

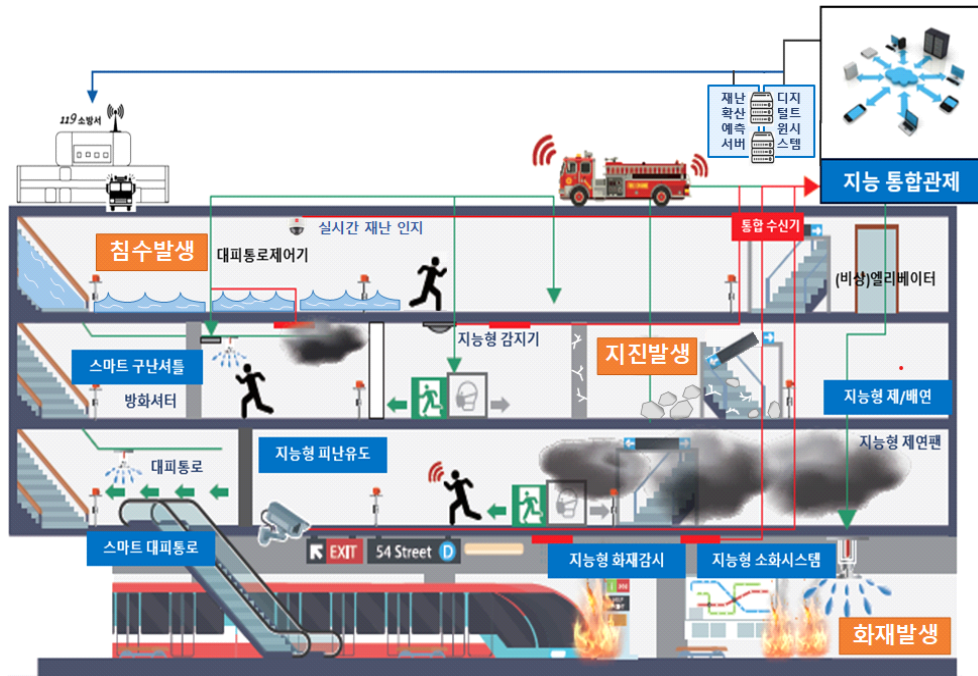
과업지시서

1. 사업명 : 화재 재난 대응을 위한 화재 및 요구조자 탐지 고도화 기술 개발

2. 과제 배경 및 개요

- (목표) GTX 등 대심도 철도시설(복합역사 및 장대터널)에서 고위험 재난(화재·지진·침수) 발생 시 이용자 대피 및 보호를 위한 재난 인지·예측·대응 기술 개발 및 실증
 - 화재시 3분 이내 호흡이 가능한 안전지역 대피
 - 재난 인지 및 분석 정확도 90% 이상, 재난 대응에 따른 인명피해 저감율 30% 이상
- (연구내용) 주요 기술개발 내용은 다음과 같음
 - 대심도 철도시설 고위험재난(화재·지진·침수) 인지·예측 기술
(인지·예측 분야) 화재 및 요구조자 인지, 인공지능 화재확산 예측 플랫폼
 - 대심도 철도시설 고위험 재난대응 기술
(피난분야) AI기반 이용자 대피경로 최적화 및 재난행동분석 기술, 철도시설 스마트 대피통로 시스템, 대심도 철도시설 비상엘리베이터 및 스마트 관제시스템
(대응매뉴얼 개발) 재난대응기술 기반 고위험재난 대응 이용자 매뉴얼
 - 재난대응기술 실증 연계기술
(효과검증) 대응 기술별 현장 호환성 및 위험도 저감효과 산출·검증

o (재난 대응 시스템 개념도)



3. 목적

본 과업지시서는 한국기계연구원 “대심도 철도시설 고위험 재난 인지·예측·대응 기술 개발 (과제번호 : CT2190)” 관련 요구조자 인지 기술을 개발하는 용역을 수행함에 있어, 한국기계연구원(이하 “갑” 이라 한다)과 계약자(이하 “을” 이라 한다)간의 계약조건 및 과업내용을 규정함으로써 과업을 성실히 수행하는데 있음.

