

대심도 철도시설 고위험 재난에 대한 이용자 대응 기술 개발 부처합동사업설명회



국토교통과학기술진흥원
철도항공기획실



목 차

I. 추진 배경

II. 사업개요

III. 2023년 신규사업 선정계획

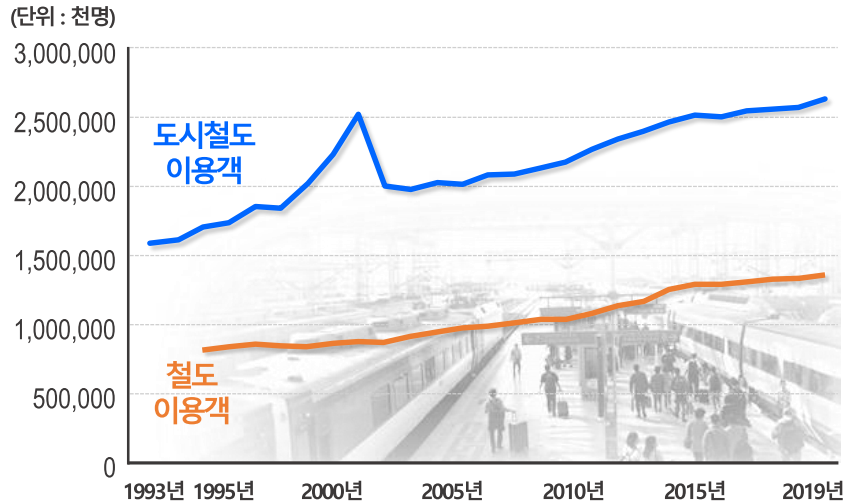
추진배경

지하공간 개발 및 이용자수 증가

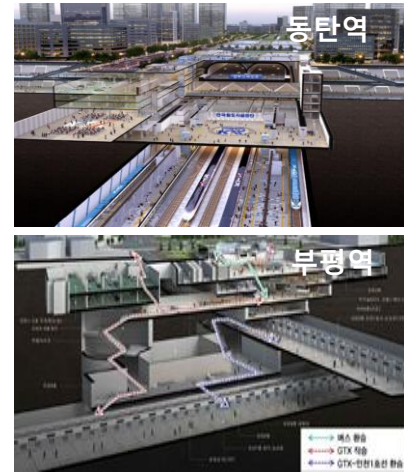
국가철도망 구축 계획에 따른 지하공간개발의 지속적인 확대

» 전국 대도시권 지하철도 이용자 수요 증가, 지하공간 개발 지속적으로 확대

- * 서울기준 2018년 1일 지하철 평균수송인원 약 780만명 (연간 도시철도 이용객 수 26억명 수준)
- * 세계 3대 최장 철도터널인 SRT 율현터널, 대심도 GTX 건설, 도심통과 장거리 지하차도 건설,
- * 영동대로 지하화 등 터널 및 지하공간 국토교통시설의 비약적 증가 추세,
- * GTX 30개 역사 통합환승센터 복합역사 구축



[지하공간 이용자 증가율]



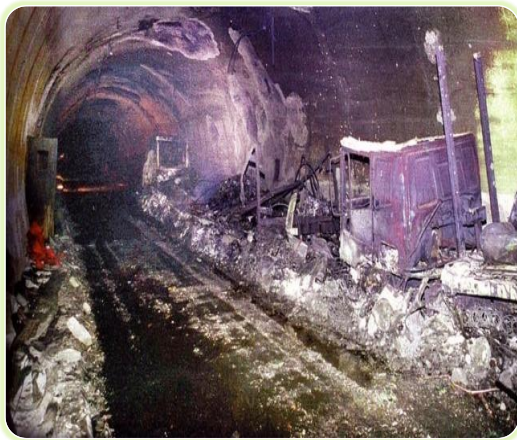
[지하공간 개발 확대]

추진배경

지하공간 위험도 증가

대심도 철도에서 발생한 재난상황 대응 신기술 개발 필요

- » 대구 지하철 사고(2003) 등 대심도 철도 대규모 재난시(화재 등) 적절한 초기대응이 어려우며, 소방/구급 등 공공 대응력의 출동 및 현장접근 제약으로 인한 대규모 인명피해 발생 가능성이 높음/ 피난인원 기존 지하역사 10배 이상 예상
- » 화재, 지진과 더불어 테러, 침수 등 복합적인 재난에 노출
- » 지하공간 시설물의 경우 재난의 양상과 피해 메커니즘이 지상과 상이해 체계적인 접근이 필요



