파이프, 강관, 합판) | 낙하 | 1 | 타워크레인으로 거꾸집 제작용 목재 등을 인양하던 중 미고정된 인양물의 인양물 낙하                                                         | □ | □□□ 상 중 하 | ▶ 타워크레인 등 유해 위험한 기계기구를 설치 시 안전인증을 받은 후 사용<br>▶ 크레인 작업 시 낙하물에 의한 위험방지를 위해 사전에 근로자 출입 통제    |
| 거꾸집 8대 위험요인      | 낙하 | 1 | 철선 한가닥으로 임시 고정된 거꾸집 다발을 이동식크레인으로 인양 중 유로품의 낙하로 근로자 가격                                                 | □ | □□□ 상 중 하 | ▶ 자재 인양 시 화물경로에 대해 사전에 모든 근로자의 작업 및 출입 통제<br>▶ 인양화물 이탈 및 분리 방지를 위해 달포 등을 사용하여 견고히 고정      |

“작업구역 내에 출입금지 구역을 지정하여 작업 관계자 외 출입을 금지시켜야 한다”  
(KOSHA GUIDE C-69 - 2022, 이동식 크레인 안전보건작업 지침)

#### 현황조사

- 산업 전망에 따르면, 2030년까지 물리 보안 환경에서 설치되는 스마트 LiDAR 센서의 수가 전 세계적으로 300만 대를 넘을 것으로 예측됨
- 데이터센터, 항만, 국방시설 등 고경계 구역에서는 기존 CCTV보다 적은 센서로 넓은 영역을 커버하는 LiDAR 기반 인원·침입 통제 시스템이 실제 운영 중임. 예를 들어 Quanergy 3D LiDAR는 카메라 5~10대 분량을 대체하여 운영비용 절감 효과를 나타냄
- Ouster Gemini 시스템은 다수의 데이터센터, 항만, 국방 및 기업시설에 설치되어, Genetec 등 보안 통합 솔루션과 함께 실 운영되고 있음
- 공항 터미널, 철도 플랫폼, 스마트 시티 인프라 등에서는 3D LiDAR 기반 PIDS가 도입되어, 센서 하나로 최대 15,000㎡ 커버, 수백 명의 객체를 동시에 추적하는 실시간 보안 모니터링이 가능함

#### ■ CCTV와 LiDAR 비교

| 구분       | <br>CCTV | <br>LiDAR | 비고                                     |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 감지 방식    | 2D 영상 기반                                                                                    | 3D 레이저 스캔                                                                                    | 라이다는 3D 데이터를 제공해 입체적이고 정밀한 인원 위치 파악 가능 |
| 공간 인식    | 평면 영상, 시야각 제한                                                                               | 360도 전방위 스캔 가능                                                                               | 라이다는 여러 방향의 입체 정보 제공으로 넓은 공간 감지에 유리    |
| 조명/환경 영향 | 저조도, 야간 시 인식 어려움 조명 조건 및 날씨 영향 큼                                                            | 주야간 및 조명 조건 영향 적음 비, 안개 등 환경 변화에도 비교적 안정적                                                    | 라이다는 조명 조건에 덜 민감해 야간작업 및 악천후에도 강함      |
| 객체 인식    | 인원 밀집 시 정확도 낮음                                                                              | 고해상도 거리 정보로 다수 인원 간 명확한 구분 가능                                                                | 라이다는 점군 데이터로 인원 밀집 시에도 정확하게 구분 가능      |
| 실시간성     | 영상 처리 필요 시간 존재                                                                              | 빠른 3D 스캔 데이터 제공 실시간 감지에 장점                                                                   | 라이다는 실시간 3D 정보 제공으로 즉각 대응 가능           |
| 오탐률      | 조명 변화, 그림자 등으로 오탐 발생 가능                                                                     | 환경 노이즈에 민감하나 오탐률 낮고 신뢰성 높음                                                                   | 라이다는 정밀거리 정보로 오탐 발생률 감소 효과             |
| 비용       | 상대적으로 저렴, 설치 및 유지보수 용이                                                                      | 초기 설치 비용 및 유지보수 부담이 있음                                                                       | 라이다가 비용은 높으나 안전과 정확성 측면에서 가치있음         |