4. 과업의 범위

가. 주요내용: 화재 재난 대응을 위한 요구조자 탐지 기술 개발

나. 과업의 범위

- o 언어적·비언어적 음향 신호 기반 요구조자 탐지 알고리즘 개발
- o 4-클래스 행동 인식 기반 요구조자 탐지 알고리즘 개발
- o 실내 초기 화재·연기 탐지 특화 알고리즘 개발
- o 실내 동적 인물 거리 추정 및 2D 그리드 기반 위치 인식 알고리즘 개발

다. 소요예산액: 135,000천원 (VAT 포함)

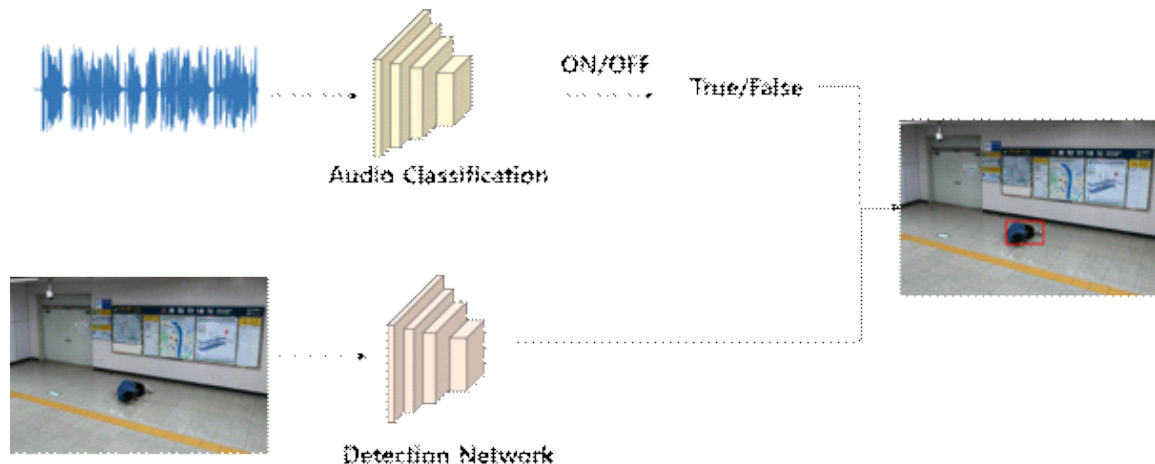
5. 과업기간: 계약일로부터 150일 이내

6. 과업내용

본 용역의 최종 목표는 GTX 등 대심도 철도시설(복합역사 및 장대터널)에서 고위험 재난 발생 시 이용자 대피 및 보호를 위한 재난 인지·대응 기술 개발 및 실증임. 본 과업에서 기존의 인공지능 기술의 한계와 재난 상황 및 관련 데이터 세트의 부재에 대비한 선진 기술 확보를 목적으로 함.

o 언어적·비언어적 음향 신호 기반 요구조자 탐지 알고리즘 개발

- 소음, 진동, 시야 방해 요소 등 재난 현장의 다양한 환경 변화에 대응하여, 도로 소음·기계음·환경 잡음 등 복잡한 배경 노이즈 속에서도 사람의 소리를 정확히 탐지할 수 있는 알고리즘이 필요로 함
- 음성(Voice) 및 비음성(Non-verbal) 신호 통합 분류 기술 개발: 언어적 발화(도움 요청, 대화 등) 외에도 비명, 신음, 울음 등 비언어적 음향 신호까지 탐지 대상에 포함하여, 의식이 저하되거나 언어 표현이 어려운 상황에서도 요구조자를 식별할 수 있도록 Voice Classification 기반의 다중 클래스 분류 체계를 구축함
- 한국어·영어 등 다국어 음성과 노인·아동 등 다양한 연령층의 음성 특성을 모두 수용할 수 있는 범용 분류 모델을 설계해야함
- 음성 탐지의 활성화 여부 조절(ON/OFF) 및 세부 파라미터 설정 기능을 제공하여 운용 환경에 따른 맞춤형 구성이 가능하도록 해야함
- 개발할 시스템은 카메라나 비디오 파일을 통해 비디오와 음성 입력을 받아들일 수 있어야 함
- 영상 인식 모듈과 음성·비음성 분류 모듈이 독립적으로 또는 병렬로 동작할 수 있도록 시스템을 구성하여 탐지 성능을 최적화 해야함
- 실시간 스트리밍 환경에서 낮은 지연으로 음향 신호를 처리하고, 요구조자 존재 여부를 즉시 판단할 수 있는 추론 파이프라인을 구현해야함