[몽블랑터널 화재(1999)]



[정저우터널 침수(2021)]



[대구지하철 화재(2003)]

✓ 사업 개요

사업 비전 및 목표

비전

대심도 철도 고위험 재난대응 핵심기술 개발을 통하여
신속한 안전환경 제공으로 인명피해 30% 저감



사업목표

대심도 철도시설 고위험 재난에 대한 이용자 대응 기술 개발

대심도 철도 재난 대응설비의 지능화 + 자동화

대심도 지하역사 전구간
3분 이내 안전지역 대피

재난 예측 시스템 기술 적용
스마트 피난/구난 지원

디지털 트윈, AI 기술 기반
실시간 대응 통합시스템

핵심과제 및 중점분야

핵심과제 1

대심도 철도 재난 진단/예측 기술

1. 인공지능 기반 스마트 재난 및 이용자 정보 인지 기술 개발
2. 인공지능 기반 재난 확산 예측 기술 개발
3. 철도시설 화재위험도 평가 모델 개발
4. 철도시설 자연재난 안전성 진단 기술 개발

대심도 철도 재난 대응 기술 지능화

1. 대피경로 최적화 및 스마트 안내기술 개발
2. 스마트 대피통로 시스템 실용화 기술 개발
3. 대심도 철도 비상엘리베이터 표준 개발
4. 스마트 구난 지원시스템 개발
5. 철도시설 지진/침수 대응기술 개발
6. 스마트 화재확산 방지시스템 개발

핵심과제 2

재난대응 통합관리시스템 기술 개발

1. 재난대응 데이터 관리 표준 아키텍처 제시
2. IoT 시스템 고도화 및 네트워크 기술 개발
3. 통합재난관리시스템 개발 구축
4. 재난대응 통합관리시스템 테스트베드 구축 및 실증
5. 재난대응 표준지침 및 법제도 개정

✓ 사업개요

중점분야 1 – 대심도 철도 재난 인지/진단/예측 기술

개 념

- ▶ 다양한 재난 멀티모달 신호(열, 연기, 불꽃, 가스, 영상, 음성 등)를 융합 분석하여 재난상황을 인지하고, 확산 정도를 진단/예측하는 기술

* 재난 감지 신호, 영상/음성 분석을 통한 재난 인지



* 재난인지 정보와 예측데이터 AI 적용 재난확산 예측 프로세싱



기술의 구조

신호 기반 감지

- ▶ 전통적인 화재감지기, 지진/침수계 신호 기반 재난 감지

영상/음성 분석 인지

- ▶ CCTV, 공간음성 인식 등 재난 상황 분석



신속한 재난 확산 진단/예측

- ▶ 재난 분석 시나리오를 사전 예측한 데이터와 실시간 재난 감지/인지 데이터를 분석하여 재난의 시공간 확산 정도를 예측하는 기술

목 표

- ❖ 재난 인지 및 예측 분석 속도 3초 이내, 정확도 90% 이상

기대효과

- ❖ 재난상황시 신속하고 정확한 분석적 재난정보 제공
- ❖ 인공지능 활용 재난확산 예측기술 기반한 지능적 대응 가능

✓ 사업개요

중점분야 1 - 대심도 철도 재난 인지/진단/예측 기술

인공지능 기반 스마트 재난 및 이용자 정보 인지 기술 개발

1 스마트 재난 및 이용자 정보 인지 기술 개발

세부개발 기술

- 멀티모달 데이터 인공지능 처리 화재인지 기술 개발
- 인공지능 화재인지 데이터 학습 플랫폼 개발
- 주행형 영상 감시시스템 인지성능 고도화
- 요구조사 위치 및 정보 인지 기술



As-Is

기존 방법의 문제점

- 연기 온도 감지기만 화재 발생 판별 / 자연재난 센서 설치 한계
- 속응성이 떨어져 초기 진압 골든타임을 놓치기 쉽 / 재난정보 실시간 수집 곤란
- 내구성 저하로 인한 작동지연 및 부동동 등 신뢰성 저하



