



2021년 국토교통 R&D 대표성과 사례집

세계를 선도하는 기술·안전이 보장되는 국토



국토교통부



국토교통
과학기술진흥원

2021년 국토교통 R&D 대표성과 사례집

세계를 선도하는 기술 · 안전이 보장되는 국토

세계를 선도하는 기술 안전이 보장되는 국토



국토교통과학기술은 건축물·인프라 등 국토 공간, 도로·철도·항공 등 교통수단 및 체계, 그리고 관련 서비스 등을 다루고 있어 이를 기반으로 하는 국민 삶과 안전에 지대한 영향을 미칩니다. 이에 국토교통과학기술진흥원은 국토교통 R&D 발굴 및 지원을 통해 국민의 편안하고 안전한 일상을 위해 노력하고 있습니다.

‘2021년 국토교통 R&D 대표성과 사례집’은 지난해 국토교통 연구개발사업으로 추진했던 연구과제에서 창출한 우수성과 20선을 엄선하여 정리한 것입니다. 이번 사례집에서는 국토교통분야 국가경쟁력 확보 및 미래를 선도할 수 있는 ‘선도 및 자립’, 4차 산업혁명의 시대에 맞춰 변화·발전하는 ‘스마트 국토’, 국민의 삶의 질을 향상시킬 수 있는 ‘안전 및 편의’ 등 세 분야로 나눠 성과를 소개하고 있습니다.

‘선도 및 자립’은 국내 최초를 넘어 세계 최고의 기술을 목표로 세계 시장에서 기술 경쟁력을 확보할 수 있는 7개의 연구성으로 구성되어 있습니다. 특히 박테리아 생장 작용에 기반한 수처리 구조물 보수 공법, 레일에 발생하는 균열 검측장비 등은 해외 시장에서 그 기술력을 인정받아 기술이전 및 사업화 실적을 통해 우리 국토교통기술의 우수성을 전 세계에 널리 알리고 있습니다.

‘스마트 국토’는 디지털 기반 국토교통기술로 미래 새로운 국토공간·교통에 기여할 수 있는 6개의 연구성으로 구성되어 있습니다. 수요맞춤형 실감형 3D 도시모델 갱신 및 지원 기술, 도심형 미래항공 모빌리티를 위한 드론교통관리시스템 등은 디지털 전환의 흐름에 맞춰 우리 국토공간을 확장시킬 뿐만 아니라 기술 경쟁이 치열한 분야에서 우위를 선점하여 국가 위상을 향상할 수 있는 기술입니다.

마지막으로 ‘안전 및 편의’는 국토교통분야에서 국민 생활에 밀접한 안전과 편의를 향상할 수 있는 7개의 연구성으로 구성하였습니다. 교량시설물의 정기안전점검을 위한 휴대용 전자장비 및 업무지원시스템, MEMS 기반 지진조기경보 장치 등은 재난 상황에 대비할 뿐만 아니라 재난 상황에서 신속한 대처를 통해 추가적인 재난을 방지하여 국민을 안전을 도모하는 기술입니다.

이번에 선정된 20선 외에도 많은 우수한 성과가 있었습니다. 모든 성과를 다 소개해드리지 못하는 아쉬운 마음과 함께 국민의 행복과 국토교통기술 발전을 위해 수많은 어려움 속에서도 묵묵히 연구현장을 지키며 연구성과를 일궈낸 국토교통과학기술인들에게 감사의 마음을 전합니다. 아울러 ‘2021년 국토교통 R&D 대표성과 사례집’ 발간을 통해 대한민국 국토교통기술의 우수성과 국토교통 R&D의 중요성에 대한 국민적 공감대가 넓혀지길 바랍니다.

앞으로 국토교통과학기술진흥원은 국토교통 R&D 성과의 확산과 실용화에 매진하여 국민이 공감하고 체감할 수 있는 성과가 창출될 수 있도록 지속적으로 노력하겠습니다.

02 발간사

06 2021 국토교통 R&D 대표성과

01

선도 및 자립

ADVANCED & INDEPENDENCE

- 010 박테리아 성장작용에 기반한 수처리 구조물 보수 공법
- 014 철도 레일에 발생되는 균열을 정밀하게 검측 가능한 검측장비 국산화 개발 및 사업화
- 018 낙석·토석 대책시설용 연성대책구조물 KR-NET SYSTEM(링형네트) 국산화
- 022 TBM 굴착성능 향상을 위한 세계최초 커터헤드 설계자동화 시스템과 운전·제어 시뮬레이터
- 026 세계최초 1MW급 경전철용 무선급전시스템 개발
- 030 한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량 개발
- 034 세계선도 3D 디지털 건축상세설계 자동화 솔루션과 현장관리 플랫폼 개발 및 사업화

02

스마트 국토

SMART TECHNOLOGY

- 040 기상훈련, 재난안전, 디지털트윈, 메타버스 등 수요 맞춤형 실감형 3D 도시모델 갱신 및 지원 기술
- 044 드론, 드론택시를 포함한 도심형 미래항공 모빌리티를 운용 가능하게 하는 드론교통관리시스템
- 048 지역수요기반의 스마트시티 서비스 모델 개발
- 052 도로 노면 파손 정보 수집 기술 및 실시간 관리 플랫폼
- 056 고정식 무인교통단속장비
- 060 저비용, 고성능 건물에너지관리시스템 (BEMS) 개발 및 실용화

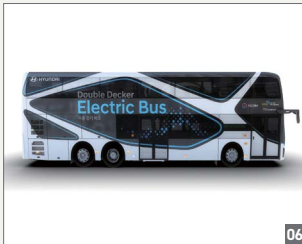
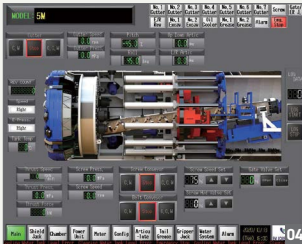
03

안전 및 편의

SAFETY & CONVENIENCE

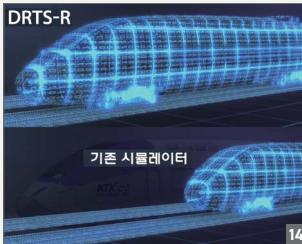
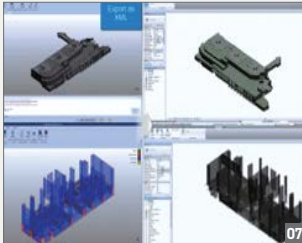
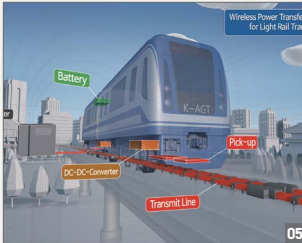
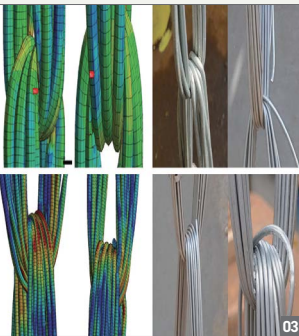
- 066 철도 전기분야 사고장애 감소를 위한 시뮬레이션 기술 개발
- 070 실시간 재난정보 지도를 이용한 철도 운행 지원시스템 개발
- 074 제3종 교량시설물의 정기안전점검을 위한 휴대용 전자장비를 활용한 상태평가 업무 지원기술
- 078 국내 중소 노후교량의 효율적 유지관리를 위한 프로그램 및 실증장치 개발
- 082 P파 지진조기경보 알고리즘이 탑재된 MEMS 기반 가속도계 및 긴급 재난상황 대처용 경보장치 개발
- 086 지하공간 재난상황 인지 IoT 플랫폼 및 재난대응 지능형 긴급대피 경로 유도 플랫폼 개발
- 090 도심 지하철 미세먼지 주범인 노후자갈궤도를 급속개량 가능한 사전제작형 급속개량 궤도 개발





Research & Development

- 01 박테리아슬라임 기반 보호 코팅제
- 02 위성배열 초음파 레일 탐상장비
- 03 500KJ급 고에너지 흡수형 낙석·토석 대책시설
- 04 TBM 커터헤드 전용 설계자동화시스템
- 05 1MW급 경전철용 무선급전시스템
- 06 친환경 대용량 2층 전기버스
- 07 3D 디지털 건축상세설계 자동화
- 08 수요처 맞춤형 실감형 3D 공간정보 기술
- 09 드론 안전운항을 위한 교통관리체계
- 10 미세먼지 스캐닝 라이다 기술



Research & Development

- 11 도로 노면 파손 정보 실시간 관리
- 12 레이더 및 영상 융합 차량 단속시스템
- 13 개방형 BEMS 플랫폼
- 14 전기철도 시뮬레이션
- 15 실시간 재난정보 지도를 이용한 철도 운행 지원시스템
- 16 전자장비를 활용한 시설물 상태평가 기술
- 17 노후교량 관리 프로그램
- 18 긴급 재난상황 대처용 경보장치
- 19 지능형 긴급대피 경로 유도 플랫폼
- 20 사전제작형 급속 개량 슬래브 케도 공법



PART
01

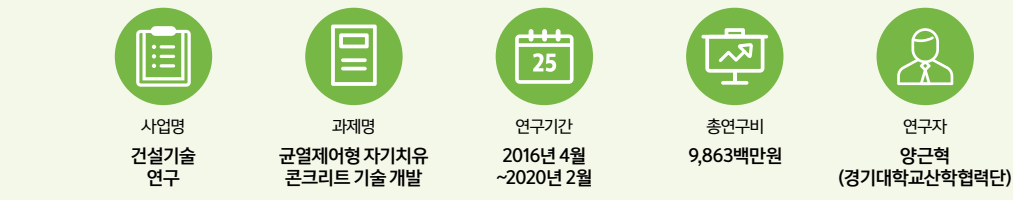
선도 및 자립

Advanced & Independence

혁신기술을 통해 우리는 국토교통과학기술의 새로운 가치를 발견할 수 있습니다. 새로운 가치를 실현하고 전세계에 우리 기술의 우수성을 널리 알리는데 국토교통 R&D가 앞장서겠습니다.

- 01 — 박테리아 생장작용에 기반한 수처리 구조물 보수 공법
- 02 — 철도 레일에 발생하는 균열을 정밀하게 검측 가능한 검측장비 국산화 개발 및 사업화
- 03 — 낙석·토석 대책시설용 연성대책구조물 KR-NET SYSTEM(링형네트) 국산화
- 04 — TBM 굴착성능 향상을 위한 세계최초 커터헤드 설계자동화 시스템과 운전·제어 시뮬레이터
- 05 — 세계최초 1MW급 경전철용 무선급전시스템 개발
- 06 — 한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량 개발
- 07 — 세계선도 3D 디지털 건축상세설계 자동화 솔루션과 현장관리 플랫폼 개발 및 사업화

박테리아 성장작용에 기반한 수처리 구조물 보수 공법



연구배경

상·하수도과 같은 수처리 구조물은 국민 생활의 질과 안전에 직접적으로 관계되는 중요한 사회 기반 시설물이다. 이들 기반 시설들은 주로 급격한 산업화가 이루어진 1970~80년대에 설치되어 약 40여 년 이상으로 노후화가 진행되고 있다. 특히 생·화화적인 부식에 노출되는 수처리 시설물들은 최근 지반 침하 및 싱크홀 유발 등의 심각한 사회적 안전 문제로 나타나고 있다. 더불어 지중에 매립되는 이들 시설물은 육안점검이 어려워 효율적인 유지관리 기술들이 요구되고 있다. 따라서 사회 안전망 구축 측면에서 노후 수처리 구조물의 기능복구 및 장수명화를 위한 고성능 유지관리 첨단 기술은 국가적으로 시급한 이슈이다.



연구목적

이 연구의 목적은 인체에 무해한 박테리아 세포 보호를 위해 형성하는 슬라임을 이용하여 하수 구조물과 같은 수처리 콘크리트 구조물의 표면에서 황산이온에 의한 열화 인자의 접촉을 제어함으로써 구조물의 생·화학적 부식 저항성 및 내황 산성 향상의 성능을 갖는 유지관리-프리형 생태학적 단면 보수제(코팅제)를 개발하는 것이다. 더불어 개발된 보수제(코팅제)의 성능을 학술적·실험적으로 규명하고 제시된 기술의 경제성 및 시공성 확보를 위한 시공기술을 개발하는 데 중점을 두었다.

주요성과

기존 보수기술 제품 대비 구조물의 내황산 사용수명 약 9배 증가

콘크리트의 열화 보호를 위해 적용되는 슬라임 형성 박테리아는 실제 하수 환경에서 지속적 성장과 번식이 가능하며, 황산 열화 보호 기능을 갖는 슬라임의 형성 농도 또한 증가시킨다. 이에 따라 일반 보수제로 보강된 콘크리트 구조체와 비교하였을 때 개발 기술로 보수된 콘크리트의 황산 열화 저항성은 일반 보수제 대비 약 9배 향상된다.

기존 일반 기술 대비 설계단가 최대 49%, 유지관리 비용 최대 95% 감소

개발 기술은 친환경 소재 및 산업 부산물을 적극적으로 활용하여 재료비를 기존 기술 대비 최대 49% 절감이 가능하며, 황산 열화 환경에서의 사용연한을 기준으로 보수제의 재시공 횟수를 고려한 유지관리 비용은 기존 기술 대비 약 95% 절감된다.

국토교통부 건설신기술 인증

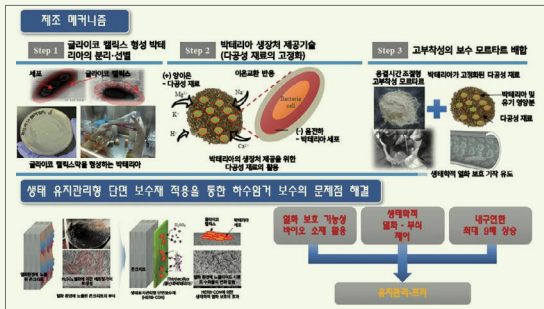
세계 최초 개발 및 실용화에 성공한 바이오 융·복합 건설 기술로써 2021년 '기능성 박테리아를 활용한 하수 처리 콘크리트 시설물 단면 보수 공법'의 명칭으로 국토교통부 건설 신기술 제 910호로 지정되었다.

2021 국가연구개발 우수성과 100선 최우수 성과 선정

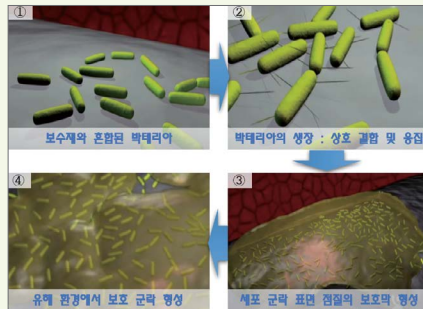
개발 기술은 혁신성, 학술적 우수성을 인정받아 '박테리아 성장작용에 기반한 수처리 구조물 보수 공법'으로 2021 국가연구개발 우수성과 100선 중 국토교통 연구개발 분야 유일의 최우수 성과로 선정되었다.



국가연구개발 우수성과 100선 선정



기술제품의 제조 메커니즘 및 기존 보수 기술의 문제점 해결



콘크리트 표면 박테리아 슬라임 형성 원리

연구의 차별적 특징

세계 최초의 바이오 융·복합 건설 유지관리 기술

개발 기술은 하수관거와 같이 황화수소 가스 및 황산에 의한 열화 인자에 항시 노출되는 콘크리트 구조물의 단면을 복구하고, 지속적으로 열화 보호 효과를 갖는 보수 기술이다. 또한, 생·화학적 열화 요인에 노출된 콘크리트 표면에서 보호 장벽 기능의 박테리아 슬라임을 이용한 구조물 성능 유지 관리에 대해 세계 최초로 개발된 콘크리트 생태 기술이며, 일본 및 중국에서 특허 등록되었다.

기능성 박테리아의 성장 및 기작작용에 기반한 유지관리-프리의 첨단 기술

콘크리트 내부 및 표면에 적용·서식하게 되는 슬라임 형성 박테리아는 성장과 번식에 필수적인 유기영양분 및 수분이 계속적으로 공급되는 하수 환경에서 자가 성장한다. 박테리아의 성장 및 기작 활동으로부터 황산의 접촉 차단 및 황산과 시멘트 내 수화물과의 반응 제어를 통해 구조물의 내황산 수명을 기존 보수 공법 대비 최대 9배 증가시킬 수 있다. 이에 따라 빈번한 점검과 보수·보강이 매우 어려운 지하구조물(하수)에서 사용 수명의 반영구적 증가 및 유지관리-프리 기술로서 활용될 수 있다.

국내 자립의 첨단 기술 및 시공편의성 확보

개발 기술의 시공은 표면 코팅 공정을 단순화하여 기존 공법 대비 공사기간을 11% 단축할 수 있다. 기술에 사용되는 원자재는 100% 국내 제품으로 해외 및 타 기술에 대한 의존도가 없어 자립성이 높다.

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

국내·외적으로 박테리아를 활용한 자기 치유 개념을 도입한 실용화 기술은 부재하므로 본 기술의 파급효과는 바이오테크놀로지와 융합한 구조물 유지관리-프리 기술의 국제적 선도, 콘크리트의 화학적 열화 메커니즘에 대응하기 위한 박테리아의 분해 및 슬라임 막의 차단 메커니즘을 이용한 학술적 이론 기반의 콘크리트 표면 코팅 기술의 국제적 선도, 기존 기술 대비 노무비 50% 이상 절감이 가능한 공정 단순화 등이다.

2. 사회경제 부문

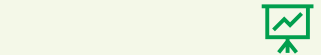
이 기술은 노후 하수관에 의한 기반침하 및 싱크홀 등의 사회적 문제에 대응하면서 구조물의 사용 수명 연장을 통하여 사회적 비용을 절감할 수 있는 국가 공공복지 성격이 강하다. 특히 육안점검이 어려운 지하 시설물에 대한 유지관리 예산을 절감하고, 정부 또는 지자체 주도의 상·하수관의 관리체계 특별법에 대한 기술적 지원을 수행할 수 있다.

바이오 기술과의 융합을 통한 신산업 창출 및 비즈니스 모델 구축을 통하여 자체 브랜드를 설립하였으며, 2020년도 약 90억 원의 매출이 발생하였다. 건설 신기술 인증 후 2021년도 전국 대리점 확대를 통하여 매출액은 500억 원 이상으로 평가되고 있다. 더불어 베트남 TKA-Vietnam사와 기술이전 계약(20만 달러)을 체결하여 해외시장에 진출하였으며, 중국, 홍콩, 및 캐나다에 기술이전을 추진하고 있다. 박테리아의 성장 기작에 의한 콘크리트 생·화학적 열화에 대응하는 이 기술의 원천성은 교량, 항만시설 등의 해양 구조물의 유지관리 기술로 확장될 예정이다.