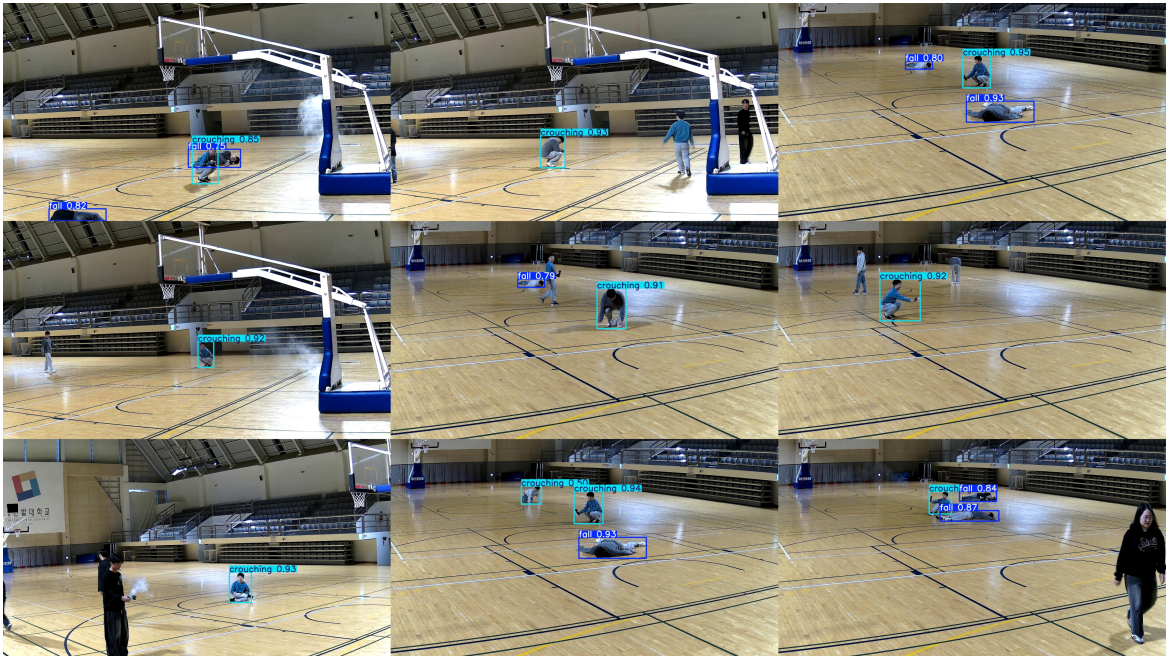


< 음성 기반 멀티모달 요구조자 탐지 알고리즘 개요도 >

o 4-클래스 행동 인식 기반 요구조자 탐지 알고리즘 개발

- 화재 상황 시 구조가 필요한 사람은 쓰러진 사람 외에도 출구를 찾지 못하고 배회하는 사람이 있으며 이들을 검출할 수 있어야 하고, 전년도에 구축한 배회·실신·전도 3개 클래스 기반 탐지 체계에 더하여 올해는 웅크림 클래스를 추가한 4개 행동 클래스 인식 체계로 확장하여야 함
- 웅크림 행동은 화재·폭발 등 재난 발생 시 이용자가 연기나 유해가스를 피하기 위해 낮은 자세를 취하거나 공포·패닉 상태에서 움직이지 못하는 상황에서 나타나는 행동 양태로, 재난 환경에서의 요구조자 식별을 위해 해당 클래스 탐지 기능을 확보하여야 함
- 전년도 모델에서 촬영 장비(CCTV, 모바일 카메라 등) 및 설치 환경에 따라 탐지 성능이 저하되는 한계가 확인된 바, 카메라 종류·해상도·설치 각도·조도 조건 등이 상이한 다양한 환경에서 학습 데이터를 추가 구축하여 장비 및 환경 변화에 강인한 모델을 개발하여야 함
- 실내/실외, 다양한 조도 조건 및 기상 상황, 부분적 가림이나 혼잡한 환경에서도 안정적으로 동작하며 요구조자의 상태를 정확히 분류할 수 있는 알고리즘을 개발하여야 함
- 카메라 실시간 스트림 및 비디오 파일 입력을 모두 지원하여야 하며, 입력 영상을 실시간으로 처리하여 탐지 결과를 즉시 시각화할 수 있어야 함