To-Be

개선 방향

- 24시간 사용이 가능한 CCTV 영상을 이용한 화재 감지
- 화염 연기 연무 등을 실시간으로 감출 → 기존의 연기 감지기 보다 속응성 향상 골든타임 확보
- AI 기술을 사용하여 높은 정확도 달성→ 필터링, 유지관리관리, 변화예측 등)

새부 연구내용

- 실시간 화염, 연기, 불꽃 감지 알고리즘 개발



인공지능 기반 재난 확산 예측 기술 개발

2 스마트 재난 확산 예측 기술 개발

세부개발 기술

- 실시간 재난(화재) 확산 예측 기법 정립
- 인공지능 학습 예측 데이터 구축 및 데이터 표준 개발
- 재난(화재) 확산 예측 플랫폼(SW) 개발
- 예측데이터 확장 기법 개발
- 공간 센서 정보 변경에 따른 전이학습 기법 개발

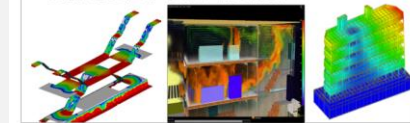


As-Is

기존 방법

- 개별 재난 시나리오에 계산 수행 가능하나 상당 시간 소요
- 예측대응 곤란하여 실시간 재난 감지 센서 기반의 대응

기존 전통적인 침수/화재/지진 컴퓨터 시뮬레이션 분석 사례



To-Be

개선 방향

- 인공지능 기반으로 화재위험도 평가를 간단하게 수행
- 사전 분석된 해석 DB를 활용하여 실시간 예측대응 구현
- 시나리오별 화재/지진 해석 소요시간을 획기적으로 개선

새부 연구내용

- 인공지능 활용 화재안전성(위험도) 평가 수행 기법 개발
- 지하역사 유형별 화재확산 DB 구축
- 인공지능 활용 재난확산 예측기술 개발

대심도 철도시설 화재위험도 평가 모델 개발

3 철도시설 화재위험도 평가 모델 개발

세부개발 기술

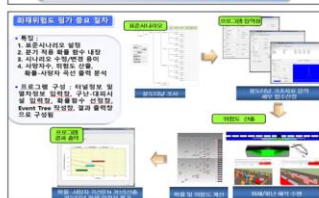
- 인공지능 기반 화재 위험도 평가 및 최적 대피로 안내 기술
- 화재 발생원인 및 철도시설 형식에 따른 피해 확산 표준 시나리오 도출
- 대심도 철도 장대터널 화재위험도 평가 매뉴얼 고도화
- 대심도 철도 지하복합역사 화재위험도 평가 매뉴얼 개발
- 위험도 유형별 화재대응 최적 모델 제안 및 현장 대응 전략 개발
- 대심도 역사 및 장대터널 현장 화재대응 매뉴얼 표준화/고도화



As-Is

기존 운영 현황

- 철도시설 기술기준에 의거 1km 이상 철도터널/지하역사 안전성(위험도)평가 수행의무
- 철도터널 화재안전성(위험도) 평가 매뉴얼은 국토부 고시 시행 중
- 지하역사 화재안전성(위험도) 평가 매뉴얼 신규 개발 필요



철도시설 자연재난(지진/침수) 위험도 평가 기술 개발

4 철도 시설 자연재해(지진/침수) 위험도 평가 기술 개발

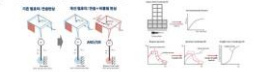
세부 개발 기술

- 자연재해 위험도 평가를 위한 대심도 철도시설 분류체계 수립
- 대심도 철도 시설에 대한 자연재해 시나리오 평가
- 자연재해 시나리오 및 철도 시설 별 위험도 평가 수행
- 대심도 철도 시설 자연재해 위험도 평가 알고리즘 개발
- 지진 시 궤도 변형 평가 모델 및 열차 탈선 모형 개발

To-Be

개선방향 (지진)

- 대심도지진 리스크 진단을 위한 철도시설(복합역사, 장대터널) 분류체계 수립
- 철도 시설(복합역사, 장대터널) 분류 별 지진 재해 시나리오 수립
- 동적 모형실험 및 수치해석을 통한 시설물 별 지진 시나리오 별 지진 리스크 평가 수행
- 철도 시설 내 지진 추가별 안전성 검토 및 취약성 평가
- 철도 시설(복합역사, 장대터널)의 지진 위험도 평가 알고리즘 개발
- 지진 시 궤도 변형 평가 모델 및 열차 탈선 모형 개발