박테리아 슬라임에 의한 유해이온 흡착 및 보호장벽 기능

주요 연구개발 성과



특허출원

22건

특허등록

26건

일반학술지

12건

SCI

36건

SW등록

3건

기타

신기술인증 1건

표준채택 2건

시제품제작 2건

홍보 4건

철도 레일에 발생하는 균열을 정밀하게 검측 가능한 검측장비 국산화 개발 및 사업화



사업명
철도기술
연구



과제명
레일결합 탐상 검측
시스템 개발



연구기간
2016년 04월
~ 2020년 09월



총연구비
6,347백만원



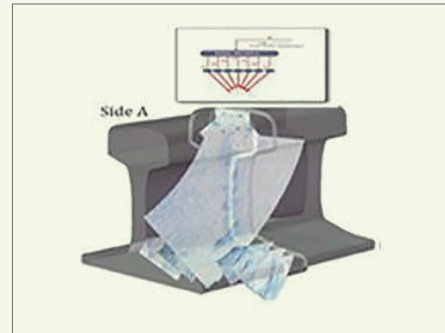
연구자
권세곤
(한국철도공사)

연구배경

철도운영 기관에서는 열차 탈선 등 선로 장애 예방을 위하여 전용 검측장비(전량 수입)로 레일 내부 균열에 대한 주기적인 초음파 검측을 시행하고 있으나, 불감대 영역 존재, 수직 균열 발견 불가 등 단일 초음파 탐상장비의 검측 한계로 레일 절손이 지속적으로 발생되고, 잦은 고장으로 인한 수리 비용 증가 및 장시간 소요로 검측 공백이 발생되었다. 이에 따라 검측 정확도 향상 및 운영 기관의 요구에 탄력적으로 대응할 수 있는 맞춤형 레일 내부 균열 탐상장비의 국산화 개발에 대한 수요가 지속적으로 존재하였다.



위상배열 초음파 탐상장비



센서 구성도

연구목적

철도 레일은 반복적인 열차 하중에 의한 피로 누적과 선로 환경에 따라 레일 내부에 균열이 발생되며, 대다수의 균열은 크기가 진전되어 레일 절손의 원인이 되고 있다. 기존 레일 균열 검사는 초음파 레일 탐상장비를 이용하여 시행하고 있으나, 단일 초음파 탐상 기술은 검측 정확도가 낮고 수입 의존에 따른 유지 보수 비용의 어려움으로 검측 효율성이 낮은 실정이다. 따라서 기존 초음파 검측장비의 성능 한계를 극복하고 검측 정확도와 시인성, 내구성 향상 등 수요처의 요구에 탄력적으로 대응할 수 있는 국산화 검측장비를 개발하여 열차 지연 또는 열차 탈선 등 선로 장애를 선제적으로 예방하고자 추진하였다.

주요성과

세계 최초 위상배열 초음파 레일 탐상장비 국산화 개발 성공

수요기관과 함께 산·학·연이 공동 참여하여 세계 최초로 의료분야 초음파 첨단 기술을 철도 레일에 적용한 '위상배열 초음파 레일 탐상장비 국산화 개발'을 성공하고, 국내 철도운영 기관의 외산 시스템 의존을 탈피하였다. 기존 전량 수입에 의존하여 검측장비 고장 시 해외 제작사의 과다한 유지 보수 비용 청구 및 장기간 수리(최소 6개월 이상 소요)로 인한 검측 업무 공백이 발생하였으나, 탐상장비 국산화와 중소기업의 독자적인 기술력 확보로 장비 고장 시 유지관리가 용이해졌다.

기존 국외 기술 대비 검측 정확도 50% 향상, 수직균열 검측 가능

위상배열 초음파를 이용한 다각도 신호 취득으로 2차원 이미지 표출이 가능하여 내부 결함 검측 정확도를 획기적으로 향상시켰다. 또한 레일 내부 결함의 크기, 위치, 방향성 검측이 실시간으로 가능하여 해외 유사 장비 대비 검측 정확도가 50% 이상 향상되었다. 또한, 그동안 검측이 불가능했던 수직 균열도 찾아낼 수 있으며, 탐상 기기의 시인성 및 가독성 향상으로 초보자도 정밀 검측이 가능할 수 있도록 레일탐상 기술을 제고하였다.

개발품 국내외 사업화 성공

국내·외 각종 전시회 및 언론 보도를 통해 개발품 홍보와 사업화 기반을 마련하고, 중소기업과 공동 개발하여 보유 중인 핵심기술의 '개발선정품 지정'으로 기술이전 및 국내 사업화에 성공하였다.(한국철도 및 도시철도 운영기관 12대 판매(약 17억) 완료('19~'21년), 한국철도 30대 판매 계획 중('22년)) 아울러 산업통상자원부 ODA사업(베트남 철도 궤도분야 안전관리 역량강화 프로젝트) 확정으로 '22년 이후 베트남 철도 수출(18대) 또한 계획되어 있다.

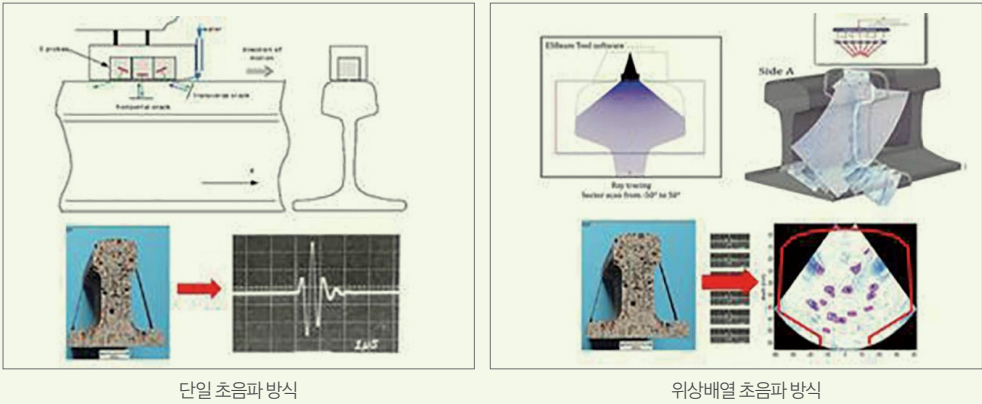
2021 국가연구개발우수성과 100선 선정

개발기술은 연구의 우수성을 인정받아 ‘철도 레일에 발생하는 균열을 정밀하게 검측 가능한 검측장비 국산화 개발 및 사업화로 2021년 국가연구개발 우수성과 100선에 선정되었다.

연구의 차별적 특징

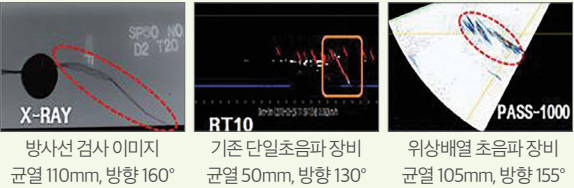
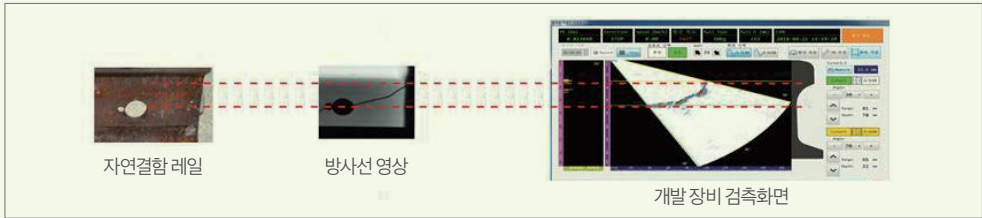
세계 최초 위상배열 초음파 기술 철도레일 균열검사 적용

철도 레일 내부 균열 검사 시 기존 장비에서 사용하는 단일 초음파 방식(4채널, 0°, 45°A, 45°B, 70°)이 아닌 위상배열 초음파 탐상 방식을 세계 최초로 철도에 적용함으로써, 수십 개의 압전소자로 이루어진 위상배열 초음파 변환기를 이용하여 결함 위치, 크기 방향성을 이미지로 표현하고 결함 프로파일에 대하여 정량적인 분석이 가능하다.



레일 발생된 내부균열의 실시간 확인

기존 4채널 단일 초음파 방식과 달리 32채널의 초음파 빔을 다각도(30~70°) 레일에 주사하여 2차원 이미지 표출이 가능하다. 이를 통해 병원에서 초음파를 이용하여 몸속 상태를 검사하는 것처럼 철도 레일의 균열이나 손상의 크기, 위치, 방향 등을 초음파를 이용하여 실시간으로 확인이 가능하다.



레일결함 이미지화를 통한 정밀하고 객관적인 결함 판독

기존 장비의 경우 검측 결과에 대한 검측자의 주관적 판단 의존도가 매우 높으며, 동일 결함에 대한 균열 크기 판독 편차가 크게 발생하였으나, 개발 장비는 레일 결함의 이미지화를 통하여 정밀하고 객관적인 판독이 가능하다.

연구성과의 파급효과

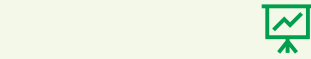
1. 기술부문

국내 철도환경을 고려한 위상배열 초음파 레일 탐상장비 개발을 통해 외산 시스템 의존을 탈피하였다. 또한 기존 레일 탐상장비 대비 배터리 수명을 2배 향상시키고, 다각도 신호 취득으로 2차원 이미지 표출, 시인성 개선으로 검측 편의성 향상, 결함의 이미지화를 통하여 레일 내부 결함의 위치·형상·크기에 따른 체계적인 결함 평가가 가능하다. 이를 통해 철도운영 기관의 레일 유지관리 신뢰성 및 열차 운행 안정성을 확보하여 철도 이용 고객의 편의성과 안전성이 증진될 수 있다.

2. 사회경제 부문

철도운영 기관들 요구사항을 반영한 수요자 맞춤형 레일 탐상장비 국산화를 통하여 '18년부터 위상배열 초음파 탐상장비의 국내 시장 사업화 성공과 해외시장 진출('22년부터 3년간 베트남 철도청에 25대 수출 계획)을 통해 국내 중소기업의 신규 수익과 고용 창출이 가능하다. 또한 검측장비의 핵심기술 자립화로 고장 수리를 국내에서 수행하므로 검측 공백을 최소화할 수 있으며, 수리 및 유지 보수 비용 절감이 가능할 것으로 기대된다.

주요 연구개발 성과



사업화 매출

6건 1,690백만원

특허출원

3건

특허등록

5건

일반학술지

4건

SCI

2건

기타

시제품 제작 1건

낙석·토석 대책시설용 연성대책구조물 KR-NET SYSTEM(링형네트) 국산화

				
사업명 국토교통기술촉진 연구	과제명 고성능 낙석·토석 대책시설 국산화를 위한 5,000kJ급 포켓식 낙석방지울타리 및 유지관리 시스템 개발	연구기간 2019년 04월 ~ 2020년 12월	총연구비 742백만원	연구자 최민형 (주)대한지오이엔씨

연구배경

전 지구적 기후변화에 따라 우리나라도 풍수해로 인한 피해가 증가하고 있으며, 강우량 증가뿐만 아니라 장기 강우 및 누적 강우, 강우 강도 역시 크게 증가하였다. 이에 따른 지반의 간극수압 증가로 지반 응력 감소를 일으켜 산사태, 토석류, 옹벽 붕괴, 낙석 등 비탈면 재해가 증가하고 있다.

이로 인한 피해를 예방하기 위하여 다양한 위험 비탈면 대책 공법이 적용되고 있으며, 설계 및 시공, 경제성을 고려하여 대책 공법 중 70% 이상을 낙석·토석 대책시설이 차지하고 있다.

그러나 국내에는 낙석·토석 대책시설 관련 성능 평가 방법 및 기준이 마련되어 있지 않을뿐만 아니라 실물 성능시험을 통해 그 성능을 검증한 사례는 방호성능 최대 200kJ급으로, 10,000kJ급까지 개발된 해외에 비해 매우 미흡한 실정이다.



고성능 낙석 대책시설형 KR-NET SYSTEM



토석류 대책시설형 KR-NET SYSTEM

고성능 낙석·토석 대책시설(KR-NET SYSTEM) 시공 전경

연구목적

고성능 낙석·토석 대책시설 관련 원천 기술 개발 및 개발된 핵심 구성요소에 대해 관련 해외 기준 ETAG027에 준하여 검증을 수행하여 고성능 낙석·토석 대책시설 시스템에 대한 국산화를 달성하고자 하였다. 또한 국내 최대 500kJ급 실물 성능시험을 통해 개발된 고성능 낙석·토석 대책시설 시스템에 대한 안정성 및 신뢰성을 확보하고자 하였다.

주요 성과

기존 해외 대비 최대 50% 비용 절감

순수 국내 소재 및 국내 기술을 활용하여 고성능 낙석·토석 대책시설을 국산화한 기술로써, 국내에 적용되고 있는 해외 기술 대비 최대 50% 비용을 절감할 수 있는 것으로 기대된다.

기존 대비 12.9% 경량화된 링형 포획망 원천 기술 확보

링형 포획망은 낙석 및 토석류 포획 시 작용하는 충격하중의 변형 및 거동을 통해 1차적으로 저감시키는 역할을 하는 고성능 낙석·토석 대책시설의 핵심 구성요소이다. 2,000MPa급 2.8mm 강선으로 제작되는 링형 포획망을 개발하여 동등한 성능으로 기존 1,770MPa급 3.0mm 강선으로 제작되는 링형 포획망 대비 12.9% 경량화하였으며, 시공성을 향상시킬 수 있다.

성능 조정이 가능한 에너지 감쇄장치 원천 기술 확보

에너지 감쇄 장치는 낙석 및 토석류 포획 시 발생하는 충격하중의 변형 및 거동을 통해 지지부로 전달되는 하중을 감쇄시키는 역할을 하는 고성능 낙석·토석 대책시설의 핵심 구성요소로써, 감쇄 부재인 강관 또는 강판의 제원과 길이를 변경하여 감쇄 성능 조정이 용이한 감쇄 장치 원천 기술을 확보하였다.

고성능 낙석·토석 대책시설 안정성 확보

해외 관련 규정인 ETAG027에 준하여 고성능 낙석·토석 대책시설의 핵심 구성요소인 링형 포획망과 에너지 감쇄 장치에 대한 성능 검증과 고성능 낙석·토석 대책시설 시스템 전체에 대한 국내 최대 500kJ급 실물 성능시험을 수행하여 성능을 검증하고 안정성과 신뢰성을 확보하였다.

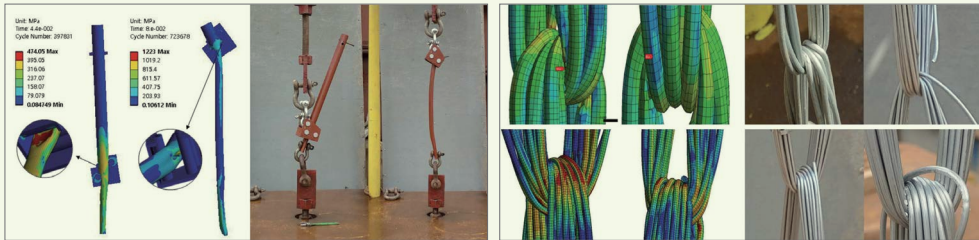
연구의 차별적 특징

500kJ급 이상의 방호성능을 갖는 한국형 고에너지 흡수형 낙석·토석 대책시설

방호 성능 48, 61kJ급 일반 낙석방지 울타리의 10~100배인 500~5,000kJ급 성능을 갖는 한국형 고에너지 흡수형 낙석·토석 대책시설용 링형 네트 시스템으로써, 관련 해외 기준 ETAG027에서 정의하는 포획망, 힌지식 지주, 에너지 감쇄장치 등의 주요요소를 활용하여 낙석 또는 토석류 포획 변형을 통해 충격을 흡수하여 하부 시설물을 방호할 수 있는 연성 구조물 시스템이다.

고성능 낙석·토석 대책시스템 핵심 구성요소에 대한 국내 최초 성능 검증

고성능 낙석·토석 대책시설 관련 해외 기준 ETAG027에 준하여 링형 포획망에 대한 3-Ring Test, 에너지 감쇄 장치에 대한 Energy Dissipating Device Test를 수행하여 핵심 구성요소에 대한 검증능을 통해 개발 기술에 대한 신뢰성을 확보하였다.



링형 포획망에 대한 3-Ring Test

에너지 감쇄장치에 대한 Energy Dissipating Device Test

국내 최대 500kJ급 실물성능 시험을 통한 성능 검증

국내 최대 500kJ급 실물 성능시험(3 ton의 시험체를 17.5m에서 자유낙하)을 수행하여 그 성능을 검증하고, 개발기술에 대한 신뢰성을 확보하였다.



국내 최대 500kJ급 실물성능 시험

LoRa 기반 계측관리 시스템 적용 가능

저전력 장거리 통신 기술인 LoRa 기술을 기반으로 유지관리 키트를 설치할 경우, 별도의 통신시설 및 전력 공급장치 없이 준 실시간 계측관리가 가능하며, 이러한 IoT 융합 기술을 통해 낙석 발생 및 시설물의 이상 유무 상태를 인지함으로써 유지관리성을 향상시켰다.

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

고성능 낙석·토석 대책시설의 핵심 구성요소에 대한 원천 기술을 확보하고 국내 최대 방호 성능 500kJ급 실물 성능시험을 수행함으로써 고성능 낙석·토석 대책시설을 국산화하였다. 이를 통해 국내기술로 200kJ급 이상의 고성능 낙석·토석 대책시설 구축이 가능해짐에 따라 기술 자립도를 제고하였다.

2. 사회경제 부문

순수 국내 소재 및 국내 기술을 활용하여 고성능 낙석·토석 대책시설을 국산화한 기술로써 이를 통해 국내에 적용되고 있는 해외 기술 대비 최대 50% 비용을 절감할 수 있는 것으로 기대된다. 한정된 방재 예산으로 보다 많은 대책시설을 시공할 수 있으므로 낙석·토석에 의한 피해를 저감하여 이에 따른 사회적, 간접적 피해도 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

주요 연구개발 성과



특허출원

2건

특허등록

2건

TBM 굴착성능 향상을 위한 세계최초 커터헤드 설계자동화 시스템과 운전·제어 시뮬레이터



사업명
건설기술
연구



과제명
TBM 커터헤드 설계자동화
및 운전·제어 시스템 개발



연구기간
2017년 4월
~2021년 12월



총연구비
9,433백만원

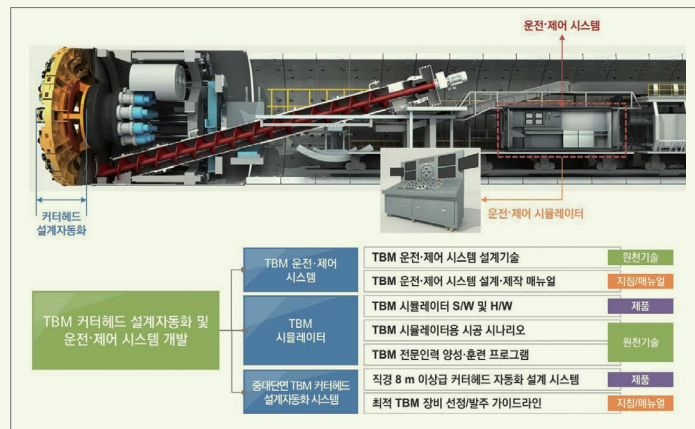


연구자
장수호
(한국건설기술연구원)

연구배경

터널 전 단면 굴착장비인 TBM(Tunnel Boring Machine)의 커터헤드(cutterhead)와 운전·제어 시스템은 TBM의 굴착 성능을 좌우하는 핵심 파트이자, TBM의 설계 엔지니어링 측면에서 가장 중요한 기술 항목이다. 따라서 TBM의 국산화와 선진기술 대비 단기간 기술격차 해소를 위하여, TBM 커터헤드와 운전·제어 시스템의 기술력 확보가 무엇보다 중요하다. 그러나 관련 기술은 TBM 제작사별로 비공개 노하우 기술로 보유하고 있는 상황으로, 관련 원천기술의 독자적인 확보가 필요한 상황이다.