#### ■ 건설현장 특징과 LiDAR의 적합성

| 구분                 | 건설현장 특징                              | LiDAR 적합성                 |
|--------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| 작업자 밀집 및 동선 다양     | 여러 작업자가 복잡하게 이동, 위험구역 인지에 어려움        | 실시간 3D 데이터 감지 및 위치 추적, 통제 |
| 위험 구역(Red Zone) 존재 | 직접 감시 어려움, 공정마다 변경되는 위험 구역(Red Zone) | 비접촉식 감지, 경고 및 자동 제어 연동    |
| 시시각각 변하는 작업 환경     | 가설 구조물 및 중장비 등 빈번한 작업환경의 변화          | 실시간 데이터 수집, 자동 갱신 위험구역 관리 |
| 높은 안전사고 위험         | 안전관리 미흡 시 중대사고 가능성                   | 위험 접근 즉시 알림 및 차단          |
| 대규모 인원 및 장비 동시 가동  | 인원 및 장비 위치 관계 복잡                     | 인원 충돌 위험 모니터링 및 경고        |

## 기술개요



라이다 센서는 건설 현장의 작업 구역을 360°로 스캔하여 고밀도의 3차원 포인트클라우드를 생성하는 장비이다. 이 데이터는 조도, 날씨, 음영과 무관하게 안정적으로 획득되며, 현장의 정밀한 공간 정보를 제공한다. 영상 기반 센서 대비 거리 계산과 객체 형상 인식에서 높은 신뢰도를 확보할 수 있는 것이 특징이다.

수집된 포인트클라우드는 PointPillars 신경망 구조에 입력되어 실시간 객체 탐지에 활용되는 데이터이다.

본 모델은 포인트 데이터를 Pillar 단위로 변환하여 효율적 학습 및 추론을 수행하는 구조이다.

TensorRT 최적화를 통해 GPU 환경에서 고속의 처리 성능(FPS 확보)을 달성한 것이 장점이다.

ROS2 기반 RViz 환경은 관리자가 지정한 위험 구역(Red Zone)을 가시적으로 설정할 수 있는 도구이다.

레드존은 안전 관리의 핵심 감시 대상이며, 탐지 결과와 중첩될 경우 즉각적인 침입 판정을 지원한다.

이를 통해 관리자는 현장의 위험 상황을 직관적으로 파악할 수 있는 장점이 있다.

탐지된 작업자가 레드존 내부에 진입하면 시스템은 침입 여부를 실시간으로 판정하는 구조이다.

침입이 확인될 경우, 시각적 경고 및 알람 신호를 송출하여 관리자에게 전달하는 방식이다.

이 과정은 작업자 안전성을 강화하고 사고 발생 가능성을 선제적으로 차단하는 역할을 가진다.

## 구현과정



본 시스템은 **실시간 LiDAR 데이터**를 입력받아, 객체를 탐지하고 결과를 시각화하는 ROS 2 기반 추론 파이프라인입니다.

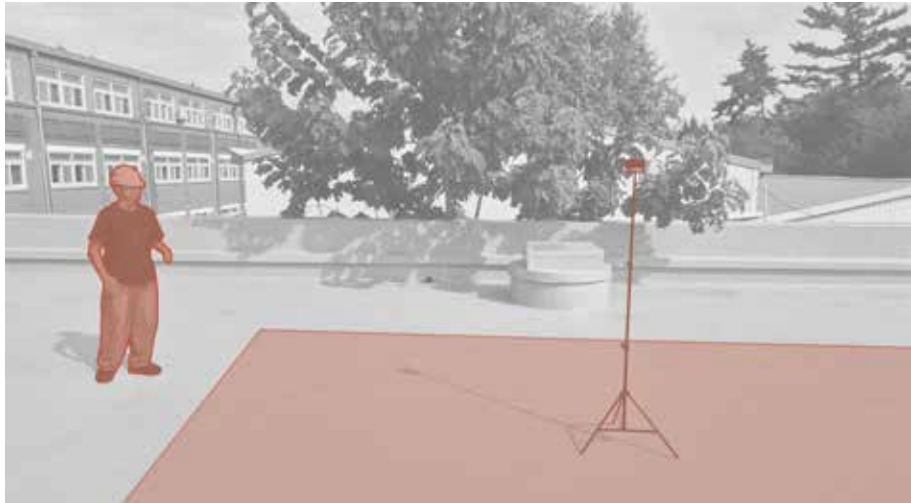
LIDAR 센서에서 수신된 3D 포인트 클라우드는 먼저 **Voxel 형태로 전처리**되며, 이 데이터는 TensorRT로 최적화된 **AI 추론 엔진**에 입력됩니다.