개선방향 (침수)

- 침수 리스크 진단을 위한 철도시설(복합역사, 장대터널) 분류체계 수립
- 철도시설(복합역사, 장대터널) 분류 별 우수 유입 및 침수 재해 시나리오 수립
- 수리모형실험 및 수치해석을 통한 침수 시나리오 별 침수특성 및 철도시설 침수 취약성 분석
- 침수흐름 발생 시 지하 공간 대시 시설물에 대한 보행 안전성 평가
- 철도 시설(복합역사, 장대터널)의 침수 리스크 진단 알고리즘 개발

활용방안, 기대효과

- 대심도 철도 시설에서 발생가능한 다양한 자연재해상황에 대한 진단 및 대응기술 확보를 통하여 공공대응력의 재난현장 대응력 향상 및 국가 재난대응역량 강화

As-Is

기존 운영 현황

- 지진 및 침수 등 고위험 자연재해에 대한 철도 시설의 위험도 평가 기술 부재

기존 기술 현황

- 철도 지하 시설물에 대한 개별적 내진 해석 및 침수 해석만 수행
- 지진 시 탈선을 포함한 대심도 철도 시설에 대한 통합적인 위험도 평가 모델 부재
- 지진 및 침수 재해에 대한 위험도 평가 모델 개발 필요



✓ 사업개요

중점분야 2 – 대심도 철도 재난 대응 기술 지능화

개 념

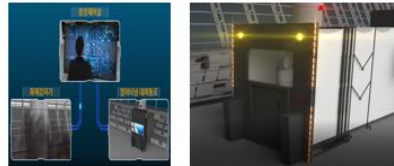
- 대심도 철도의 재난상황에 대하여 지능화된 예측 관제 및 IoT 신 기술을 응용한 자동화, 지능화된 재난대응 신기술의 개발

스마트 피난 안내

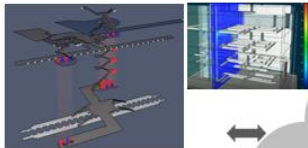


스마트 대피경로 안내 기술

구난지원 시스템



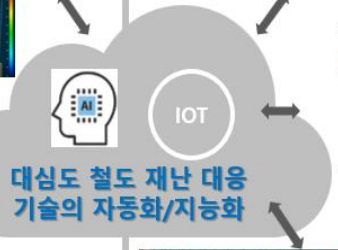
스마트 구난 서클 시스템 기술



지하역사 비상 EV 적용 기술
EV 위치, 설계표준 최적화



분산 가변 배연시스템



스마트 대피통로 시스템 기술



지진/침수 대응 지능화 기술

스마트 대피통로

지진/침수 대응 지능화

기술의 구조

스마트 대피/구난

- 최적 대피경로 분석을 통한 스마트 대피안내/구난 수단 제공

재난 확산 방지

- 실시간 예측적 상황 관제와 제어설비를 이용한 재난 확산의 방지



신속한 안전지역 제공 및 구난지원

- 유독가스로부터 안전한 피난구역 및 대피 통로 제공
- 요구조자에 대한 구난시스템 가동

목 표

- ❖ 3분 이내 안전지역 제공, 최적경로 피난안내

기대효과

- ❖ 대심도 철도 인적사고 피해 최소화(30% 저감)
- ❖ 자동화/지능화된 철도재난 대응시스템 개발 선도

✓ 사업개요

중점분야 2 - 대심도 철도 재난 대응 기술 지능화

재난대응 스마트 대피 안내기술 개발

1 재난대응 스마트 대피 안내기술 개발

세부개발 기술

- 인공지능 기반 위험도 평가 및 최적 대피경로 분석 기술
- 인공지능형 피난 안내 표시(시설 설치형, 이용자 휴대형) 장치 개발
- 재난환경 극복 이용자 실내 측위 기술 고도화



As-Is

- ##### 기존 운영 현황
- 화재 시 70%의 조명이 꺼짐(절도)
 - 고정식(수동식) 출구 표시
 - 대피로를 찾지 못하거나 한 곳으로 몰리는 현상이 발생