또한 TBM의 시공 성능은 운전자(operator)의 능력에 따라 크게 좌우되나, 도제식(徒弟式)으로 현장의 경험과 실무를 통해서만 운전자가 훈련·양성되고 있는 상황이다. 최근 들어 TBM 분야에서도 시뮬레이터 기반의 오퍼레이터 훈련·교육 필요성이 대두되고 있어, 관련 기술 확보와 시장 선점이 필요하다.



연구성과물 개요

연구목적

국내에서 기 확보한 TBM 커터헤드 설계 원천기술을 바탕으로 커터헤드의 자동 배열 설계, 3차원 제작도면 산출, 구조해석, 커터 겹침 문제 등의 상세 설계 과정을 자동화한 세계 최초의 설계 시스템 개발을 목표로 설정하였다. 또한 단기간 기술 추적이 가능해지면서 독자 상품화가 가능한 TBM 운전·제어 시스템의 국산화와 이를 기반으로 한 세계 최초 TBM 전용 시뮬레이터 개발을 수행하였다.

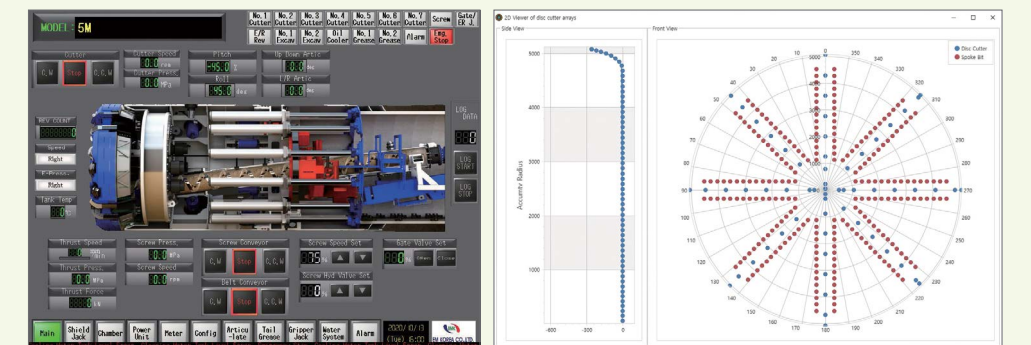
주요성과

TBM 커터헤드 설계 자동화 시스템 (직경 8m 이상급 TBM 커터헤드 설계 가능)

5,000개 이상의 TBM 설계·시공 DB가 포함되어 있어, 이를 기반으로 유사 설계 사례를 우선적으로 파악할 수 있다. 그 다음으로 연구진이 독자 개발한 커터헤드 설계 모델을 통해 디스크 커터(암반용)와 커터 비트(토사용)의 3차원 배열 설계가 자동적으로 이루어지고, 이를 전 세계적으로 기계설계에 가장 많이 활용되는 CATIA 환경으로 데이터를 자동 변환한다. 이어서 구축된 파트/부품 DB를 기반으로 커터헤드의 3차원 형상 설계, 구조해석, 커터 겹침 해석 등이 이루어지고 최종적으로 3차원 제작도면이 산출된다.

TBM 운전·제어 시스템 (직경 5m 이하급)

TBM을 구성하는 각 파트인 커터헤드(회전 방향/속도, 체임법 안정화 등), 중절부(중절 방향/각도 제어 등), 추진부(쉴드잭 제어/속도/압력 등), 이렉터(세그먼트 파지/인양/조립 등), 배토장치(배토량 제어 등), 인터락(비상정지 등) 및 그리퍼(그리퍼잭 제어/압력 등)에 대해, 개발된 시스템에 의해 직경 5m, 3.54m 및 2.54m 쉴드 TBM의 운전·제어가 가능하다.



운전제어 시스템 화면(커터헤드 조작)

커터헤드 자동배열 설계(예)

TBM 운전·제어 시뮬레이터 (직경 8m 이상급)

웹 기반으로 시뮬레이터 프로그램 실행 및 설정된 터널 노선에 대한 방향제어/운전제어 훈련이 가능하며, 각종 인터락/경고 등에 대한 대처 훈련도 가능하다. 특히, 시뮬레이터의 연계 시스템인 LMS(Learning Management System)을 통해 교육·훈련 이력 관리뿐만 아니라, 다양한 시공 시나리오들을 무한대로 생성·구현이 가능하다는 특징을 가지고 있다. 실제 운전·제어 시스템과 동일한 실물 시뮬레이터뿐만 아니라, 터치스크린 방식의 커맨드 체어 시뮬레이터를 함께 개발하여 활용성을 높이고자 하였다.

연구의 차별적 특징

세계 최초 TBM 커터헤드 전용 설계 자동화 시스템 개발

외국에서도 설계 자동화 시스템 개발 사례는 없으며, 수십 년간 축적한 노하우를 기반으로 전문가(설계자)들이 고객의 요구에 따라 맞춤형으로 설계를 수행하고 있다. 국내에는 관련 전문가가 아직까지는 부족한 상황으로서, 개발된 시스템을 활용하면 시공 조건에 적합한 커터헤드 설계조건 산출과 실제 제작이 가능한 3차원 상세 도면의 산출까지 가능하다. 이를 통해 TBM 직경에 따라 상이하지만, 수개월이 소요되던 설계 기간을 수일까지 단축할 수 있게 되었다.



실물 TBM 시뮬레이터



시뮬레이터 화면구성

세계 최초 TBM 운전·제어 시뮬레이터 개발

선진국 일부 기관에서 시뮬레이터 개발이 이루어지고 있으나, 매우 기초적인 수준인 것으로 파악된다. 개발된 TBM 시뮬레이터는 시공 조건에 따른 TBM 운전·방향 제어의 훈련뿐만 아니라, 각종 시공 트러블 조건들을 자유롭게 입력/구현 가능한 것이 가장 큰 특징이다. 또한 상품성을 높이기 위하여 실제 운전·제어 시스템과 동일한 실물 시뮬레이터뿐만



운전제어시스템 시제품

아니라, 실제 조작 환경을 터치스크린 방식으로 구현한 커맨드 체어(command chair)형 시뮬레이터를 함께 개발하였다.

국내 최초 TBM 운전·제어 시스템 개발

직경 5m급 이하의 TBM 운전·제어 시스템 원천기술 개발에 성공하였다. 운전·제어 시스템은 TBM의 추진, 커터헤드 회전, 방향제어, 안정화, 인터락(interlock) 등과 같은 모든 움직임을 제어하는 시스템으로서 기술적 의의가 매우 높다. 특히, 시스템의 활용성을 높이기 위하여 하나의 시스템에서 직경 5m, 3.54m 및 2.54m TBM에 대해 모두 적용할 수 있는 자동 변환 기능을 포함한 것이 특징적이다.

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

외국에 100% 의존하고 있으며 선진 6개국에서만 비공개로 보유하고 있는 TBM의 핵심 설계·제작 자립기술을 확보하는데 성공하였다. 특히, TBM 설계 엔지니어링에서 가장 핵심적인 운전·제어 시스템 개발에 성공하여 국산화 수준을 향상시키는데 기여하였다. TBM 커터헤드 설계 자동화 시스템과 TBM 시뮬레이터는 세계 최초의 기술로서 향후 관련 신시장 창출 및 글로벌 시장 주도에 기여할 것으로 기대한다.

2. 사회경제 부문

해외 터널 건설공사의 대부분이 TBM 공법으로 발주되는 상황에서, 기술적 애로사항들을 해결·지원해 줄 수 있는 기술로서 국내 TBM 제작사/시공사/설계사 육성에 기여할 것이다. 또한 TBM 기술의 국산화를 통해 외국 TBM 제작사로의 외화유출을 절감하며, 숙련된 전문 인력 양성을 통해 TBM 시공트러블 발생을 사전에 예방하거나 발생 시에 시공 지체시간을 최소화함으로써 관련 공사비용 절감에도 기여할 것으로 기대한다.

주요 연구개발 성과



사업화 매출

7건 63백만원

특허출원

4건

특허등록

3건

SCI

2건

일반학술지

13건

SW등록

12건

기타

시제품 제작 1건

성과홍보 73건

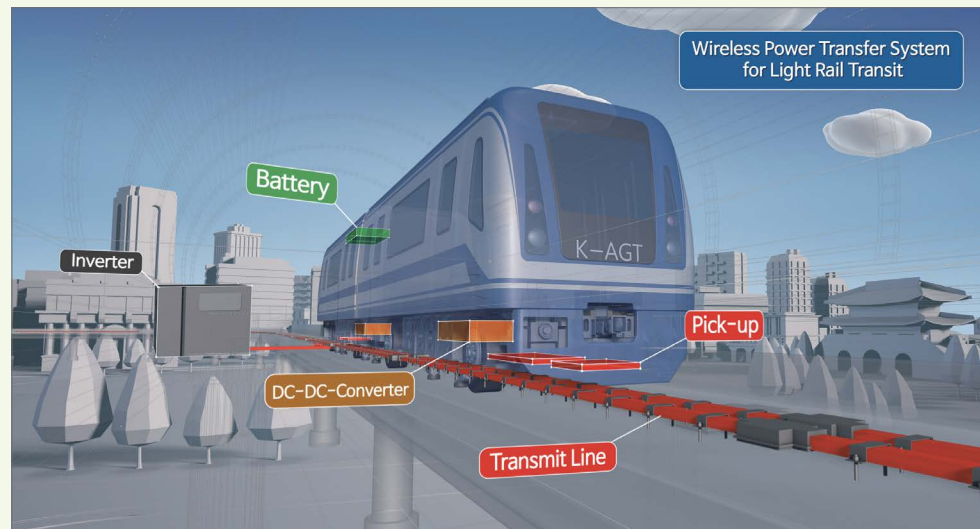
세계최초 1MW급 경전철용 무선급전시스템 개발

				
사업명 철도기술 연구	과제명 경전철용 무선급전시스템 적용기술개발 연구단	연구기간 2015년 07월 ~2020년 06월	총연구비 24,524 백만원	연구자 이병송 (한국철도기술연구원)

연구배경

최근 대도시의 인구 증가 및 광역 교통망 정책에 따라 경전철 수요가 증가하고 있으나 기존의 경전철 기술은 도시미관과 운행거리에 한계가 있어 이를 해결할 수 있는 신기술 개발이 요구되고 있다. 가선 방식의 경전철은 도시미관을 해치고 안전사고의 위험성이 있으며 배터리 방식의 경전철은 배터리 용량으로 인해 운행거리에 한계가 발생하고 있다.

이러한 문제를 극복하기 위해 가선을 제거하고 운행거리 한계를 극복할 수 있는 무선 급전 기술이 필요하게 되었다. 기존 대용량 무선 급전 기술은 국내·외에서 개발되었으나 그 용량이 버스 수준으로 사용 가능한 200kW급에 머물러 트램급 이상의 경전철에는 부족함이 있었다.



철도 무선급전 개념도

연구목적

1MW급 무선 급전 시스템을 개발하여 세계 최초로 경전철에 적용하고 운영기술을 개발하고자 하였다. 무선 급전 효율 85% 이상 달성 및 1km 이상 주행이 가능한 경전철 Test-Bed를 구축하여 성능을 검증하고, 무선 급전 적용 차량을 이용한 4만km 시운전을 시행하여 신뢰성 확보를 목적으로 하였다.



경전철용 무선급전시스템 핵심장치

주요성과

1MW 대용량, 효율 90.1% 무선급전 핵심기술 개발

트램을 포함한 거의 모든 경전철에서 운영이 가능한 1MW급 무선 급전 기술을 개발하였고 최대 효율 90.1%를 달성하였다. 신소재 반도체 적용 급전 인버터 및 집전장치, 60kHz 공진 회로, EMI 저감 케이블 기술, 코어리스 선로 기술, 공진 캐패시터 기술 등의 핵심기술을 개발하였다.

인프라 비용 절감이 가능한 무선급전선로 연장 기술 개발

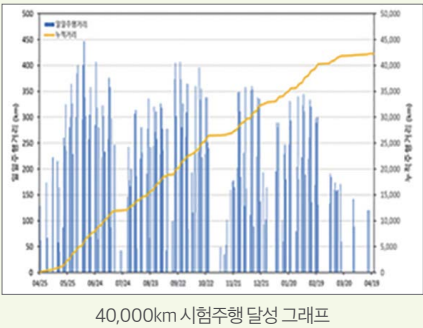
인버터 1대당 급전선로를 250m까지 연장할 수 있는 기술을 개발하여 급전선로 연장에 따른 인버터 수량을 최소화하였다.(기존 Bombardier는 인버터 1대당 급전선로 8m 수준) 또한, 모듈형 코어리스 급전선로를 개발하였고 코어리스 단점을 극복하기 위해 와전류 손실 최소화 분석기술을 개발하였다.

무선급전 핵심부품 국산화

무선 급전선로 핵심부품인 60kHz 고주파용 대용량 공진 커패시터는 길게 연장되는 급전선로의 공진주파수를 조정하고 선로 내압을 감소시키는 역할을 수행한다. 고주파용 대용량 공진 커패시터는 이전에는 해외에서만 개발하여 전량 수입 대상이었으나 기술개발을 통해 국산화하였다.

무인 무선급전 경전철 시운전 4만km 달성

무선 급전 인버터와 급전선로가 구성된 역사를 갖춘 시험선을 구축하고 무선 집전장치를 경전철 차량에 적용하여 무선 급전 시스템 시운전을 수행하였다. 무인운전 및 자동충전이 가능하도록 제작하였고 약 1년간의 사계절 시험을 통해 시험 주행거리 4만km를 달성하였다.



연구의 차별적 특징

세계 최초 1MW급 경전철 무선급전 시스템 구성품 핵심기술 개발

철도 분야에서 기존 200kW급의 무선 급전 기술을 최초로 1MW까지 확장하여 모든 종류의 경전철에 적용이 가능하다. 배터리 시스템과 혼용되어 무선 급전 선로를 전 구간에 설치하지 않고 노선의 약 20%의 구간에만 설치하여 인프라 비용을 절감할 수 있다.

공진주파수 60kHz 기술 도입

기존 20kHz로는 대용량 무선 전송 효율 및 소형화에 한계가 있어 신소재 SiC 반도체 기술 도입으로 공진 주파수를 60kHz로 상향하고 차량 부하변동에 따른 전력 제어가 가능한 능동형 제어 알고리즘을 통해 급전장치 효율을 향상하였다.

3세대 코어리스 기술 적용

급전선로의 자기장 차폐와 결합계수 향상을 위해 설치되는 자성체 코어를 제거하는 기술을 적용하였다. 이에 따라 코어가 없을 때 자기장 차폐가 어려운 단점을 극복하기 위해 와전류 손실 최소화 분석기술을 사용하였다.

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

세계 최초 1MW급 경전철용 무선 급전 시스템 기술 확보로 철도 선진기술 보유국으로서 국가 위상을 제고하게 되었다. 이는 모든 종류의 경전철에 적용 가능한 대용량 시스템으로서 트램, AGT 등 다양한 차종에 활용이 가능하다. 대용량 무선 급전 핵심기술은 철도뿐만 아니라 항만 분야(항만 크레인, 육상전원공급설비) 및 물류 분야(물류 이송장치 등)에도 활용이 가능하다.

2. 사회경제 부문

친환경 경전철 시스템 확보로 도시미관 향상 효과를 기대할 수 있으며, 개발기술 적용 시 기존 경전철 대비 약 28%의 미세먼지 저감이 가능하다. 또한, 기존의 유가선 경전철 시스템과 비교 시 가선 인프라 제거로 인해 건설비와 운영비를 절감할 수 있다. 그리고 기존 전기 공급 방식의 패러다임 변화로 변전시설 및 열차편성 수 감소, 노선 연장으로 건설비 절감과 지자체의 노선 계획에 유연성을 줄 수 있고 시민의 생활편익이 향상된다.

주요 연구개발 성과	
특허출원	15건
특허등록	25건
SCI	1건
일반학술지	2건
SW등록	2건

한국형 대용량 2층 전기버스 선행차량* 개발

*해당기술과 동일·유사한 사례가 존재하지 않아 국내 최초로 실증화한 차량



사업명
교통물류연구



과제명
한국형 대용량 2층
전기버스 선행차량 개발



연구기간
2017년 12월
~ 2019년 6월



총연구비
6,000백만원



연구자
김형진
(현대자동차)

연구배경

국내 광역버스의 출퇴근 시간대 정원 초과, 불법 입석 운행 등 교통안전성에 대한 사회적 문제 해결을 위해 대용량 운송수단의 필요성이 강력히 대두되고 있으며, 전 세계적으로 자동차 산업의 패러다임이 내연기관에서 친환경 차량으로 급속하게 전환되는 과정에 있다.

이에, 대용량 수송능력과 친환경성을 동시에 만족할 수 있는 2층 전기버스의 국내 개발 및 도입이 필요하다.



2층 전기버스 컨셉

연구 목적

국내 운영 환경에 적합한 친환경 신 교통수단인 2층 전기버스 베어샤시와 선행차량을 개발하여 대용량 2층 전기버스 관련 기반 기술을 확보하고 부품 및 차량 검증을 수행하고자 하였다.

주요성과

친환경 대용량 2층 전기버스

전장 13m, 전고 4m, 승차인원 71명의 대용량 수송능력과, 384kWh의 고전압 배터리와 240kW의 구동모터가 적용된 친환경 대용량 2층 전기버스를 개발하여 현재 광역버스 노선에서 운행 중인 해외 도입 디젤엔진 기반의 내연기관 차량을 대체하였으며, 이를 통해 국내 출퇴근 시간대 교통 환경 및 대기 환경을 개선하였다.