- 목표 성능으로 mAP50 기준 0.85 이상을 달성하여야 함



< 쓰러짐과 웅크림 데모 예시 >

o 실내 초기 화재·연기 탐지 특화 알고리즘 개발

- 기존 화재 감지 시스템은 특정 환경이나 제한된 조건에서만 최적화되어 있어, 다양한 실내외 환경과 조도 조건에서 발생하는 화재를 정확히 감지하기 어려움. 특히 전년도 모델은 실외 대형 화재 데이터 중심으로 학습되어, 실제 운용 환경인 대심도 복합역사 내에서 발생하는 초기 소형 화재 및 소형 연기에 대한 탐지 성능이 미흡한 한계가 있었음
- 대심도 환경에서 발생 가능한 초기 소형 불꽃 및 소형 연기를 주요 탐지 대상으로 설정하고, 카메라 종류·해상도·설치 각도·조도 조건 등이 상이한 다양한 환경에서 학습 데이터를 구축하여 환경 변화에 강인한 화재 인지 모델을 개발하여야 함
- 실내/실외, 다양한 조도 조건 및 기상 상황에서도 안정적으로 동작하며 정확한 화재 감지가 가능한 알고리즘을 개발하여야 함
- 카메라 실시간 스트림 및 비디오 파일 입력을 모두 지원하여야 하며, 입력 영상을 실시간으로 처리하여 탐지 결과를 즉시 시각화할 수 있어야 함

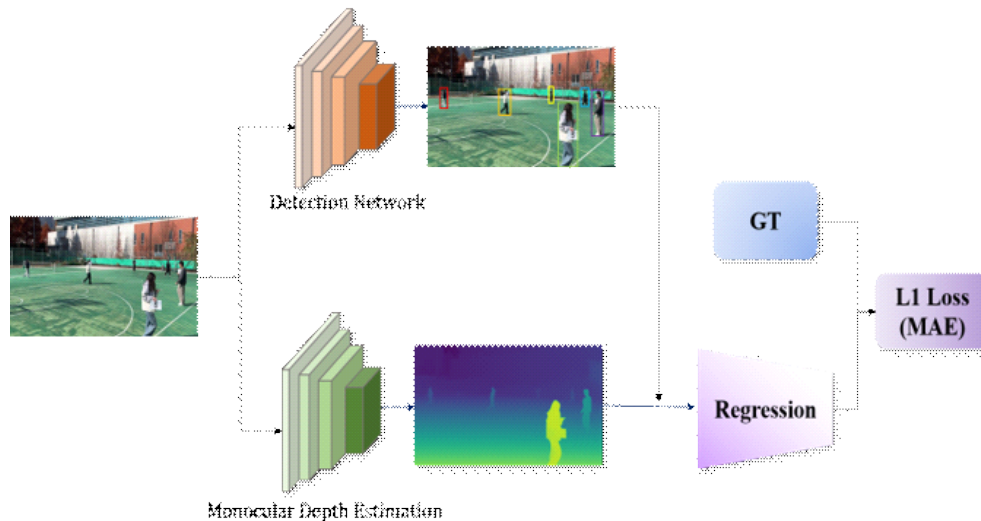
- 목표 성능으로 다음 기준을 모두 달성하여야 함
 - mAP50 기준 0.85 이상
 - 미탐율(FNR) 5% 이내
 - 미국 FM Approvals 요구사항 준용: ① 경보 반응 시간 30초 이내, ② 햇빛(직사광 및 반사광) · 히터 · 인공 조명 등 간섭 요인 노출 시 오경보율 5% 미만



< 실내 연기 탐지 예시 >

- o 실내 동적 인물 거리 추정 및 2D 그리드 기반 위치 인식 알고리즘 개발
 - 기존 거리 추정 기술은 실외 환경에 최적화되어 있어, 실내 환경의 특성 (제한된 공간, 다양한 조명 조건 등)을 고려한 정확한 거리 추정에 한계가 있음
 - 실내 환경에서는 벽, 가구, 조명 반사 등으로 인한 복잡한 깊이 정보가 발생하여 인물과 배경을 명확히 구분하기 어려우므로, 실내 환경에 특화된 정밀한 거리 추정 기술을 개발하여야 함
 - 전년도 모델은 5~30m 구간을 5m 간격으로 구축한 학습 데이터로 인해 특정 거리 지점에 과적합(fitting)되는 문제가 확인된 바, 올해는 거리 구간 내 연속적이고 균등한 분포의 학습 데이터를 구축하여 전 거리 구간에서 안정적인 추정 성능을 확보하여야 함