To-Be

- ##### 개선 방향
- CCTV 연기 온도 가스 등 다양한 정보를 이용하여 화재를 신속히 감지·골드타임 확보
 - 다양한 정보를 이용한 화재 위험도 평가
 - 화재 전개와 인구 밀집도 및 경로의 특성을 실시간으로 반영한 능동적인 대피로 안내
- ##### 핵심기술
- 실시간 이용자 위치 측위 연계 기술 개발
 - 대심도 철도 적용 최적 대피경로 계산 알고리즘 개발
 - 시설 정보(설계도, 출입구 위치, 경사도 등)에 따른 최적 대피로 선정
 - 휴대폰을 활용한 피난 안내를 구현하기 위한 핵심 알고리즘 기술

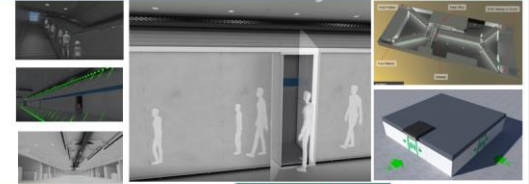


스마트 대피통로 시스템 대심도 철도 실용화 기술 개발

2 스마트 대피통로 시스템 실용화 기술

세부 개발 기술

- 역사용 대피통로 HW 및 제어시스템 개발
- 스마트 대피통로 연계 피난안전구역 기술 개발
- 대피통로 실시간 피난 모니터링 기술
- 통합시스템 연계 운전 성능 실증



기존 운영 현황

- 피난대피통로 이외 피난 경로 선택 이용자가 절대 다수
- 연기확산시 승객 호흡 보호 피난시스템 제공 미흡

기존 기술 현황

- 펼쳐지는 스마트 대피통로 프로토타입 개발
- 스마트 플랫폼 개선 인공지능 기반 운영시스템 연계 제어 고도화 필요



벽면 설치형 대피통로, 천장 설치형 대피통로, 타일 적용 개념도

개선방향

- 대심도 복합역사 적용 스마트 피난 시스템 기술 고도화
- 스마트 대피통로 소재성능 내달성 내구성 향상
- 스마트 대피통로 인공지능 연계 제어 시스템 고도화
- 임시 피난안전구역 연계 활용 방안 확보

활용방안·기대효과

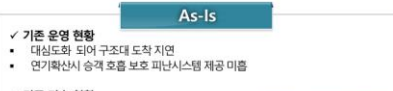
- GTx 등과 같은 대심도 역사에 적용가능한 스마트 대피통로 제공
- 펼쳐진 대피통로 능동형 선진 대응시스템 기술 선도
- 철도교통 시스템의 안전성 증대로 대국민 철도 서비스 품질 향상
- 고층빌딩 지하상가 도터널 등 기술적응분야 확대를 통한 시장 창출

대심도 철도 스마트 구난 지원시스템 및 비상 EV 표준 개발

3 스마트 구난 지원 시스템 및 비상 EV 설치 표준

세부 개발 기술

- 재난환경 극복 요구조사 탐색 시스템 기술 개발
- 자율주행형 스마트 구난로봇 시스템 기술 개발
- 요구조사 호흡보호 및 이송용 서플 개발
- 대심도 역사 비상 EV 설치 표준 정립



As-Is

- ##### 기존 운영 현황
- 대심도와 되어 구조대 도착 지연
 - 연기확산시 승객 호흡 보호 피난시스템 제공 미흡

- ##### 기존 기술 현황
- 승객정보 안내 로봇은 공회/역사에 실용화 단계
 - 타일형 대피통로 제한 활용률 향상유망만 개발됨



To-Be

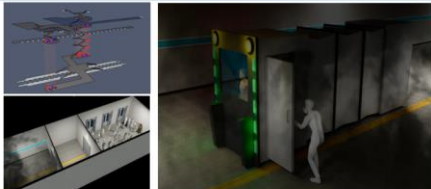
- ##### 개선 방향
- 승객정보 안내로봇의 성능개선을 통한 재난시 구난 활동 구현
 - 주행 가능한 구난용 서플 운영