승객 편의성과 안전성 향상

2층 전기버스는 기존의 내연기관 차량과 차별화된 소음·진동 개선을 통해 대중교통의 쾌적성을 향상시켰다. 또한 교통약자를 위한 2석의 휠체어석과 슬라이딩 램프를 적용하였으며 루프 해치, USB 충전구, 실/내외 모니터링 시스템, LDW(Lane Departure Warning), VDC(Vehicle Dynamic Control), FCA(Front Collision Assist) 등을 적용하여 승객의 편의성과 안전성을 향상시켰다.



휠체어석



버스 좌석

부품 및 차량 안전성 검증

2층 전기버스를 구성하는 주요 부품인 구동축전지, 구동전동기에 대한 안전성을 검증하고 차량의 전기적 적합성을 검증하여 국내 운행 환경에 적합한 차량부품을 확보하였고 이를 통해 2층 전기버스 사업화 기반을 마련하였다. 또한 검증된 기술력을 통해 선진 기술에 앞선 기술 주도권을 선점하였다.

운영비용 절감 효과

2층 전기버스는 2층 디젤버스 대비 약 60% 이상의 연료비를 절감할 수 있고, 노선 투입 차량이 많을수록 운전자 수 감소에 따른 인건비 절감이 가능하므로 운영 업체의 수익성 개선에 기여한다.

연구의 차별적 특징

친환경 대용량 2층 전기버스 개발 및 사업화

개발된 2층 전기버스는 국내 법규를 고려하여 전장 13m, 전고 4m, 전폭 2.5m로 제작되었으며, 6×2 구동 시스템을 신규 개발·적용하여 1회 충전 주행거리 300km 이상(정속 73km/h, 공차 기준), 최고 속도 85km/h 이상의 차량 성능을 확보하였다.

베어샤시 및 완성차 개발

전기 구동 시스템이 적용된 베어샤시와 2층 구조의 차체 및 의장 시스템을 개발하여 다양한 방식으로 생산이 가능하다. 이를 통해 국내 중소 바디빌더 업체와 연계성을 강화하고 동반 발전의 기회를 제공함으로써 중소 바디빌더 업체의 기술력을 향상시키고 새로운 수익 창출 기회를 마련하였다.



2층 전기버스 컨셉



2층 전기버스 내부

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

국내 생산 사례가 없는 2층 구조의 버스 차체 설계 및 제작 기술과 대용량 차량의 전기 구동 시스템 기술을 결합하여 세계적으로 양산 사례가 없는 전장 13m 급의 친환경 대용량 2층 전기버스 국산화 개발 기술력을 확보하였다. 향후 시내버스, 고속버스 등으로 친환경 차량 개발 기술을 확대하여 보급·적용할 수 있다.

2. 사회경제 부문

2층 전기버스는 친환경 전기 구동 시스템을 적용하여 국내 대기 환경을 개선하고 해외에서 도입된 2층 버스를 대체하여 국내 경제성장에 기여한다. 또한 불법 입석, 교통혼잡, 대기오염, 소음 등의 사회적 문제를 개선하고 교통약자를 위한 편의성을 제공하여 국내 환경에 적합한 신 교통수단이 조기에 안정화될 수 있도록 기여한다.

주요 연구개발 성과



사업화 매출

8건 24,120백만원

특허출원

2건

특허등록

3건

기타

시제품 제작 11건

홍보 3건

세계선도 3D 디지털 건축상세설계 자동화 솔루션과 현장관리 플랫폼 개발 및 사업화



사업명
도시건축
연구



과제명
기업지원형 초고층빌딩
핵심기술 개발



연구기간
2015.12
~2021.6



총연구비
12,905백만원



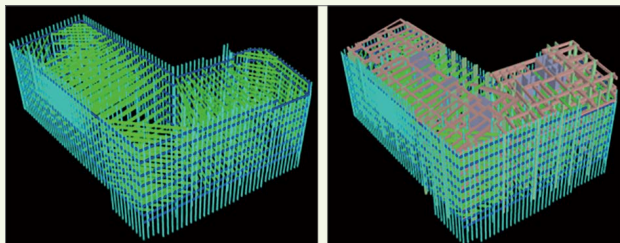
연구자
김은석
((주)창소프트아이엔아이)

연구배경

3D 디지털 설계와 디지털 플랫폼 기반 현장관리 기술이 건설산업의 디지털 전환과 4차 산업혁명을 이끌고 향후 건설산업의 경쟁력을 좌우할 것으로 예상된다.

하지만 BIM(Building Information Model) 개념과 기술이 소개된 지 10여 년이 흐른 지금, 아직도 건설산업 전반의 디지털전환은 더딘 상황이다. 기본설계 단계의 3D 디지털 설계기술과 솔루션은 발전하고 있으나, 시공단계의 방대한 정보량과 다양한 프로세스를 지원하는 기술과 솔루션이 실용화 및 현장적용 수준에 이르지 못하고 있기 때문이다.

즉, 현재 3D 디지털 솔루션들의 상세설계 생산성과 완성도의 한계로 현장 적용이 불가하다.

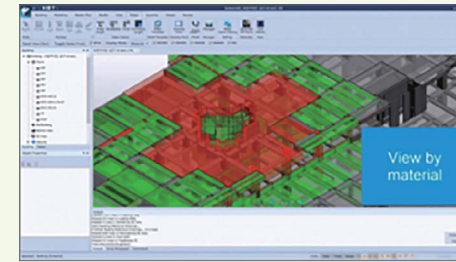


BuilderHub-CE Step3-1. 가시설, 골조+가시설

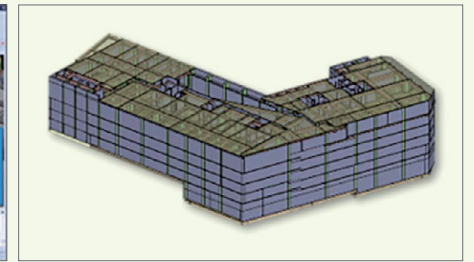
연구 목적

2D CAD 도면 또는 3D BIM 모델로 표현된 기본설계 정보를 기반으로 단순 반복작업이 큰 비중을 차지하는 공종별 상세설계 업무를 자동화하여, 시공단계에서 요구되는 방대한 양의 상세설계 정보를 높은 생산성과 완성도로 생성할 수 있는 공종별 건축 상세설계 솔루션과 상세설계 모델을 기반으로 시공 전 과정을 지원하는 현장관리 플랫폼을 개발한다.

이를 통하여 현재 100% 해외 기술에 의존하고 있는 건설산업 디지털 전환 원천기술을 확보하고 건설산업 디지털화를 선도함으로써 향후 건설산업 글로벌 경쟁력 혁신에 기여한다.



철근 3D 자동상세설계



골조모델

주요성과

골조 특화 시공용 BIM 도구 BuilderHub-Q

2D도면 자동인식을 통하여 자동 3D BIM모델링을 지원하는 골조 시공용 BuilderHub-Q 솔루션을 개발하였다. 이는 배근상세설계 자동화, 자동 골조 물량 산출(철근, 콘크리트, 거푸집), 배근시공도 자동 추출, 범용 BIM도구 및 기타S/W와 모델 Data 연동을 지원하는 기능을 보유한다.

건축마감 특화 시공용 BIM 도구 BuilderHub-A

자동으로 생성된 면과 구성된 마감 DB내용을 기반으로 조건을 설정하고, 설정된 조건에 따라 자동으로 물량을 산출해주는 건축마감 시공용 BuilderHub-A 솔루션을 개발하였다. 이는 내역 아이템 100% 모델링이 가능하며, 모든 내역 아이템 물량을 산출하고, 아이템 객체화, 테이블 편집기, 범례 뷰, 집계조회, 다양한 보고서 양식 등을 통해 편리한 물량 검증 및 간단한 물량 수정 방식으로 업무 효율 극대화할 수 있다. 또한, 필드별 필터, 3D 모델과 내역과의 연계성을 보유하여 확인이 쉽고 BIM기반 프로젝트 관리도구 연동을 통한 마감 간섭 검토 및 목업 도면 출력 기능을 보유한다.

거푸집 특화 시공용 BIM 도구 BuilderHub-F

골조 및 거푸집 부착 10여 종의 취부물 자동 모델링을 통하여 거푸집 상세 설계 자동화, 거푸집 제작도 추출 자동화, 디지털 내역서(Digital BOM) 작성 자동화, 판넬 전체 물량 산출서(Digital BOQ) 작성 자동화, 거푸집 패널 전용(재사용) 계획 자동화 등 시공의 효율성을 높였다.

BIM 기반 토공추정 자동화 System 기술 BuilderHub-CE

누적된 DB 내용을 지층 및 굴착 조건을 가진 사면과 비교하여 최적의 공법과 가시설 제원을 선정하고 분석된 DB 정보를 기반으로 흙막이 3D 모델을 자동 설계하였다. 자동 설계된 형상과 객체에 적용된 정보를 기반으로 가시설 자동 물량을 산출하고, 프로그램 내에서 시추점 데이터 기준으로 보장하여 지형 직접 생성 및 구역별 지층별로 객체의 체적이 계산되어 토공량을 산출한다. 이를 통해 타 프로그램과 연동하여 골조 모델과의 간섭 검토와 공정 및 장비 시뮬레이션 등을 통해 사전 리스크를 분석하고 해결이 가능하다.

5D(3D설계+공사비+공정) 현장관리 플랫폼 IDC(integrated Digital Construction)

5D 현장관리 플랫폼을 개발하여 다양한 기능을 구현할 수 있다. 설계 모델 및 회사 WBS/CBS 업로드 및 프로젝트 전반 공정/내역 현황 요약, 상세설계 모델 기반 물량산출/내역 생성이 가능하며, 이를 협력사 별 작업 생성 및 모델/내역과 연계한다. 이를 통틀어 3D 설계/내역과 연계된 통합 공정관리와 상세설계 모델 기반 물량산출/내역 생성이 가능하다.

연구의 차별적 특징

혁신성 : 세계 최초로 3D 디지털 건축설계 업무 범위를 건축 상세설계까지 확장 성공

기존에 미국 Autodesk Revit을 포함한 글로벌 3D BIM 설계도구는 기본설계 단계에만 적용되어 기본설계의 수십 배에 달하는 상세설계 3D 디지털화가 불가하였다. 그러나 공종별 건축상세설계 자동화 알고리즘을 개발하여 상세설계 생산성·완성도를 제고하였고, 세계 최초로 건축상세설계 정보의 3D 디지털화 실용화 기술을 개발하였다.

생산성 : 평균 6개월 소요되는 건축상세설계 도서를 2주일 내에 작성

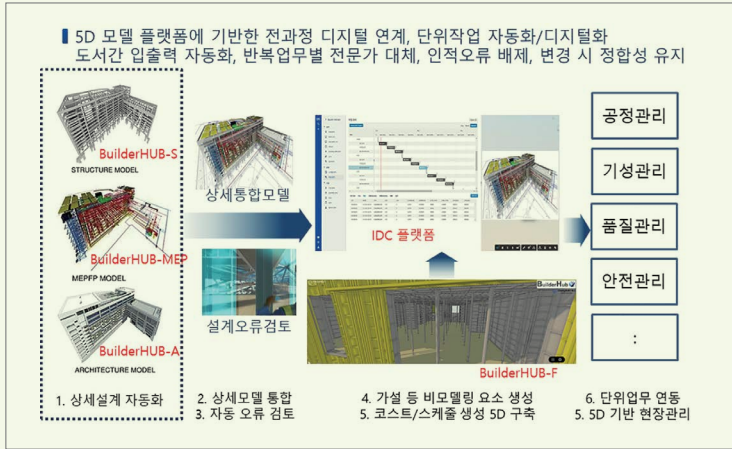
2D CAD 도면 인식을 통한 3D 모델링 기능으로 모델링 생산성을 300% 이상 향상하였으며, 2D CAD 도면 및 3D 모델 설계 오류 검색 기능을 개발하여 설계 오류에 의해 재작업을 방지하고, 공정별 상세설계 자동화를 구현하여 기존 6개월 소요되는 상세설계도서를 2주일 내로 작성할 수 있게 되었다.

정확성 : 단순반복작업 중심의 건축상세설계 자동화로 인적 오류 가능성 배제

건축 상세설계는 대량의 단순 반복작업으로 구성되어 인적 오류가 발생할 가능성이 높은 특성을 보유하고 있다. 따라서 건축설계 기준 등에 따른 건축 상세설계 업무 자동화 기술을 개발하여 인적 오류 가능성을 원천 배제하고, 철근 상세설계 경우 기존 7~10% 이르는 물량 오차를 1%대로 낮추어 원가절감에 기여하였다. 이는 재시공 최소화 등으로 이어져 결과적으로 공사비 3% 절감의 효과가 검증되었다.

완성도 : 방대한 양의 건축상세설계 정보 99% 지원. 현장 적용 가능한 완성도 제공

기존의 글로벌 3D 디지털 BIM 설계 도구는 기본설계 단계에만 활용하여 상세설계 작업에는 활용되지 않았다. 세계 최초로 방대한 양의 건축 상세설계 정보를 3D 디지털 모델링 할 수 있는 기술을 개발하여 현장에서 필요한 건축 상세설계 정보를 99% 지원하고, 현장 활용 업무(견적, 현장관리, 기성 관리)에서 디지털화를 실현하였다.



연구성과의 파급효과

1. 기술부문

기존 2D 종이 도면/문서 기반 기술환경을 3D 디지털 모델 기술환경으로 전환하고, 3D 디지털 건축상세설계 모델 기반의 건설 프로세스 구축할 수 있다.

2. 사회경제 부문

본 기술의 활용을 통하여 건설산업계 전반의 자발적 3D 디지털 전환을 주도에 기여하고 있다. 20여개 건설사에 기술사업화를 실시하여 전사적 또는 현장별 기술을 도입하고, 3~7%의 원가절감을 실현하였다.* GS건설 골조공사를 통해 실 발주물량 대비 건적 111% 및 본 기술의 99% 정확성을 확인하였다. 또한 2019년 코오롱 건설에 본 기술을 적용하면서 36억원의 절감 목표를 수립하였고, SK건설, 한라건설, 현대모비스 등 다수 건설사와도 도입 협의 중이다.

* 대림산업 전사적 도입으로 2019년 54억원 절감(연간 라이선스 비용 2억원)

주요 연구개발 성과



사업화 매출

76건 8,524백만원

특허출원

25건

특허등록

10건

SW등록

58건

SCI

19건

일반학술지

11건

기타

신기술지정 2건
표준채택 부재
시제품제작 4건
홍보 21건

PART

02



스마트 국토

smart technology

디지털 전환 물결 속에서 우리는 새로운 모습의 국토교통 과학기술을 발견할 수 있습니다. 새로운 국토공간의 창조와 미래 교통 시스템 실현에 국토교통 R&D가 앞장서겠습니다.

- 08 — 기상훈련, 재난안전, 디지털트윈, 메타버스 등 수요 맞춤형 실감형 3D 도시모델 갱신 및 지원 기술
- 09 — 드론, 드론택시를 포함한 도심형 미래항공 모빌리티를 운용 가능하게 하는 드론교통관리시스템
- 10 — 지역수요기반의 스마트시티 서비스 모델 개발
- 11 — 도로 노면 파손 정보 수집 기술 및 실시간 관리 플랫폼
- 12 — 고정식 무인교통단속장비
- 13 — 저비용, 고성능 건물에너지관리시스템 (BEMS) 개발 및 실용화

가상훈련, 재난안전, 디지털트윈, 메타버스 등 수요 맞춤형 실감형 3D 도시모델 갱신 및 지원 기술



연구배경

가상현실, 게임, 관광, 재난관리, 가상훈련 등 현장감과 현실감 향상을 위하여 실세계 도시를 대상으로 하는 다양한 콘텐츠 응용 수요가 증가하고 있다. 그러나, 지속적으로 변화하고 있는 실세계 도시를 대상으로 고품질의 실감있는 3D 도시모델 구축을 위해서는 많은 비용과 기술적인 어려움이 장애로 대두되고 있다.

특히, 수요 분야에서 수행하는 3D 도시모델 구축 작업 중 70% 이상이 유사 분야 간에 서로 중복되고 있으며, 구축된 콘텐츠의 품질도 문제로 대두되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 3D 공간정보를 신속하게 구축하고, 현행화할 수 있는 기술, 다양한 수요에 맞게 고품질의 실감있는 3D 도시모델을 제작하여 제공하는 기술과 국제 규격의 표준화된 데이터 검증기술 개발이 필요하다.



재난관리 테스트베드

연구목적

국토교통부의 3D 공간정보를 다른 산업분야에서 활용하기에는 현행화, 전문가 부족, 데이터 품질 등의 제약조건을 가지고 있다. 따라서 실감형 공간정보 콘텐츠를 요구하는 다양한 수요처의 요구에 맞게 3D 공간정보를 신속하고 값싸게 생성·갱신하며, 다양한 소스로부터 실감형 3D 도시모델을 저작·제공 기술 및 표준화된 검증기술을 개발하여 실감형 3D 공간정보의 지속가능한 공유 및 활용 생태계 구축을 위한 핵심 기술 확보를 목적으로 한다.



기술 수요 및 공급

주요성과

Nadir 촬영 기준 약 80%의 비용 절감 효과가 있는 UAV 3D 사전비행 시뮬레이터 개발

UAV를 이용한 3D 모델링 작업을 사전에 컴퓨터로 시뮬레이션 할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다. 개발된 사전비행 시뮬레이터는 Nadir 촬영, Oblique 촬영, 단독건물촬영, 대지촬영 등 다양한 촬영 방식을 지원하면서, 시뮬레이션 상에서 비행경로와 촬영되는 영상을 확인할 수 있으며, 기존 대비 비용 절감이 가능한 효과적인 UAV의 촬영 선행 계획을 제공할 수 있다.

기존 대비 50% 이상 향상된 렌더링 성능을

지원하는 실감형 3D 도시모델 제공기술 개발

Unity3D 엔진에서 3D 모델 및 디지털 행정 자원을 활용하여 워크플로우 기반 실감있는 3D 도시모델을 저작할 수 있으며, Globe 기반 대규모 3D 도시모델 가시화 및 림스케일 규모의 혼합현실 환경을 제공할 수 있다. 국제 표준 OGC 3D Tiles을 지원하며,

3D 모델 경량화 및 최적화를 통해 기존 브이월드 대비 50% 이상 향상된 렌더링 성능을 확보하였다. 개발된 연구성과는 스마트시티, 가상현실, 메타버스 등 다양한 수요처의 최신 기술 트렌드에 부합하는 기술로 적용 가능하다.



가시화엔진

데이터 무결성을 보장하는 CityGML기반 실감형 3D 건물모델의 데이터 유효성 검증 기술 개발

CityGML기반의 3차원 공간정보(건물 기준)에 대한 국제표준(ISO 19107-Spatial Schema, CityGML Quality Interoperability Experiment(2016,8) 등)을 준수하는 3차원 도시모델의 제작과 상호운영에 필요한 타당성 검증기준을 준수한 기하학적 요소기술 검사도구의 개발로 실감형 3D 도시모델에 대한 데이터 무결성과 신뢰성을 보장한다.