추론 결과는 **후처리 과정**을 통해 공간상의 3D 바운딩 박스로 변환되며, 이를 MakerArray 메시지로 퍼블리시하여 RViz2에서 시각적으로 확인할 수 있습니다.

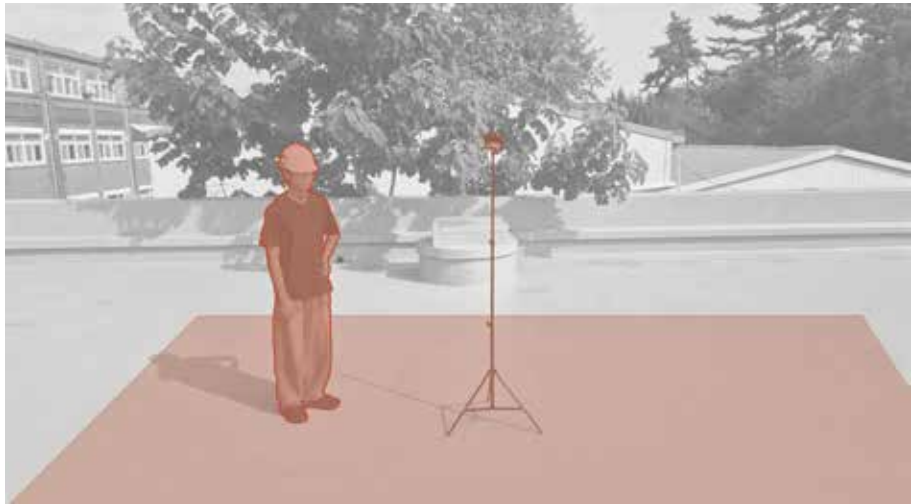
전체 과정은 infer\_node.py를 중심으로 동작하며, 실시간성 및 경량화를 고려해 모듈별로 구조화되어 있습니다.



실험



사람이 인식됨



Red Zone에 들어올 시, 알림 제공

건설현장에서 위험구역이나 인원의 출입통제가 필요한 장소에 알맞은 크기의 Red Zone을 만들어, Detection 된 작업자가 Red Zone에 들어오게 되면 작업자와 관리자에게 알림을 줘 사고를 예방할 수 있도록 하는 방식으로 구성했다.

기대효과

본 프로젝트를 통해 구축한 LiDAR 기반 레드존 관제 시스템은 건설현장에서 작업자의 안전성을 실시간으로 확보할 수 있는 가능성을 보여준다.  
조도와 기상 조건에 구애받지 않는 안정적인 탐지를 통해 기존 영상 기반 관리의 한계를 보완하고, 위험 구역 침입에 대한 즉각적인 대응을 지원한다.  
향후 건설 현장은 물론 제조업, 물류창고, 항만 등 다양한 산업 현장으로의 확장이 가능하며, 안전 관리와 작업 효율성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.  
무엇보다도 실제 현장 적용을 통해 작업자의 생명과 안전을 지킬 수 있다는 점에서 그 가치가 크며, 앞으로의 발전이 매우 기대된다.

향후 활용  
가능성

- ▶ 건설현장 위험구역 접근 차단 시스템
- ▶ 야간 작업자 감시 및 무인 경고 시스템
- ▶ 산업시설, 발전소 등 고위험 지역 접근 제한 시스템
- ▶ 중장비 감지, 자율 경고 시스템으로 확장 가능

결론

LiDAR 센서를 활용한 객체 인식 기반의 위험구역 감지 기술은, 단순한 실험을 넘어 현장 적용 가능성과 확장성을 갖춘 실용적인 안전 기술임을 확인할 수 있었다.