기대효과

- GTx 등과 같은 대심도 역사에 적용가능한 스마트 구난 기술 제공
- 철도교통 시스템의 안전성 증대로 대국민 철도 서비스 품질 향상

핵심기술

- 연기, 고온 환경에서 로봇의 주행 및 요구조사 탐색 기술
- 재난환경 극복 로봇 내장 주행기술의 구현



철도시설 자연재난 지진/침수 대응 기술 개발

4 철도시설 자연재해 지진/침수 대응 기술 개발

세부 개발 기술

- 자연재해 유형 별 대응전략 및 피난 시뮬레이션 전략 수립
- 자연재해 유형 별 최적 대응 알고리즘 개발
- 실내측위 기술 기반 관리자 대응 시스템 개발
- 실내측위 기술 기반 이용자 피난 안내 시스템 개발

기존 기술 현황

- 지진 및 강수 등 자연재해 발생에 따른 대응 매뉴얼 구축
- 지진 및 강수 시 열차 서행 기준을 고속철도 운영기준에 명시
- 중사자에 대한 대응 매뉴얼은 존재하나 재해 유형 및 승객 분포에 따른 효율적인 피난 안내 시스템은 부재
- 대심도 철도 시설의 취약한 재난인 침수 및 지진에 대한 재난 유형 별 대응 기술 개발 및 승객의 위치에 기반한 피난 안내 시스템 개발 필요

운영방식	우리나라	미국	일본
지진 기준	0.02g 이상 0.04g 미만	0.02g	없음
경계 기준	0.04g 이상	0.04g	0.03g 이상 0.05g 미만
비상 기준	0.05g 이상	0.05g	0.05g 이상 0.07g 미만

비상 기준: 지진(유사지진/지진) 기준
 * 0.02g : 진도 3 이하, 0.04g : 진도 4 이상

개선방향 (지진)

- 자연재해 유형별 대응전략 및 피난 시뮬레이션 전략 수립
- 자연재해 별 대응기술 유형화 및 최적 대응 알고리즘 개발
- 실리 분석 기반 재난시 이용자별 인지행동 패턴 분석 및 인지행동 모델 개발
- 시 기반 재난 발생 및 확산 상황 및 인지행동 패턴에 따른 최적 대응 모델 개발
- 복합 역사 및 정대터널에 적합한 실내측위 기술 개발 (목표 정확도 1.5m 이내)
- 실내측위 데이터의 디지털 트윈과의 연계 방안 도출
- 실내측위 및 디지털 트윈 모델을 활용한 관리자(중사자) 대응 시스템 개발
- 실내측위 및 디지털 트윈 모델을 활용한 이용자(승객) 안내 시스템 개발