2021 국가연구개발우수성과 100선 선정

개발기술은 연구의 우수성을 인정받아 ‘가상훈련, 재난안전, 디지털트윈, 메타버스 등 주요 맞춤형 실감형 3D 도시모델 갱신 및 지원 기술’로 2021년 국가연구개발 우수성과 100선에 선정되었다.

연구의 차별적 특징

UAV 항공촬영시뮬레이터를 이용한 3D 모델링 작업 효율성 제고

UAV를 이용한 3D 모델링 작업을 시뮬레이터를 이용하여 사전에 수행함으로써 항공촬영시 발생할 수 있는 음영지역 및 누락지역을 사전에 탐지하여 불필요한 반복작업을 최소화할 수 있다. 또한 비행 시뮬레이션을 통해 주변 지형·지물과의 충돌을 사전에 방지하고 촬영 영상에 대한 산출물의 품질을 사전에 파악할 수 있도록 하여 UAV 촬영시 발생하는 여러 가지 시행착오를 최소화할 수 있도록 하였다.



실감형 3D 도시모델 저작 및 혼합현실 기술

다양한 실감형 3D 도시모델의 활용 요구를 충족하기 위하여 드론 촬영 3D 모델, 정밀도록지도, 건축물대장과 같은 유관 데이터 등 다양한 소스의 정보를 활용하여 드래그 앤 드롭 방식의 실감있는 3D 도시모델 저작 기능을 개발하였다. 글로브 기반 도시모델 렌더링, OGC 3D Tiles와 같은 국제 표준을 준용한 데이터 관리 및 제공 방법을 지원하며, 대규모 도시모델을 혼합현실과 같은 새로운 기술 트렌드에 맞추어 제공할 수 있도록 기술을 개발하였다.

국제 표준 기반 3차원 공간데이터의 품질 검증 기반 확보

현재 3차원 공간데이터(또는 모델)의 제작에 있어 가시화를 위한 데이터 생성의 목적이 중요하게 여겨지고 있으나 활용 범위를 공간분석과 같은 전문적인 영역까지 확장시키기 위해서는 3차원 객체의 기하(Geometry)와 위상(Topology), 시맨틱(Semantic) 측면에서 오차가 없는 데이터의 무결성을 확보해야 한다. CityGML 표준 모델 기반 일관성 검증 기준 등 국제 표준을 충족하는 유효성 검증 기술 및 검증 도구를 개발하여 데이터 품질 향상에 기여할 수 있다.

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

무인항공기로 영상 촬영시 비행 한계 경로, 장애물, 건물에 의한 폐색 영역 등 사전 시뮬레이션을 통한 효과적인 무인항공기 촬영 선행 계획을 준비할 수 있으며, 도화 가능 수준의 무인항공기 영상센서 모델링 기술을 확보하여 국내 드론촬영 3D 모델링 소프트웨어의 자립 기반을 확보하였다. 또한, 3D 모델, 행정 정보를 이용한 실감있는 3D 도시모델 저작, OGC/3D Tiles 표준, 국제 표준규격 기반 데이터 품질 검증 및 혼합현실 지원으로 다양한 수요처의 요구에 맞는 3D 도시모델 지원이 가능하다.

2. 사회경제 부문

3D 공간정보를 다양한 수요처의 요구에 맞게 갱신, 저작하여 제공할 수 있는 실감형 3D 도시모델 갱신 및 활용 지원 기술은 3D 공간정보를 이중산업과 융복합하여 활용하는 생태계의 생성을 촉진할 수 있을 것이다. 특히 국제 표준 규격을 만족하는 데이터 품질 확보와 콘텐츠 구축을 위한 공간정보 구축 비용 절감 등으로 이중 산업과 융복합 시너지를 창출하여 공간정보 활용 신산업의 창발 및 관련 산업 활성화에 크게 기여할 수 있을 것이다.



3D 도시모델

주요 연구개발 성과



사업화 매출

13건 677백만원

특허출원

22건

특허등록

6건

SW등록

80건

SCI

6건

일반학술지

35건

기타

신기술지정 부재

표준채택 부재

시제품제작 5건

홍보 42건

드론, 드론택시를 포함한 도심형 미래항공 모빌리티를 운용 가능하게 하는 드론교통관리시스템

				
사업명	과제명	연구기간	총연구비	연구자
무인비행체 안전지원 기술개발	무인비행장치의 안전운항을 위한 저고도 교통관리체계 개발 및 실증시험 연구단	2017년 04월 ~2022년 12월	23,999백만원	강창봉 (항공안전기술원)

연구배경

미래항공모빌리티의 대표적인 플랫폼인 드론, UAM(Urban Air Mobility)과 기존의 유인 항공시스템과의 공역 공유를 위해서는 공역 내 비행상태를 실시간 모니터링할 수 있는 법·제도·정책·기술·인프라 구축이 반드시 필요하다.

연구목적

‘드론 안전운항을 위한 교통관리체계(UTM, UAS Traffic Management)’는 드론의 안전비행과 공역통합관리를 가능하게 하는 기술이며, 물류배송·시설물진단·정밀감시·재해재난 대응 등 다양한 수요에 대하여 현재처럼 조종자와 사업자의 판단에 국한되지 않고 비행에 필요한 모든 정보를 연계 및 제공함으로써 시스템적인 안전확보가 가능하도록 하였다.



도심항공실증

주요성과

세계 최고 수준의 도심형 드론교통관리시스템 개발 및 실증

대도심 지역(여의도 한강공원)에서 연구개발 드론, 상용 드론, 해외 드론택시에 비행 감시정보 발신장치를 장착하고 K-드론시스템(UTM)의 통제하에 유인기 비행감시정보를 포함하여 연계 실증을 수행하였으며, 드론교통관리시스템 통제하에 세계 최초로 대도심에서의 다기종(드론택시 2대, 상용기체 2대, 연구개발 기체 4대) 동시 운용 실증을 성공하였다.

국토교통부의 'K-드론시스템(UTM) 실증확대 및 실용화 촉진방안' 정책 채택

K-드론시스템 조기 실용화를 위해 정책을 제안하였고, 드론교통관리 실증 능력 검증과 복수의 교통관리사업자 참여를 위한 기준 및 제도마련을 위한 시범사업을 통해 조기 실용화('K-드론 시스템 실증지원 사업', 12.8억)를 추진하였다. 또한, 공백없는 후속 R&D를 통해 고도화를 추진하고 도심항공교통까지 적용 범위를 확대하는 내용을 포함한 정책추진을 결정하였다. (관련 정책제안 2건, 정책채택 2건)

K-드론시스템을 활용한 다양한 환경에서의 현장실증

K-드론시스템은 국가항공당국, 드론, 조종자, UTM 사용자, 항행서비스 제공자, UTM 서비스 제공자, 비행정보관리시스템, 드론 운용에 도움이 되는 기상정보시스템 등 참여자 및 이해당사자에게 필요한 기능을 제공하기 위해 개발된 플랫폼이며 해상환경(인천 GS칼텍스 물류센터), 산악환경(영월 드론전용비행시험장), 대도심(여의도 한강공원)에서의 현장 실증을 수행함으로써 다양한 환경에서 검증 완료하였다.



UTM 실증 사례

K-드론시스템을 위한 통신모듈 개발 및 관련 연구개발성과물 도출

상용망인 4G LTE 통신을 통해 비행감시정보를 K-드론시스템(UTM)에 송신하는 통신모듈 개발 및 '무인 항공교통관리 시스템의 통신 신호 품질 시뮬레이션' 포함 S/W 등록 14건, '비행감시정보 발신장치 및 그 방법과, 이를 탑재한 무인비행장치' 포함 특허 4건, SCI급 논문 게재 3건 등 실증을 위한 운용기반 마련에 성공하였다.

2021 국가연구개발우수성과 100선 선정

개발기술은 연구의 우수성을 인정받아 '드론, 드론택시 등 미래항공모빌리티의 도심 비행을 가능하게 하는 고도 150M 이내 드론 길 마련'으로 2021년 국가연구개발 우수성과 100선에 선정되었다.

연구의 차별적 특징

기존 상용망(LTE 등)을 기반으로 한 드론 교통관리 세계 최초 조기 적용

개발한 교통관리시스템과 통신장치를 활용하여 드론의 8대 동시제공 실증에 성공 및 일반 사업자의 드론과 드론택시(UAM) 등 기술연계 확대, 비행지역을 대도시(인천, 서울)으로 선정하여 도전적이고 실용적인 검증 실시, 개발에 동기화된 실증을 동시 진행함으로써 상용화 가능성을 강화하였다.



드론비행정보관리센터 운용현장

고부가가치 영역인 비가시권 비행을 위한 핵심 요소 개발

미국(FAA), 유럽(EASA)의 드론 교통관리는 상용 무선 인터넷 환경이 열악하여 가시권 비행 위주의 UTM을 개발하는 반면, 국내 상용망 인프라를 적극 활용한 시스템 개발로 비가시권 비행의 어려움을 극복하였고, 드론 조종자의 위치정보 외 교통관리시스템을 통한 드론의 감시정보를 추가로 활용하여 비가시권 비행에도 안전성을 보장하였다.

드론 교통관리 기술개발 촉진

드론을 위한 저고도 교통관리체계 시스템을 통해 공역의 안전하고 효율적인 관리를 위한 공역배분 적용 승인기술, 충돌회피, 경로설정, 비상상황 관리, 지형적 경계 설정 등 교통관리 지원에 필요한 핵심 기능을 구현하고, 드론의 식별 및 위치정보를 확인하기 위한 비행감시정보 발신장치 제작 및 인프라 구축을 수행하였다.

드론 상용화 연계산업 본격성장 기반 조성

연구에 참여하지 않는 불특정 드론 및 사업자를 포함한 실증을 수행하고, UTM 서비스 제공에 관심이 있는 국가·공공기관·민간사업자로 구성된 USS(UTM Service Supplier) 협의체를 구성하여, 연구성과를 공유하고 실증을 가능하게 함으로써 UTM 서비스 사업의 산업생태계 활성을 촉진하였다.

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

안전한 저고도 공역 내 드론 운용을 위한 자동화·무인화 교통관리 및 감시 체계 구축 및 운영, 드론 교통관리 시스템 관련 SW 및 모듈(저고도 무인비행장치 교통관리 시스템, 충돌회피, 경로설정, 비상상황 관리, 지형적 경계 설정 등 등 교통관리 지원 핵심 기술 및 모듈, 탑재 통합 통신 모듈, 기존 GCS와의 융합 패키지) 등 관련 산업의 활성화 및 발전에 기여할 것으로 기대된다.

2. 사회경제 부문

잠재적 드론교통관리 서비스 제공자인 국가·공공기관·민간사업자를 대상으로 협의체를 발족('20.6.3)하여 UTM 서비스 사업의 산업생태계 활성 및 촉진 도모, '20년 도심항공교통 실증(여의도)을 통해 개발 중인 UTM 시스템이 다수 이기종 비행체(8대)에 대하여 실시간 비행승인, 공역배정, 비상대응 및 모니터링이 가능함을 공개함으로써, 국내에서 개발 중인 UTM 시스템이 실용화 가능 및 시기적인 근접성을 알렸다.



UTM 운용범위

주요 연구개발 성과



특허출원

8건

특허등록

4건

SW등록

30건

SCI

7건

일반학술지

4건

기타

신기술지정 1건

시제품 제작 6건

홍보 9건

지역수요기반의 스마트시티 서비스 모델 개발



연구배경

시흥 시민들의 수요를 반영하여 환경, 보육, 문화예술, AI 등의 다양한 스마트시티 분야의 기술을 발굴하고, 시민참여형 리빙랩을 통해 신규 비즈니스 및 신산업 창출을 목적으로 기초 지자체가 겪고 있는 도시 및 사회문제를 해결하기 위해 스마트시티 솔루션들을 발굴하고자 노력하고 있다.

특히, 시흥시는 1급 발암물질 및 국가 재난으로 지정된 미세먼지 농도가 전국적으로 가장 높은 수준이고, 불법배출 배출원에 대한 철저한 감시에 대한 시민들의 수요가 높아 첨단 미세먼지 모니터링 시스템 개발이 필요했다.



미세먼지 농도 시각화

연구목적

기존 미세먼지 관측 장비는 공기를 흡입하여 분석하는 지점 관측 방식이 일반적이다. 이러한 방식으로 도시 전체의 광역적·입체적인 관측을 수행하려면 많은 지점에 관측 장비를 설치해야 하기 때문에 공간적 설치 제약이 따르고 높은 비용을 지불해야한다.

이 문제를 해결하기 위한 대안으로 드론 기술이 활용되고 있으나 탑재되는 센서의 중량과 배터리 용량에 의해 비행시간이 제한되고 기상영향에 따라 연속 관측이 불가능하다는 단점이 있다. 이에 광역적 지역을 실시간으로 고해상도 분석이 가능한 미세먼지 스캐닝 라이다 기술을 개발하고자 하였다.



미세먼지 농도 측정

주요성과

3차원 공간 스캔이 가능한 제품 개발

현존하는 대기 측정 라이다 기기는 수직 방향 측정방식만 가능한 고가의 해외 장비가 대부분인 실정이다. 수직·수평 방향을 위치기반으로 실시간 관측할 수 있는 기기를 국내 기술로 개발하여 관측 장비와 기술의 해외 의존도를 낮추었다.

고해상도·실시간 위치기반 미세먼지 농도 데이터베이스 구축

기존 지점 관측 방식으로 수집하는 미세먼지 농도 정보로는 관측지점에서 먼 곳의 오염원을 파악하기 어려웠지만, 미세먼지 스캐닝 라이다 시스템을 통해 30m급 고해상도 자료를 실시간으로 측정하여 미세먼지 오염원에 대한 선택적 대응과 오염도가 높은 우심지역의 파악이 가능하였다.

세계 최초 스캐닝 라이다(LiDAR) 미세먼지 관리시스템 시연회 개최

미세먼지 스캐닝 라이다 기술은 시흥시에서 성공적인 시연회(2020.10)를 통해 공개되었다. 기존 국가 대기관측망 2곳에서만 측정되었던 미세먼지 농도를 30m 격자 간격의 실시간 정보로 제공함으로써 기존 관측자료를 대체할 신기술로 소개되었으며, 100건 이상의 언론보도를 통해 주목을 받았다. 현재는 자동화 시스템을 갖춘 차기 상용화 제품을 출시한 상태이다.

연구의 차별적 특징

라이다 스캐닝 기반 대기오염 관측 기술 개발 (부경대학교, 한밭대학교, 삼우TCS 공동개발)

미세먼지 측정을 위해 광원인 레이저의 선택적 파장의 빛을 대기 중으로 조사하여 공기 분자와 미세먼지 입자들에 의해 후방 산란된 빛을 망원경으로 수집하여 미세먼지 농도를 분석하는 기술을 개발하였다. 미세먼지의 광학적 농도를 질량농도로 변환하여 산출하는 방법이 국외에서 연구된 사례가 일부 있었지만 라이다 관측 데이터를 이용하여 황사와 미세먼지(PM10), 초미세먼지(PM2.5)를 질량 농도로 분석하는 기술은 세계 최초로 개발되었다.



스캐닝 라이다 시스템 장비 개발



미세먼지 농도 측정

고해상도·실시간·연속 관측 가능

30분의 주기로 반경 5km를 30m 거리분해능 수준으로 측정할 수 있는 시스템을 개발하여 위치기반 (초)미세먼지 농도 데이터를 24시간동안 실시간으로 제공이 가능하다. 기존 대기오염 측정기술은 관측 주기가 비교적 길고(1시간), 측정기기가 설치된 지점 간 거리가 멀어(서울시 기준 평균 11km) 고해상도의 미세먼지 농도자료를 표현하기 어려웠던 한계를 극복하였다.

설치 및 유지보수 비용 절감

2~3대 만으로 시화산단 전역을 모니터링 할 수 있는 광역 감시 성능을 보유하고 있어 여러 대의 미세먼지 관측 장비가 필요한 기존 방식에 비해 소요예산 절감 효과를 확보하였다. 동일 면적 관측에 필요한 설치 장소가 비약적으로 줄어들어 유지보수 비용을 최소화하였고, 미국, 독일, 일본에 비해 유사한 성능을 합리적 가격으로 소형화·자동화에 성공하여 수입장비 대체 효과도 기대된다.

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

대기오염의 발생원을 정밀하게 추적하고 예측이 가능한 기술로 발전이 가능하다. 대기질을 반영한 도시계획이나 대기오염 저감 효과 등에 대한 시뮬레이션이 가능한 기술로의 발전 가능성이 높아 파급효과가 크다. 미세먼지 종류별, 입자의 크기별, 고해상도 데이터 수집을 통해 미세먼지 원인분석, 대응방안 마련, 대국민 예보 서비스 개선을 위한 연구자료로 정부, 지자체, 관련 연구기관에서 활용이 가능하다. 도시 단위 광역적 관측 영역에 존재하는 오염 배출원의 실시간 감시가 가능하고 특히, 산업단지 지역의 불법 배출원 주변 미세먼지 모니터링이 지점별로 가능하여 미세먼지 배출원, 발원지, 확산에 관한 대기질 연구에 활용성이 높다.

2. 사회경제 부문

고농도 미세먼지 발생시 우선 지역을 선택적 저감하거나 지역별 맞춤형 저감 정책을 통해 지자체의 예산을 절감하고 실시간으로 우심지역에 대한 조기경보, 신속대응 저감조치가 선택적으로 가능하다. 장기간 관측은 고해상도 맵 구축을 통해 우심지역을 설정하여 향후 미세먼지 대응을 위한 환경정책 수립, 저감 효과 검증 등에 활용이 가능하다. 개발된 스캐닝 라이다 시스템은 시각화 기술과 통합하여 데이터를 이용한 공공 서비스 개발과 상품화를 추진하여 세계적 수출이 가능한 비즈니스 창출이 기대되며 세계적 관측망으로의 확대를 고려한다면 경제적 파급효과가 높다. 최악의 재난 대비 및 이동 경로 추정이 가능하여 국민의 건강과 생명을 보호하고 자구책 마련이 가능하다.

주요 연구개발 성과



사업화 매출

2건 198백만원

특허출원

20건

특허등록

7건

SW등록

25건

SCI

4건

기타

홍보 89건

시제품 제작 12건

도로 노면 파손 정보 수집 기술 및 실시간 관리 플랫폼



연구배경

최근 이상기후로 인한 지속적인 폭우로 포트홀 등의 노면 파손으로 인한 사고가 증가하는 양상을 보이고 있다. 특히 시야 확보가 어려운 비오는 야간 등에는 운전자가 노면 파손 상태를 파악하고 대처하기 어렵기 때문에 사고를 줄이기 위하여 사용 중인 도로의 노면 파손을 빠른 시간에 발견하여 보수하는 것이 중요하다.