- 실내 환경에 특화된 데이터셋을 구축하고, 인물 중심의 정확한 거리 추정이 가능한 시스템을 구현하여야 함
- 개발할 시스템은 실내 환경의 카메라나 비디오 프레임에서 사람을 정확히 검출·분할할 수 있어야 하며, 이미지 내 사람 영역의 분할 마스크를 생성하여 관심 영역을 명확히 정의하여야 함
- 사람 검출, 분할, 깊이 추정 및 거리 계산 모듈이 하나의 통합 시스템으로 구성되어야 하며, 실시간으로 영상을 처리하여 거리 추정 결과를 즉시 제공할 수 있어야 함
- 다양한 실내 조명 조건(자연광, 인공 조명, 그림자 등)에서도 일관된 거리 추정이 가능하여야 하며, 실내 환경에서의 검증 테스트를 수행하여야 함
- 탐지 누락 또는 오탐지로 인해 거리 추정값이 순간적으로 튀는 문제를 방지하기 위해, EMA(지수 이동 평균)·칼만 필터·탐지 신뢰도 기반 필터링 등의 시계열 평활화 기법을 적용하여 연속 프레임 간 안정적인 거리 추정값을 유지할 필요가 있음
- 탐지된 인물의 3D 위치 정보를 바탕으로, 카메라 시점의 바닥 평면을 격자(그리드) 단위로 분할하여 각 인물의 공간적 위치를 2D 탐부 그리드 맵으로 시각화하는 기능을 구현하여야 함. 이를 통해 운용자가 재난 현장 내 요구조자의 분포 및 위치를 직관적으로 파악할 수 있도록 하여야 함
- 목표 성능으로 연속 프레임(최소 100프레임) 간 동일 인물 추적 시, 모든 동적 인물에 대해 개별 MAE 5m 이내를 달성하여야 함



< 거리 추정 고도화 알고리즘 개요도 >

7. 결과물 제출 : SW 소스 코드 (USB 또는 CD 형식), 보고서

* 보고서 포함 내용: 언어적·비언어적 음향 신호 기반 요구조자 탐지 알고리즘 소스 코드, 4-클래스 행동 인식 기반 요구조자 탐지 알고리즘 소스 코드 및 시험 성적서(mAP50 0.85 이상), 실내 초기 화재·연기 탐지 특화 알고리즘 소스 코드 및 시험 성적서(mAP50 0.85 이상, FNR 5% 이내, 경보 반응 시간 30초 이내, 오경보율 5% 미만), 실내 동적 인물 거리 추정 및 2D 그리드 기반 위치 인식 알고리즘 코드 및 시험 성적서(연속 100프레임 이상 동적 인물 개별 MAE 5m 이내), 각 SW 상세 매뉴얼, 보고서 형식은 한글 및 파워포인트로 제출

8. 책임 및 의무

가. 본 용역과 관련한 저작권은 “갑”이 소유한다.

나. 용역 수행을 위해 “갑”이 제공하는 자료 등에 대하여 “을”은 본 과업목적 외에 다른 용도로 사용하지 못한다.

다. “갑”은 “을”이 제작에 필요한 자료를 요청할 때는 적극 협조하여야 한다.

- 라. 본 과업지시서상의 용어는 일반적인 통년에 따라 해석하되 발주자와
작업자 간의 이견이 있을 시는 상호 협의 조정한다.
- 마. 본 사업을 추진함에 있어 “을”은 과업 위반이나 과실로 인하여 발생
하는 모든 사항에 대하여 민·형사상 책임을 진다.
- 바. 본 용역의 수행 과정에서 발생하거나 산출된 모든 지적재산권은
“갑”이 소유한다.

9. 대가의 지급

대가의 지급은 용역 완성품 납품이 완료되고 “을”의 청구일로부터
14일 이내로 한다. (선급지급이 필요한 경우, 추후 협의)

10. 계약해지 및 해제조건

- 가. “을”이 계약사항을 이행하지 않거나 과업지시를 위반하였을 때
- 나. “을”이 성실히 과업수행을 하지 않아 계약목적 달성이 어려울 때
- 다. “을”의 귀책사유로 계속하여 과업수행이 어려울 때

11. 기타 계약에 규정되지 않은 사항에 대하여 이의가 발생한 경우에는 “갑”의 결정에 따른다.