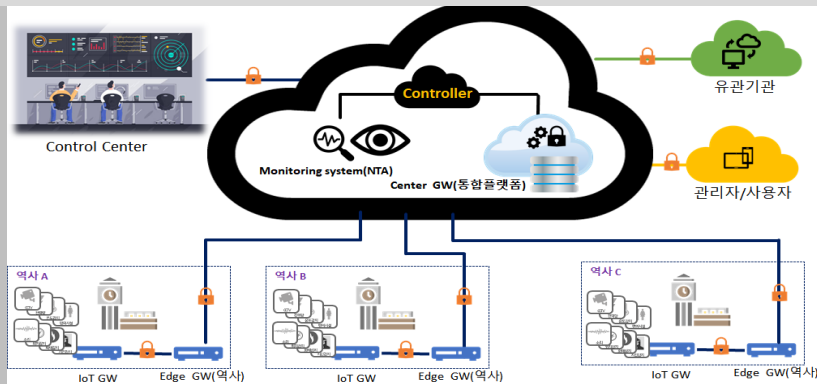
✓ 사업개요

중점분야 3 – 재난대응 통합관리시스템 기술 개발

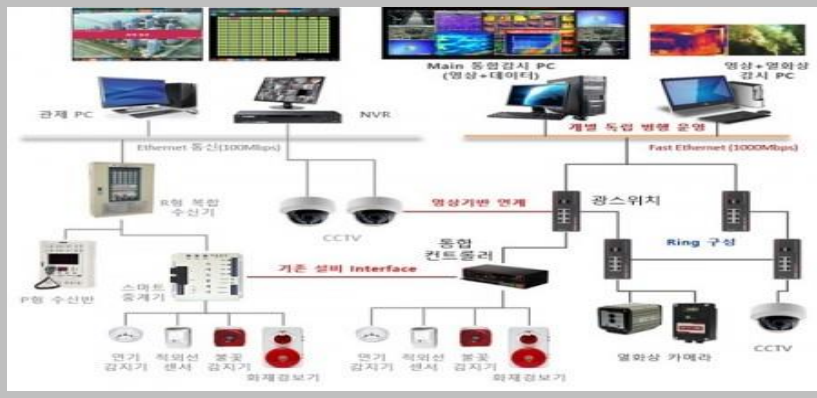
개 념

- 디지털트윈 기술을 적용하여 다양한 재난 감시 및 대응시스템을 실시간 제어하는 통합관리시스템의 개발 및 검증

통합관리시스템 사용자간 네트워크 구조 개념도



통합관리시스템 하위 감지/대응 시스템 제어처리 구조 개념도



기술의 구조

스마트 관제 표준 설계

- 데이터 및 네트워크 표준 설계

통합관리시스템 개발

- 디지털트윈 기술 기반 실시간 통합관리시스템 개발

테스트베드 구축 및 성능 검증

- 세부 재난대응 시스템 및 통합관리시스템 적용 테스트베드 구축을 통한 실증 및 재난대응 표준 지침(안) 도출

목 표

- ❖ 철도 고위험 재난 대응체계 개선 및 신속대응 20% 향상

기대효과

- ❖ 디지털트윈 공간정보 기반 실시간 재난대응 체계 확립
- ❖ 실시간 감시/예측 정보 활용 재난대응 최적대응 지원

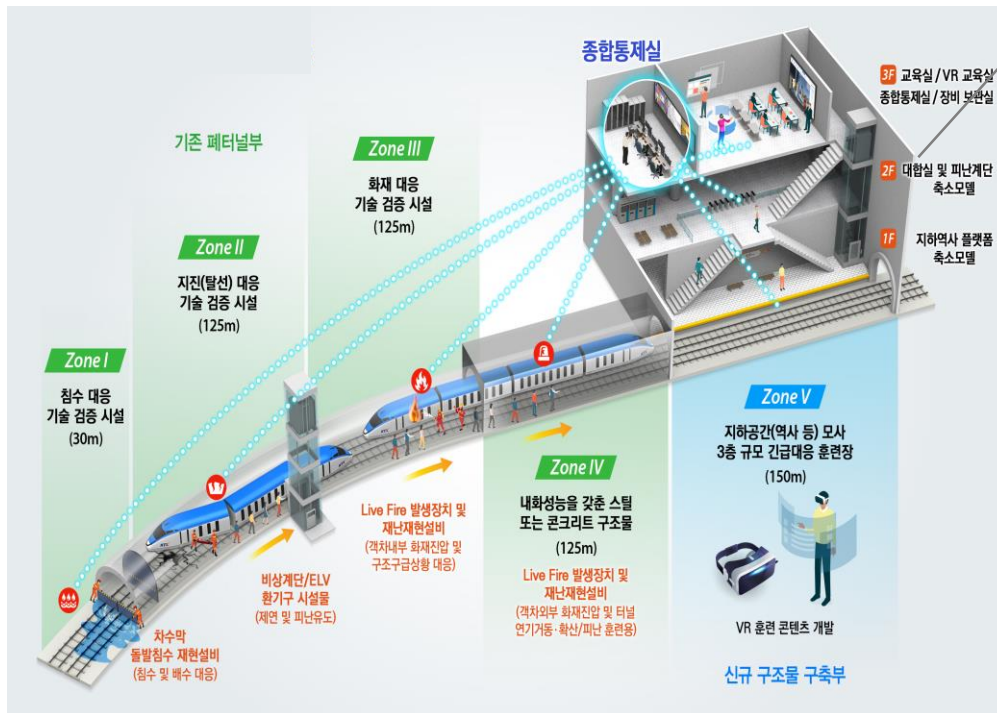
✓ 사업개요

중점분야 3 – 재난대응 통합관리시스템 기술 개발

☑ 재난대응 통합시스템 및 테스트베드 구축 개념도

* 테스트베드 구축 조건

- GTX 대심도 철도 구간 또는 지하 30미터 이상, 지하 4층 이상, 피난 동선 200미터 이상 지하역사 및 연계 터널 구간



[대심도 철도 테스트베드 설치물 예상도]