이에 따라 교통사고의 획기적인 감축을 위해서 전 세계적으로 차세대 교통정보시스템(C-ITS) 도입을 추진하고 있으며, 미국, 유럽, 일본은 시범사업을 거쳐 주파수, 표준화, 법제화 등 차세대 ITS 시범사업 기반을 마련하는 등 실용화 직전단계로 적극 도입을 추진하고 있다.



스마트폰형 도로노면 탐지 단말기 장착사진

연구 목적

사업용 차량 등에서 수집한 정보를 활용한 운영자 및 이용자 기반 서비스 제공을 통해 노면파손의 즉각적인 보수를 가능하게 함으로써 교통사고 감소 및 교통안전성 향상에 기여한다. 뿐만 아니라, 민간 및 공공 기관을 대상으로 한 도로 노면 파손 제공 기술, 차량 네비게이션을 활용한 도로 노면 파손 정보 제공 기술 등 개발기술의 사업화를 목적으로 한다.

주요성과

수원국토 단말기 및 시스템 연동을 통한 정확성 및 안전성 향상

도로노면 탐지 단말기를 이용한 도로노면 탐지 시스템 적용을 통하여 기존의 위치 정확성 및 파손 크기를 확인 할 수 없었던 문제점을 보완하였다. 현장에 가지 않고 시스템을 활용함으로써 시간 및 경제적 측면에서 효율성을 제고하였고 도로의 안전성도 향상되었다.

기술인증성과취득

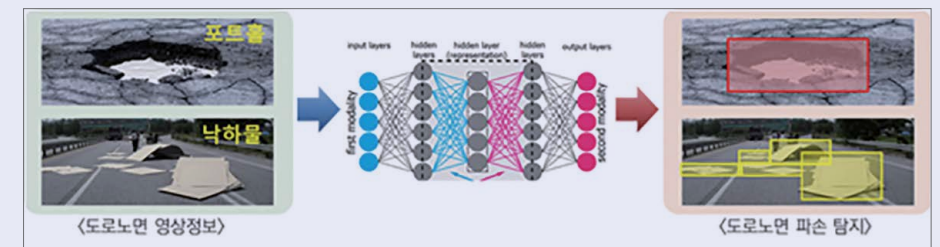
개발기술은 그 가치를 인정받아 특허 5건 출원 및 등록하였으며, TTA* 시험인증 결과 91% 이상의 정확도를 확인하였다.

* 1988년에 설립된 국내 유일의 정보통신 단체표준 제정기관이며 표준화 활동 및 표준 제품의 시험인증을 위해 만들어진 단체

연구의 차별적 특징

인공지능 기반의 노면파손 정보 수집 기술

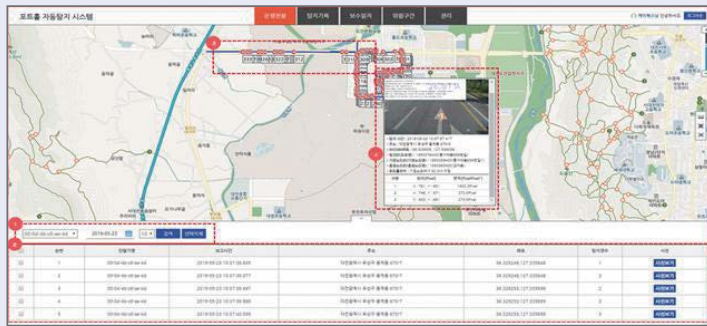
차량 내에 블랙박스와 비슷한 형태로 거치된 단말기를 활용하여 노면 파손 정보를 수집하는 기술을 개발하였다. 개발된 기술은 비전 카메라를 활용하여 획득한 이미지를 딥러닝 기반으로 노면파손을 분석하고, GPS 정보와 함께 서버로 전송되어 주행 중에 실시간으로 노면 파손 정보를 수집할 수 있다.



인공지능 기반의 노면파손 정보 수집기술

도로노면파손 탐지 단말기

스마트폰 기반으로 제작된 전용 단말기를 개발하여 차량에 설치한 후, 인공지능기반의 알고리즘이 탑재된 응용프로그램을 통해 1차적으로 도로노면 파손 정보를 탐지하고, 탐지된 이미지와 GPS 데이터 등을 수집서버로 전송하는 기술을 개발하였다.

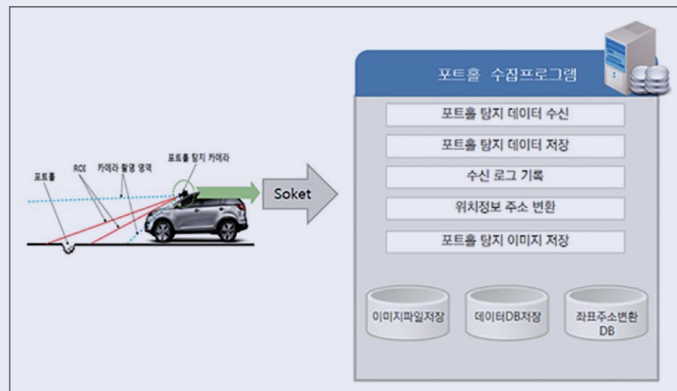


도로노면파손 탐지시스템 운행화면

도로노면파손 탐지 시스템

도로노면파손 탐지시스템은 2단계 탐지구조로 구성되어 있으며 단말, 수집서버, 1차 DB, Sender, RabbitMQ, Receiver, 2차 DB, 관제서비스 등으로 구성된다.

1차 탐지를 통해 저장된 포트홀 이미지 및 GPS 데이터 등은 보다 정확한 판별을 위해 2차탐지 알고리즘이 적용된 2차 서버를 통해 필터링 되어 2차 DB 및 2차 이미지 저장소에 저장되어 최종적으로 관제서비스에 표출되는 형태로 구성된다.

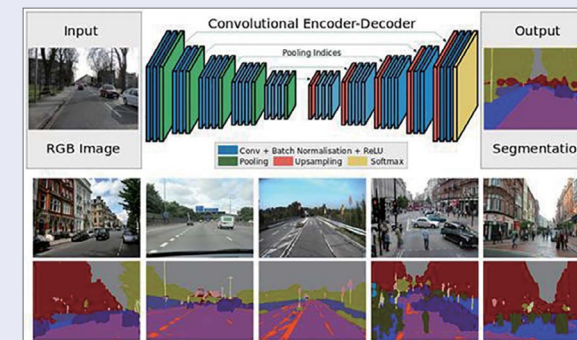


수집프로그램 구성도

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

기존의 지점 검지방식의 AWS 및 RWIS 수집방식에서 벗어나 공간적으로 단절 없는 노면상태(결빙, 적설) 정보수집이 가능한 주행차량 기반의 도로기상정보 수집기술을 개발하였다. 개발 기술의 사업화를 통하여 수집되는 노면상태 정보가 기상청·도로관리청 등에서 고정식 기상장비를 통해 수집되는 도로기상정보와 융합할 경우, 시공간적으로 단절 없는 도로기상(노면상태) 정보 수집이 가능하게 된다.



노면파손 정보 수집을 위한 분할 구조 예시

2. 사회경제 부문

민간에서 기 운영 중인 화물차량에 개발 기술을 적용하여 정보를 수집할 경우, 수집된 정보는 스마트폰 기반의 내비게이션 업체 등에게 연계(판매) 되어 현재 실시간 소통정보 위주의 카 네비게이션 서비스(T-map 등)에 약천후 노면상태 정보가 추가되어 도로교통 안전 관련 신 시장 및 양질의 일자리 창출이 기대된다. 또한, 민간 플랫폼을 통해 수집되는 노면 상태 정보를 도로제설시스템 등 공공에서 활용할 경우 저비용으로 사업 추진 가능할 것으로 예상된다.

주요 연구개발 성과

특허출원	1건
특허등록	2건
SW등록	8건
기타	홍보 5건



사업명
국토교통기술
사업화지원



과제명
다차선 레이더-차량번호인식 복합형
무인교통단속장비 개발



연구기간
2015년 4월
~2017년 04월



총연구비
1,259백만원



연구자
이상만
(건아정보기술(주))

연구배경

차량의 속도를 측정하고, 단속할 수 있는 장비는 대표적으로 루프 센서 및 레이저 방식의 단속장비가 있다. 루프 센서는 날씨(안개, 강우, 강설 등)에 민감하고 교량의 진동, Pole 구조물의 흔들림에 영향을 받기 때문에 측정 속도의 신뢰성을 확보하기 어려운 문제가 있어, 대형 교량에서 운영하기 어렵다. 레이저 방식은 이러한 문제점을 보완할 수 있음에도 불구하고 비가시적인 운영 방식, 간혹 발생할 수 있는 Multiple reflection에 의한 오단 속의 가능성, 설치 위치에 따른 Cosine effect 보정으로 인해 신뢰성을 의심받고 있다.

이에 따라 영상과 레이더 센서에서의 데이터 간 융합을 통해 공간 매칭 기능을 구현하여 다차선 도로에서 개별 차량의 차량번호와 주행 패턴, 주행 속도를 수집, 단속하는 상용화 장비를 개발하고자 한다.



무인교통단속장비 적용 사진

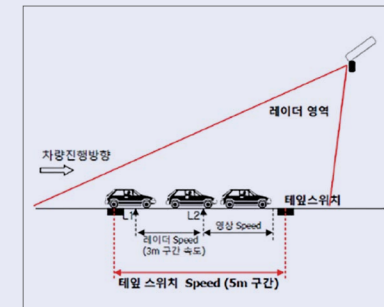
연구목적

레이더를 이용하여 차량의 주행 경로와 속도를 추적하고, 카메라를 이용하여 주행 경로 녹화, 차량번호 인식, 영상 주행속도를 측정하여, 과속/신호위반 단속, 구간속도위반 단속 등의 다양한 교통정보 위반 차량을 단속할 수 있는 다차로 무인 교통단속장비를 개발하고 이를 상용화하는 것을 목적으로 한다

주요성과

다차로 무인교통단속장비 개발 및 상용화

다차로 차량번호 인식-레이더 복합형 교통정보 가시화(GUI) S/W 및 다차로 차량번호 인식-레이더 복합형 무인교통단속장비를 개발하였으며, 고정식 무인 단속장비 계약(매출액 약 5억 4천만원)을 통해 상용화에 성공하였다.



속도 정확도 측정 개념도



속도정확도 측정 틀

연구의 차별적 특징

레이더로 다차선 검지

레이더를 이용하여 차량의 다차선 속도를 추적하고, 다차선 과속, 신호위반, 주행 차로 위반, 끼어들기, 역주행 등의 교통정보 위반 차량을 단속할 수 있는 다차로 무인교통단속장비를 개발하였다.

카메라를 이용한 영상 추적 알고리즘 개발

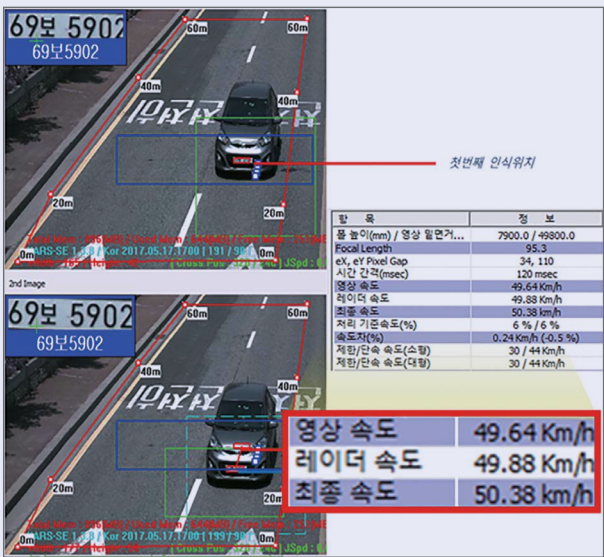
카메라를 이용하여 주행 경로 녹화, 차량번호 인식, 영상 주행속도를 측정하여, 과속, 신호위반, 주행차로 위반, 끼어들기, 역주행 등의 교통정보 위반 차량을 매칭하는 알고리즘을 구현하였다.

레이더와 영상을 융합한 알고리즘 개발

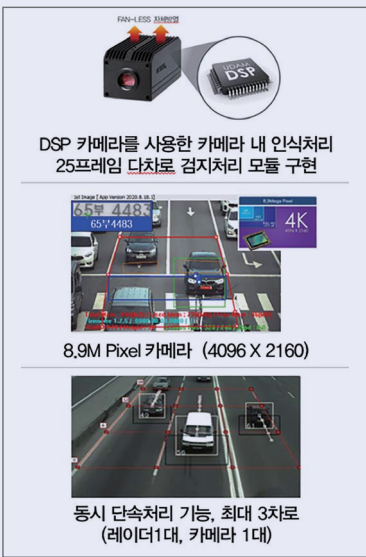
영상과 레이더 센서에서의 데이터 간 융합을 위해서 공간 매칭 기능 구현 및 GUI(Graphic User Interface) SW 개발하였고, 레이더에서 생성된 개별 차량에 대한 위치(거리, 각도) 정보 기반의 다차로 차량번호 인식 알고리즘을 구현하였다.

카메라 내부 DSP를 활용한 차량번호 인식 알고리즘 개발

차량의 속도에 따른 40msec ~200msec 사이의 짧은 간격의 영상 취득 및 번호인식을 통하여 해당 차량의 영상 속도를 산출하고 최종 레이더 속도와 복합 속도를 산출한다. 카메라 차량번호 인식 결과와 레이더 교통/단속 정보를 이용한 응용 제품으로 카메라 내 DSP 기반의 ANPR과 리눅스 기반의 레이더-차량번호 인식 융합 제어기 일체형의 ANPR-RADAR 복합 장비를 개발하였다.



레이더 영상속도 복합 속도 산출



레이더 시스템 기반 기술 특징

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

카메라 1대로 다차선 검지가 가능할 뿐만 아니라 단일차로 검지에서 다차선으로 검지가 가능한 기술을 개발하였다. 또한, 검지 범위의 차선을 통과한 모든 차량(차로 중앙 통과, 대각선 주행 중행 통과 차량 등)에 대해 지속적인 차량 트래킹을 통한 속도 측정이 가능하다. 이뿐만 아니라 저속의 단속 속도를 설정하는 다양한 환경의 도로에서 기존의 기술 대비 효과적인 차선 검지가 가능하다.(기존 루프검지는 30Km/h 미만의 저속에서 오류 발생)

2. 사회경제 부문

국민의 안전과 직결되는 공공재로서의 무인교통 단속장비를 더욱 효과적으로 사용할 수 있는 기술이며, 이를 통해 교통사고 예방 및 사회적 가치의 창출이 기대된다.

주요 연구개발 성과



사업화 매출

1건 522백만원

특허출원

3건

특허등록

2건

SW등록

1건

일반학술지

2건

기타

홍보 1건

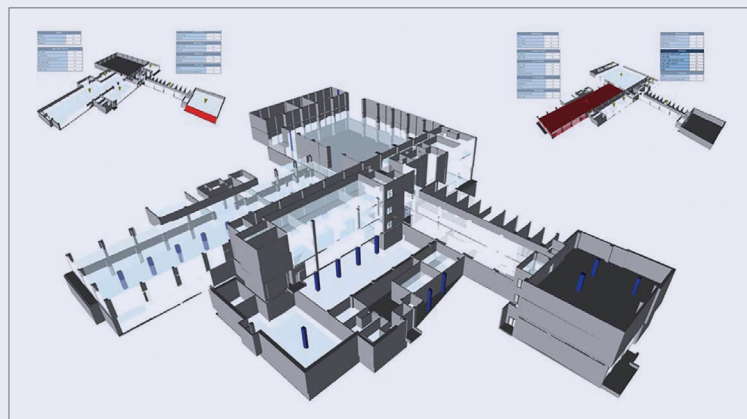
저비용, 고성능 건물에너지관리시스템 (BEMS) 개발 및 실용화



연구배경

건물에서 소비되는 에너지의 절약과 온실가스 감축을 위해 정부는 일정 규모 이상의 건물에 건물에너지관리시스템(BEMS)의 설치를 의무화하는 등 보급 확대를 위해 노력해 왔으나, 실제 현장에서는 건물의 건축 허가와 사용승인을 얻기 위한 형식적인 설치로 인해 그 목적을 달성하지 못하는 실정이다. 이는 시스템 업체가 제공하는 데이터 가시화 위주의 단편적인 기능만을 제공할 뿐, 개별 건물 운영자 등 소비자가 실제로 원하는 건물 에너지의 소비량 분석, 진단 및 운영 관리, 제어 알고리즘과 기능을 제공하지 못하는 데 원인이 있다.

이러한 문제의 해결을 위해서는 특정 공급사의 플랫폼에 구속되지 않고 소비자가 원하는 기능이 원활히 제공할 수 있는 개방형 플랫폼과 이를 기반으로 하는 산업 생태계 구축이 필수적이다.



BIM 연계 BEMS 운용화면

연구목적

건물의 계획, 설계부터 운영·관리 단계까지 전주기에 걸쳐 BEMS의 체계적 설치와 활용을 가능하게 해주는 저비용, 고효율 시스템 구축을 위해, 사용자 중심의 완전 개방형 BEMS 플랫폼과 이를 기반으로 운용이 가능한 운영·관리 서비스 모듈과 이를 지원하는 디바이스를 개발한다. 또한 이들을 소비자와 연계하는 라이브러리를 구축함으로써, 실질적인 건물에너지 절약을 도모하고, BEMS 핵심기술 개발을 통한 지식 정보 서비스 분야 국가 신성장동력 발굴을 지원한다.

주요성과

개방형 플랫폼 기반의 소비자 맞춤형 BEMS 제공

소비자 완전 개방형 플랫폼을 제공함으로써 ICT에 전문성이 없어도 누구나 건물의 운영 관리에 필요한 시스템의 설계와 운영이 가능하다. 서비스 모듈과 디바이스의 설계와 설치를 지원하는 설계 지원도구(Design Manager, DM), 운영 관리를 지원하는 운영지원도구(Service Module Manager, SMM) 및 실시간 상태 감시 도구(Human Machine Interface, HMI) 등으로 구성된다.

서비스모듈 및 디바이스 라이브러리 구축, 운영

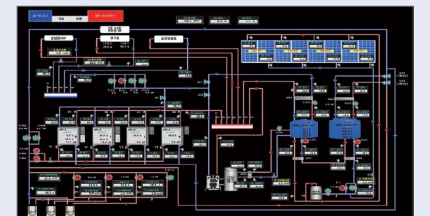
소비자는 원하는 건물 및 에너지 관리에 필요한 서비스 모듈과 디바이스에 관한 정보를 라이브러리에서 제공받아 시스템의 설계, 설치 및 운영 관리가 가능하다. 각종 제품의 등록과 인증, 검색을 통해 선택한 제품의 정보를 제공받는 한편, 거래도 지원 가능한 웹서비스 라이브러리를 구축해 시범 운영하였다. 제품 개발자와 공급자가 준수해야 할 서비스 모듈 및 디바이스 규약이 제공된다.