2023년 신규사업 선정 계획

공고 대상 과제

☑ 대심도 철도시설 고위험 재난에 대한 이용자 대응 기술 개발 사업

» 총 연구개발기간: '23.4~'27.12 ('23년 연구개발기간: '23.4~'23.12)

» 총 정부지원연구개발비: 35,000백만원 이내('23년 정부지원연구개발비: 1,617백만원 이내)

☑ 공고 대상 연구개발과제(2개)

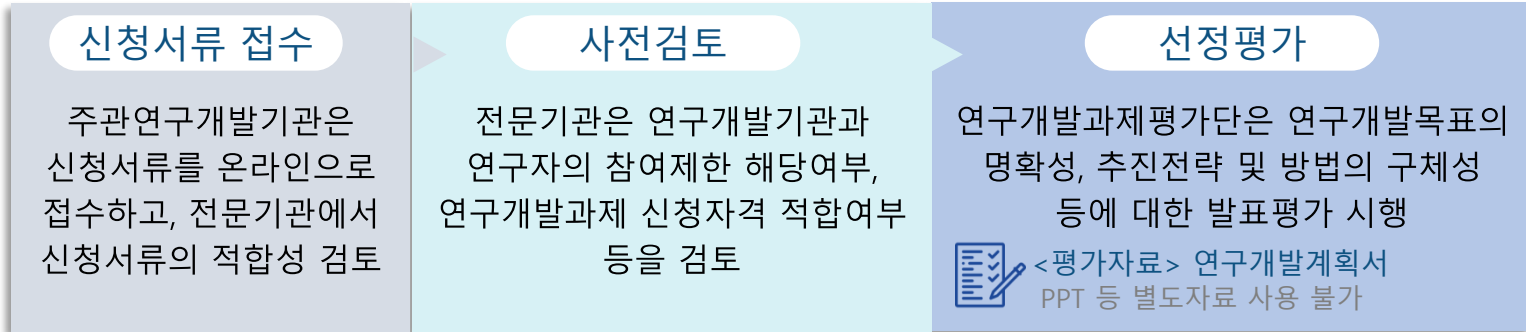
연번	연구개발과제명	총 연구개발기간 ('23년 연구개발기간)	총 정부지원연구개발비 ('22년 정부지원연구개발비)	
1	대심도 철도 재난 진단 및 대응 기술 개발	'23.04~'27.12, 4년 9개월 ('23.04~'23.12, 9개월)	24,800백만원 이내 (1,117백만원 이내)	1핵심 (총괄과제)
2	대심도 철도 재난 대응 통합관리시스템 기술 개발	'23.04~'27.12, 4년 9개월 ('23.04~'23.12, 9개월)	10,200백만원 이내 (500백만원 이내)	2핵심

2023년 신규사업 선정 계획

평가 절차 및 평가 항목

평가 절차

» 신청서류 접수, 전문기관 사전검토, 연구개발과제평가단의 선정평가 순으로 진행



평가 항목

» 부합성/중복성 평가후, 평가항목별로 배점을 부여하여 정량평가 실시(100점 만점)

1단계	
부합성 평가	연구개발과제평가단에서 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는 것으로 판정시 '탈락' 조치
중복성 평가	연구개발과제평가단에서 기 수행되었거나 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 '탈락' 조치

2단계	
평가항목	배점
연구개발 목표	20
연구개발 내용	20
추진전략 및 계획	30
활용방안 및 실용화 가능성	20
연구책임자의 연구수행능력	10
계	100

2023년 신규사업 선정 계획

추진일정 및 접수 방법



접수 및 문의처

온라인 접수방법

1. 범부처통합연구지원시스템(<http://iris.go.kr>)에 접속
2. 사업공고 메뉴에서 신청하고자 하는 연구개발과제를 선택
3. 연구개발계획서 등 정보입력 및 신청서류 업로드

문의처

대심도 철도시설 고위험 재난에 대한 이용자 대응 기술 개발 사업 담당자

박준우 실 장 031-389-6472, jwpark@kaia.re.kr

박현석 선 임 031-389-6476, hyunsuk.park@kaia.re.kr

감사합니다.