운영관리 핵심 서비스모듈 및 디바이스 제공

개방형 플랫폼 기반의 소비자 맞춤형 시스템이 효과적으로 작동되기 위해서는 실제 운영 관리에 필요한 다양한 서비스 모듈과 디바이스가 필요하다. 에너지, 환경 및 안전 관리에 필수적인 알고리즘을 반영한 건물 통합 관리용 서비스 모듈 및 복합센서, 라인 BEMS 설치확인 및 도입 효과 평가 시스템, 건물 통합·군 관리 시스템 등을 제공하였다.

시스템 설치비 및 에너지 절감 효과 실증

개발 기술의 현장 적용 및 실증을 통해 20% 내외의 에너지 절감, 기존 건물을 대상으로 25%, 신축 건물을 대상으로 35% 수준의 설치비 절감 효과가 있음을 확인하였다. 개방형 플랫폼을 기반으로 하는 서비스 모듈과 디바이스 관련 산업 생태계 조성을 통해 제품 가격 하락에 따른 추가적인 설치비 절감과 고도화된 기능의 알고리즘에 의한 더욱 높은 수준의 운영 관리 성능 향상이 기대된다.



개발 시스템 설치 사례(KICT 화성 청사 관제화면)

연구의 차별적 특징

플랫폼 개방으로 프로슈머형 미래사회 선도 (모듈화, 개방화)

특정 회사 제품에 구축되지 않고 모듈화된 운영 관리 서비스 모듈과 디바이스를 이용해 누구나 쉽게 원하는 다양한 기능을 수행하는 시스템을 구축, 운영할 수 있게 지원하는 개방형 BEMS 플랫폼을 제공함으로써 프로슈머* 형 미래사회를 선도한다.

* 생산자와 소비자의 역할을 동시에 하는 사람으로, 생산 또는 참여형 소비자라고도 한다.

시스템 구축 및 관리 비용 최소화 (저비용화)

개방형 플랫폼 도입으로 기존 BAS와 BEMS의 통합 및 체계적인 설치와 운영을 통해 설치비와 유지관리비를 최소화할 수 있다.(신축 건물 적용 시 35, 기존 건물 적용 시 25% 이상의 설치비 절감 가능 예상, 운영 관리 서비스 모듈에 의한 절감분 제외)



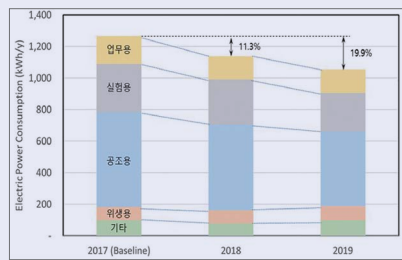
환경-에너지안전 통합관리 관제화면



SMART E3MS 통합관제센터

에너지 절약 및 합리적 이용 극대화 (고성능화)

구축된 시스템에서 생산되는 각종 정보를 활용해 사용자의 요구에 부응하는 규격화, 모듈화된 서비스 모듈과 디바이스를 이용한 고성능 관리는 물론, 합리적 이용을 통한 에너지 절약이 가능하다.(업무용 건물 적용 시 20% 이상 에너지 절약 가능 예상)



에너지 절약 효과 분석 사례

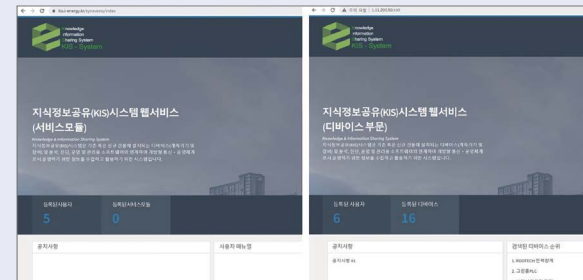
온실가스 감축, 기후변화에 능동적 대응

개방된 BEMS 플랫폼을 기반으로 한 소비자 맞춤형 시스템에서 규격화, 모듈화된 운영 관리 서비스 모듈과 디바이스를 활용하여 소비자의 다양한 요구에 능동적으로 부응함으로써 온실가스 감축과 기후변화에 효과적인 대응이 가능하다.

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

기존 배타적인 플랫폼을 대체하는 개방형 플랫폼 기반의 소비자 맞춤형 시스템의 보급을 통해 시스템 구축과 필요한 정보제공에 대한 부담이 없이 다양한 제품(서비스 모듈 및 디바이스)이 시장에 제공됨으로써 저비용, 고성능의 시스템 구축과 운영이 가능함은 물론, 소비자가 원하는 다양한 기능을 수행하는 기술 개발의 선순환 체계 구축이 가능해질 것이다.



서비스모듈 및 디바이스 라이브러리 웹서비스 운영 화면

2. 사회경제 부문

10% 수준에 불과한 국내 시장 점유율을 70% 수준으로 확대하면 2020년 기준으로 3790억원의 경제적 효과가 발생할 것으로 보이고 건설산업의 해외시장 진출도 가능하다. 또한 저비용, 고성능 건물에너지 관리 기술 활용으로 건물 에너지의 획기적 절감 및 국가적 차원의 합리적인 에너지 수급체계 구축, 에너지 절감 및 온실가스 감축에 기여함은 물론, 친환경 건축 구현 및 실내 쾌적성 확보에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

주요 연구개발 성과



기술이전

3건 2백만원

특허출원

27건

특허등록

31건

SW등록

87건

SCI

13건

일반학술지

11건

기타

홍보 39건

시제품 제작 7건

PART
03



안전 및 편의

Safety & Convenience

국민의 삶 가장 가까운 곳에서 우리는 국토교통 과학기술을 발전할 수 있습니다. 모두가 안전하고 편안한 나라를 위해 국민 생활의 동반자 역할에 국토교통 R&D가 앞장서겠습니다.

- 14 — 철도 전기분야 사고장애 감소를 위한 시뮬레이션 기술 개발
- 15 — 실시간 재난정보 지도를 이용한 철도 운행 지원시스템 개발
- 16 — 제3종 교량시설물의 정기안전점검을 위한 휴대용 전자장비를 활용한 상태평가 업무 지원기술
- 17 — 국내 중소 노후교량의 효율적 유지관리를 위한 프로그램 및 실증장치 개발
- 18 — P파 지진조기경보 알고리즘이 탑재된 MEMS 기반 가속도계 및 긴급 재난상황 대처용 경보장치 개발
- 19 — 지하공간 재난상황 인지 IoT 플랫폼 및 재난대응 지능형 긴급대피 경로 유도 플랫폼 개발
- 20 — 도심 지하철 미세먼지 주범인 노후자갈궤도를 급속개량 가능한 사전제작형 급속개량 궤도 개발

철도 전기분야 사고장애 감소를 위한 시뮬레이션 기술 개발



사업명
철도기술
연구



과제명
철도 급전계통 실시간
모의 시스템 기술 개발 연구단



연구기간
2018년 04월
~2022년 09월



총연구비
15,735백만원



연구자
이병곤
(한국철도공사)

연구배경

고속차량(KTX 등)에 전기를 공급하는 전기철도 시스템 사고장애는 빈번하지 않으나, 한번 발생하면 열차 운행이 장시간 중단되는 등 대국민 교통에 많은 불편을 주기도 한다.

국의 철도운영국과 다르게 우리나라는 사고장애가 발생하더라도 열차 운행을 우선시하기에 임시 복구를 통해 열차 운행을 신속하게 재기한다는 장점을 가지고 있다. 하지만 눈에 보이지 않은 전기 계통의 정확한 사고장애 발생 원인을 파악하는데 많은 시간이 소요되므로 실제 발생했던 상황의 시뮬레이션 재현을 통해 유사 사고장애를 예방할 수 있는 시스템이 필요하다.

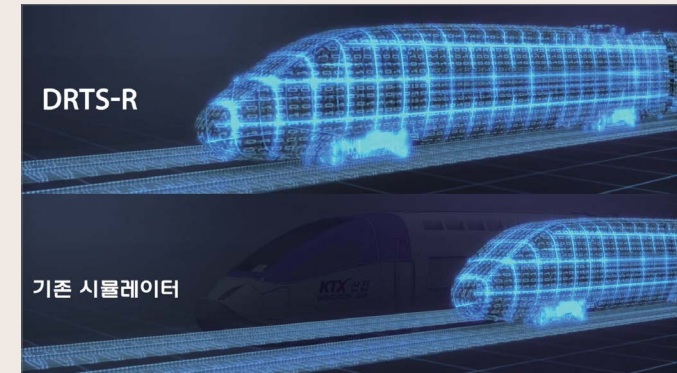
또한 철도 전기 설비는 성능시험을 통과한 제품을 현장에 설치하고 있으나, 실제 철도환경과 유사한 통합적 관점의 시험을 거치지 않아 설치 후에 장애가 발생하는 경우도 있기 때문에 다양한 철도환경에서 사전 시뮬레이션 할 수 있는 시스템이 필요하다.



전기철도 급전시스템

연구목적

전기를 동력으로 하는 열차를 안정적으로 운영하기 위해서는 전력계통에 대한 현상 해석을 통해 운영 및 사고를 미리 모의(Simulation)하여 이에 대한 대책마련이 필요하다. 따라서 전기철도의 열차 운행 및 사고장애 발생 시 나타나는 전기적 현상을 실제 환경과 유사하게 모의하여 전기 공급 계통의 안전성 향상과 사고장애 예방을 위해 전기철도 시뮬레이션 기술을 개발하였다.



실시간 시뮬레이터 개념*

*실제보다 느리거나 시간차가 발생하는 기존 시뮬레이터와 다르게 실제와 같은 시뮬레이션이 가능

주요성과

전기철도 급전 사고장애 분석 시스템에 대한 특허 등록

기존에 국외에서 도입되어 있는 전력 보호설비의 사고장애 분석을 위해서는 장애 발생 시 보호설비로부터 취득된 데이터의 표준화가 필요하다. 현재는 제조사 별로 보호설비에서 출력되는 데이터가 다양각색이기에 범용으로 분석이 어렵다.

이에 따라 국제 기준의 정형화된 표준을 적용한 프로그램을 개발하여 사고장애의 표준화된 COMTRADE(파형 데이터), COMFEDE(이벤트 데이터) 파일을 활용, 사고장애 데이터를 표준화하고 데이터베이스에 등록 및 분석·활용하도록 개발하였다. 누적된 사고장애 정보를 기반으로 유사 사고장애 발생 시 기존보다 빠른 대처가 가능하며 원인이 확인된 사고장애 데이터가 충분히 축적되면 파형 데이터 분석만으로도 사고 원인 확인이 가능할 것으로 기대한다.

직류 급전 시뮬레이션 프로그램 현장 적용

직류 급전 시뮬레이션 프로그램을 광주 도시철도 2호선 현장 설계에 실제 적용하였다. 철도 전기 분야 건설 시 열차 운행에 필요한 전압강하 계산과 용량 산정 등 복잡한 계산에 대하여 해당 프로그램을 적용하여 광주 지하철 2호선 2단계 구간에 설계 보고서를 제출하였다. 아울러 '22년 파라과이 정부에서 민간투자사업으로 유치 중인 아순시온~으빠까라이 경전철(LRT) 민간투자 사업 제안서(설계서)에도 본 프로그램을 적용하기도 하였다.

전기철도 최소 손실을 위해 PSO 알고리즘을 적용한 SVC 활용 최적화 관련 논문 게재

MATLAB, PSCAD 시뮬레이션을 활용하여 검증한 경제적인 PSO 알고리즘을 통해 전기철도 최소 손실을 위한 SVC(Static Var Compensator; 무효전력보상장치) 설치 위치를 제한함으로써 전철 구간 전력손실 최소화 가능하게 하는 논문을 발표하였다. (논문명 : Loss Minimization of Electrified Railway Traction Systems Using SVC Based on Particle Swarm Optimization)

행안전전부 재난안전 연구개발 우수성과 선정

재난안전 분야의 연구를 통한 우수한 실적을 인정받아 행안전전부에서 선정한 제3회 재난안전 연구개발 우수성과상에 ‘철도 전기분야 사고장애 감소를 위한 시뮬레이션 기술 개발’이 선정되었다.

연구의 차별적 특징

실제 전력설비 연계시험 가능

전기철도 시뮬레이션 기술은 전기철도 계통에서 운용하고 있는 실제 전력설비(보호계전기, 고장점 표정장치, 제어기 등)를 철도환경과 유사하게 모의한 시뮬레이터와 연계하여 전력설비가 마치 25kV의 실제 철도환경에 설치된 것과 동일한 상태에서 설비의 성능시험을 위험성(리스크) 없이 수십, 수백 차례 시행이 가능하다.



시뮬레이션에 의한 전력설비 성능검증

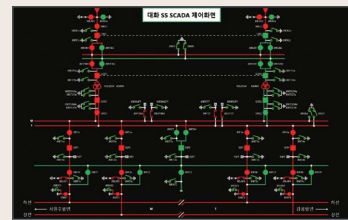
전기철도 사고장애 재현

개발된 전기철도 시뮬레이션 기술을 통해 사고장애가 발생했던 당시의 열차 운행 및 전기 공급 상황 등 모든 조건을 입력하여 실제와 동일한 환경에서 재현을 통해 명확한 원인을 규명으로 유사한 형태의 사고장애의 예방이 가능하게 되었다.

전기철도 교육 훈련시스템으로 활용

철도 전기 공급계통은 한전과 다르게 매우 복잡하게 운영되고 있다. 고속철도, 일반철도(새마을, 무궁화 등), 광역철도(전철) 차량이 여러 선로에 거쳐 운행되고 철도 변전소 간 다른 전기(위상차)가 공급되는 등의 복잡한 계통을 유지하고 있다. 이에 따라 사고장애 발생 시

신속한 복구를 위해서는 전기 계통을 운영하는 담당자들의 역량이 매우 중요하다. 개발한 교육훈련 시뮬레이션 기술은 실제 전기 선로와 같은 환경에서 임의로 사고장애를 발생시켜 계통 운영자들의 취급 상황을 모니터링하여 전기 공급 관련 인적 오류를 방지할 수 있는 시스템으로 많은 활용이 될 것으로 기대한다.



급전계통 교육훈련 시스템 HMI

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

개발된 기술은 고전압, 대전류의 전력설비 검증시험을 소프트웨어 시험으로 대체함으로써 대형 전력설비 취급자의 안전사고를 방지할 수 있고 고가의 전력설비의 소손 및 절연파괴를 원천 방지할 수 있으며, 반복적인 시뮬레이션이 가능하여 철도 전력 계통에서 발생하는 이상 현상을 실시간으로 재연 및 해석함이 가능하다는 장점이 있다.

또한, 철도 전력 계통의 디지털 트윈 구축함으로써 향후 철도 급전 계통에 있어서 메타버스의 적용 가능성 확보하였다.

2. 사회경제 부문

최근 잇따른 사상사고로 인하여 경각심이 높아진 가운데 중대재해방지법이 발효되고 안전사고에 대한 국민적 관심이 높은 상황이다. 개발된 시스템을 활용하면,



보호설비검증시스템(실사)

특고압, 대전류의 실제 장비 시험을 S/W로 대체함으로써 전력설비 취급자 안전사고 방지 및 국민 안전 확보에 기여할 수 있으며 현장 시험 대체를 통한 인력 및 비용 절감 효과는 물론 열차가 운행하는 위험한 환경에서 고비용, 장시간 소요되는 시험을 단시간, 저비용의 정확도 높은 시뮬레이션으로 대체가 가능하다.

주요 연구개발 성과



특허출원

11건

특허등록

7건

SW등록

12건

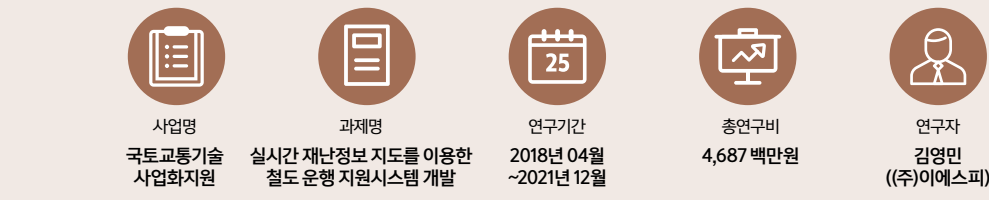
SCI

4건

일반학술지

5건

실시간 재난정보 지도를 이용한 철도 운행 지원시스템 개발

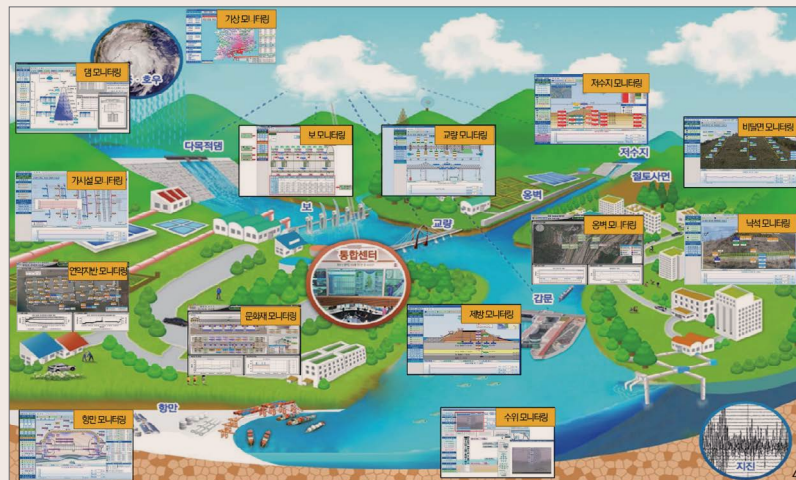


연구배경

전 세계적으로 기후변화에 의한 이상기후 등으로 자연재해가 증가하고 있으며, 우리나라에서는 매년 5월부터 10월까지 장마, 태풍, 집중호우 등으로 인해 크고 작은 토사 재해가 발생한다. 따라서 지진, 강우 재해에 대한 철도시스템 안전성 확보를 위해 조기대응에 필요한 핵심기술의 개발이 요구되었다.

연구 목적

재해요인(노후화, 기상 등)에 대한 국가 네트워킹 등 미래 고속철도 인프라 환경 변화를 고려한 고속철도 인프라 재해 관리 기술 구축을 위해 실시간 재난정보 지도를 이용한 철도 운행 지원 시스템을 개발하고자 한다.



실시간 재난정보 지도를 이용한 철도 운행 지원시스템 개발

주요성과

실시간 재난정보 지도를 이용한 철도 운행 지원시스템 개발

다목적 센서와 AI 기반 분석기법을 위험도 맵과 연계하여 철도와 도로 등 인프라에서 발생하는 자연재해를 실시간으로 감시하는 기술을 개발하였다.

철도 환경뿐만 아니라 도로, 국립공원, 교량, 국가 기간시설물의 환경 및 재난 상황을 감지할 수 있는 재난대응형 센서 통합시스템과 철도 운행을 위한 안전관리 운행 관리지침 및 시스템을 구축하였고, 맵 기반의 위험도 평가관리 시스템 구축을 완료하였다.

GIS 기반 정보 동시 표출 재난경보체계 구축

기상, 재해, 센싱 등의 실시간 정보와 기상청 예보 등의 정보를 GIS 기반으로 동시 표출하여 인공지능 기반의 실시간 위험도를 평가·예측하는 재난경보체계를 구축하였다. 선로 및 선로변에 설치되어 있는 강우강도, 구조물경사, 함수비 등의 실시간 센서 데이터를 통해 레일온도 이력·실황·예측, 홍수위 이력·실황·예보 등이 가능하다.



인공지능 기반의 실시간 위험도를 평가·예측하는 재난경보 예측 사례

20년 제9호 태풍 마이삭 철도위험도 예측

철도시설물 관리 IOT 계측시스템 개발 및 Test-bed 구축

철도시설물 비탈면 계측 모니터링을 위한 무선 통신 IOT 계측시스템 개발을 개발하여 사업화 및 현장 Testbed를 구축하였다. 구축 장소는 한국철도기술연구원 인근, 호남선 일로역~임성리역 사이 철도사면 구간, 대전도시철도공사 외삼 차량기지, 울산광역시 동구, 울산광역시 북구이다.



철도시설물 관리 IoT 계측시스템 현장 TESTBED 구축 구성도

행안전전부 재난안전 연구개발 우수성과 선정

재난안전 분야의 연구를 통한 우수한 실적을 인정받아 행정안전부에서 선정한 제3회 재난안전 연구개발 우수성과상에 ‘실시간 재난정보 지도를 이용한 철도 운행 지원시스템 개발’이 선정되었다.

연구의 차별적 특징

기존 대비 표준화 및 효율적인 재난 예측

기존 기술의 경우, 센서 특성과 계측시스템이 제작사와 설치사 별로 상이하여 센서와 시스템 유지보수 및 시스템 통합 운용에 애로사항이 있었으나, 본 기술 개발을 통하여 현장설치가 쉬워졌으며 표준화 체계를 적용하여 시스템 구성이 용이하도록 하였다. 또한, 재난 발생 및 우려 시 실시간 위험도 기반의 재난정보가 없어 철도 운행 안전 확보에 제한이 있었으나, 강우 재난을 효율적으로 예측할 수 있도록 붕괴 규모 평가 알고리즘 등 평가기법을 내장하여 실시간으로 재난에 대응할 수 있다.

쉽고 간단한 설치 및 계측

기존의 계측시스템은 변위, 응력 등 고정밀 측정에 적합하였으나, 본 기술은 슬라이딩, 강우, 침수, 온도 등 간단한 측정에 적합하다. 또한 쉽게 설치가 가능하고 초기설정과 웹 to 앱 연계가 간편하여 전문가의 도움을 필요로 하지 않는다.

기존 국내외 모니터링 시스템과 차별되는 AI 분석 모니터링

기상청 기상자료를 수집하고 AI 기술을 이용한 예측·분석 기능과 열차안전규제 및 예측 데이터(3일 예측)에 따른 조기 경보 기술을 탑재하여 AI와 기상청 예보를 이용한 철도시설 피해위험도, 레일온도, 홍수위 예측이 가능하다. 또한, 최신 IoT센서 온라인 연동 및 조기경보

기능을 탑재하여 강수, 사면붕괴, 레일온도, 진동, 침수, 지진, 낙석 감지 등 운영이 가능하다.

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

철도시설물의 위험도를 기술적/통계적으로 정량화하고 데이터베이스화한 수집정보를 통해 위험도를 분석하고, 이상 시 유연하고 신속한 대처를 가능하게 하는 맵 기반의 위험도 관리체계를 구축하였다. 이와 관련된 Testbed 구축을 통해 철도 종합안전방재시스템을 구현하고 실용화를 도모하였다.

2. 사회경제 부문

수집정보를 통해 위험도를 사전에 파악하여 취약개소에 대한 재난 대비 비용을 절감하였고, 재난 발생 후 시설물 안전성을 원격으로



철도시설물 관리 IoT 계측시스템을 위해 제작한 시제품

파악하여 열차운행 여부에 대한 신속한 의사결정이 가능하다. 개발기술을 통해 철도 인프라의 성능 및 상태 평가를 직관적으로 확인 후 열차운행에 정보 제공하는 것이 가능해졌으며, 이를 통해 국내 철도 인프라(산사태, 토석류, 낙석 우려 지역)에 대한 조기경보 성능을 향상시켰다.

주요 연구개발 성과



사업화 매출

48건 1,684백만원

특허출원

12건

특허등록

7건

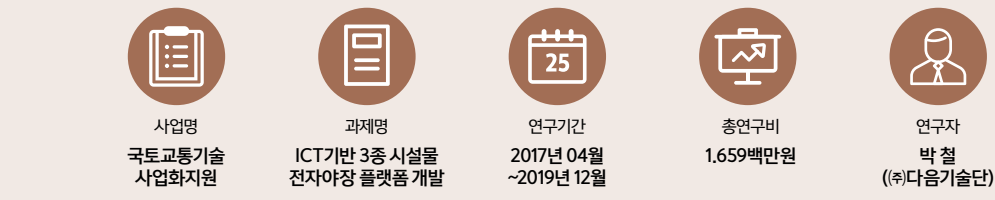
SW등록

7건

기타

시제품 제작 2건

제3종 교량시설물의 정기안전점검을 위한 휴대용 전자장비를 활용한 상태평가 업무 지원기술



연구배경

안전점검은 시설물의 물리적·기능적 결함 발견 및 신속하고 적절한 조치를 취하고 보수보강 방안을 제시하는 것을 말하며, 이중 시설물의 물리적·기능적 결함을 초기에 발견하는 현장조사의 중요성이 국내외적으로 강조되고 있다.

국내의 경우 준공 20년 이상 시설물이 전체 시설물의 80%로 노후화에 따른 위험성이 높아짐에 따라 현장조사의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 하지만 지자체 등 관리주체의 예산 부족으로 시설물 관리가 소홀한 상태이며, 현장조사 이후 수작업으로 결과 정리 및 보고서 작성을 수행함에 따라 효율성이 떨어지는 문제가 있다.



일반적인 시설물 점검·진단 공정 절차(기존)

연구목적

「시설물 안전 및 유지관리 특별법」 개정에 따라 시설물 점검·진단의 비효율성, 점검 후 정리·기록에 대한 누락 및 오류, 결과의 신뢰성 등의 문제를 해결하기 위해 정보통신기술(ICT)을 활용하여 시설물 정보 저장, 시설물 정보 확인, 결함·손상 입력, 결함·손상 상태 구분, 상태 등급평가, 통계분석, 보고서의 점검·진단 일련의 단계를 현장에서 가능케 하는 시설물 상태 평가 업무지원 기술을 개발하고자 하였다.

주요성과

기존 시설물 점검·진단 대비 공사기간 23% 단축

시설물 점검·진단 업무 간소화로 소요기간 단축이 가능하다. 교량 시설물 점검·진단 용역 기간을 비교한 결과, 기존 시설물 점검·진단은 11.5일이 소요된 반면, 개발 기술은 9일이 소요되어 약 23%의 점검·진단기간이 단축된 것을 확인하였다. (제3종 교량 시설물 10개 기준)

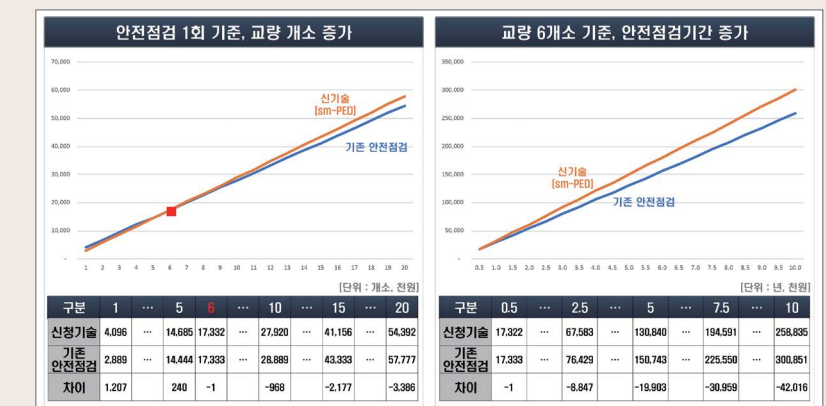
구분	사전조사			현장조사	상태평가 결과분석 및 검토	보고서 작성	협의 및 납품	소요일수 (주/일)
	관련자료 검토	현장조사 계획수립	현장조사 준비작업					
기존 점검·진단	-	1일	1일	2일	3일	2일	2.5일	11.5일 (+2.5일)
신기술	-	1일	1일	2일	1.5	1일	2.5일	9일

세부공정					
구분	자료 수집 · 검토	현장조사	결과 분석 · 검토	상태평가	보고서
기존 안전점검					
신정기술					

기존기술 대비 효율성

기존 시설물 점검·진단 대비 비용 14% 절감

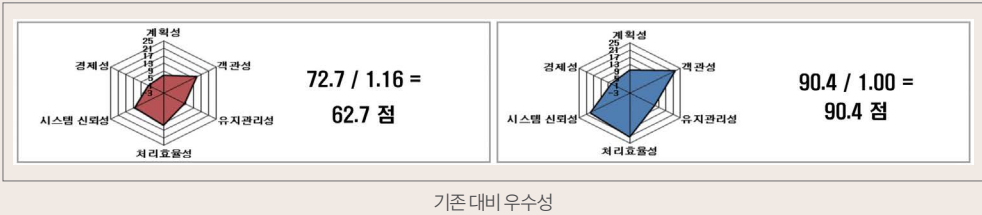
시스템 구축의 초기비용이 투입되는 반면 업무 간소화 및 데이터 DB화로 정기적 시설물 점검·진단에 효과적이다. 교량 6개소 이상 점검·진단에 활용 시 기존 점검·진단보다 효과적이며, 10년 점검·진단 시 약 14%의 비용 절감 효과를 확인할 수 있다.



안전점검시 교량개소 및 점검기간 증가

기존 시설물 점검·진단 대비 가치 31% 향상

AHP 기법/VE 평가 결과 기존 시설물 점검·진단기술보다 개발 기술이 약 27.7점이 높은 것으로 나타났으며, 특히 객관성, 처리 효율성, 신뢰성에서 기존 공정보다 향상된 것으로 나타났다.



행정안전부 재난안전 연구개발 우수성과 선정

재난안전 분야의 연구를 통한 우수한 실적을 인정받아 행정안전부에서 선정한 제3회 재난안전 연구개발 우수성과상에 '교량시설물(제3종)의 안전점검을 위한 휴대용 전자장비 활용 상태평가 업무지원 기술'이 선정되었으며, 국토교통부 성과 중 유일하게 우수상을 수상하였다.

연구의 차별적 특징

시설물 점검·진단 업무 간소화

기존 시설물 점검·진단 업무는 크게 자료수집 및 분석, 현장조사, 조사 결과 정리·기록, 상태 평가, 보고서 작성의 5단계로 구분된다. 반면 개발기술은 시스템 구축, 현장조사, 보고서 작성의 3단계로 기존 시설물 점검·진단 대비 많은 시간과 비용 단축이 가능하다.

시설물 점검·진단 업무 자동화

기존 시설물 점검·진단은 현장조사 이후 조사결과를 사무실에서 분석하고 평가하며 CAD로 그리는 작업을 진행하였으나 개발기술은 휴대용 전자 장비를 현장조사에 도입하여 점검자가 현장에서 기록한 정보가 점검·진단 세부지침에 따라 자동으로 평가되고, CAD저장이 가능하다.



실제 현장 사용 사진

제품 사진

시설물 점검·진단 데이터 DB화

기존 시설물 점검·진단의 결과는 보고서, PDF, CAD 등으로 저장되어 데이터 활용이 불가능하였다. 본 연구는 휴대용 전자 장비에 입력되는 데이터를 표준화된 코드로 관리하고 저장하여 손상 물량산출, 손상 이력 관리 등의 시설물 유지관리 데이터 분석이 가능하다.

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

시설물 점검·진단의 중요성에도 불구하고 그동안 노동집약적 저급 업무로 취급되었던 상태평가 업무를 효율적으로 수행하고, 현장조사와, 상태평가, 보고서 작성 공정의 단계를 혁신함으로써, 신뢰성 향상과 시간 및 용역비 절감이 가능하다. 또한 관련 규정을 엄정히 적용하면서도 상태평가 결과의 품질을 획기적으로 향상시키므로 보다 양질의 현장조사와 보고서 작성이 이루어지고 그에 따른 품질 확보를 통해 경쟁력 확보가 가능하다.

2. 사회경제 부문

정보통신기술(ICT)을 활용한 시설물 상태평가 기술을 통하여 안전진단 시장에 새로운 패러다임을 제시함으로써 기술 개발을 촉진할 것으로 기대된다. 정보통신기술 기반의 점검·진단 기술을 정착시켜 시설물 유지관리 분야의 관리주체 및 안전진단 전문기관에 스마트 워크를 확산·보급 할 수 있는 기틀을 마련하였다.

주요 연구개발 성과



특허출원

4건

특허등록

1건

SW등록

1건

일반학술지

1건

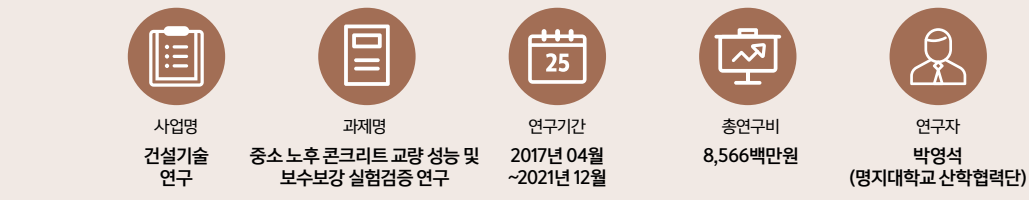
기타

신기술지정 1건

표준채택 부재

시제품제작 2건

국내 중소 노후교량의 효율적 유지관리를 위한 프로그램 및 실증장치 개발



연구배경

국내의 교량은 70년대 압축성장기를 거치며 급속하게 건설되어 2030년부터는 대부분의 교량들이 급격하게 노후화된다. 2020년부터는 「시설물 안전 및 유지관리 특별법」의 개정으로 지금까지 관리되지 않던 중소규모의 3종 교량도 법적으로 관리 의무화가 이루어졌으나 대부분의 도면, 유지관리 이력 등 기본적인 데이터가 부족하여 현황 파악조차도 어려운 실정이다. 따라서, 급속하게 노후화되는 중소규모 교량의 효율적이고 선제적인 유지관리를 위해서는 관리자가 쉽게 교량을 유지관리할 수 있는 전용 플랫폼을 구축하고 폐교량을 대상으로 실증실험(구조파괴 및 재료실험)을 수행하여 중소규모 교량의 노후화에 따른 성능 저하 원인 분석과 미래의 유지관리에 필요한 데이터 확보가 함께 필요하다.



구로고가교 철거현장



구로고가교 구조실험실험 (하이브리드구조실험센터)

연구 목적

노후된 교량 중 특히 관리에 취약한 지방자치단체의 지방도, 시군도에 위치한 3종 교량의 안전에 관련된 손상을 효율적으로 집중 관리 할 수 있는 플랫폼과 현장에서 직접 하중을 가려하여 교량의 성능을 확인할 수 있는 시스템을 개발하여 앞으로 중소규모 교량의 선제적 교량 유지관리를 위한 기준을 제시하고자 하였다.

주요성과

강원도의 지방도에 위치한 3종 교량 250개교의 디지털 데이터 구축 및 활용

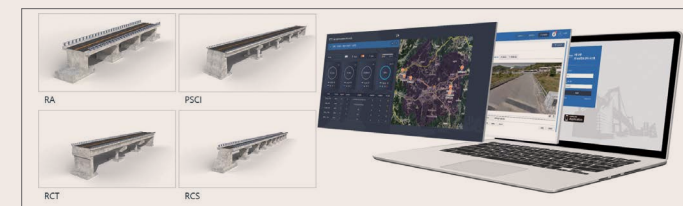
강원도의 18개 시군도에 위치한 3종 교량 250개교에 대한 3D 디지털 데이터를 구축하고 강원도청에서 활용 및 개선사항을 도출할 수 있도록 강원도 건설교통국 도로과에 시스템을 배포하였다. 250개의 3종 교량을 기준으로 강원도 도로관리사업소에서 적극적으로 활용할 예정이며 개선사항을 지속적으로 모니터링하여 시스템의 고도화를 위한 연구과제를 추진할 계획이다.

서울시의 고가도로에 위치한 3종 교량 48개교의 디지털 데이터 구축 및 활용

서울시설공단에서 관리하는 고가도로에 위치한 3종 교량 48개교에 대한 3D 디지털 데이터를 구축하고 서울시 안전총괄실 도로시설과와 서울시설공단 도로시설처에서 활용 및 개선사항을 도출할 수 있도록 시스템을 배포하였다. 서울시에서 자체적으로 개발 중인 스마트 유지관리 시스템과 연계할 수 있는 방안을 제안할 예정이다.

시제품 제작 및 실증테스트 완료

이동식 하중재하 시스템의 시제품을 제작하여 실제 강원도에 위치한 철거된 교량 거더에 실증 테스트를 완료하였다. 앞으로 고속도로에 위치하여 운송이 불가능한 중소규모 교량의 성능 평가에 활용할 수 있도록 한국도로공사와 MOU를 추진하였으며 지방에 위치한 PC 거더 제작 업체의 생산품의 성능을 바로 확인할 수 있는 테스트 장비로도 활용하도록 추진할 예정이다.



교량 3D 손상정보관리 플랫폼



이동식 하중재하 시스템 시제품 검증실험

연구의 차별적 특징

교량의 정보를 빠르고 정확하게 파악하기 위한 교량의 3D 도면 자동화

교량관리자의 편리한 관리와 신속한 진단 및 의사결정을 위해 전국의 3종 교량을 지도상에서 위치 정보 기반으로 시군구 단위로 관리하도록 기능이 구현되어 있으며, 지방자치단체별로 권한이 부여된 교량에 한해서 관리자가 필요한 주요 정보를 사용자의 편의에 맞게 파일로 변환하거나 인쇄할 수 있는 기능과 교량의 제원 리스트를 한 번의 입력으로 3D 모형으로 자동으로 변환할 수 있는 엔진 개발을 통해서 3D 및 부재의 2D 도면으로 가시화할 수 있는 기능을 갖추고 있다.

교량의 안전에 관련된 주요 손상의 지속적으로 모니터링을 통한 이력관리 및 알람

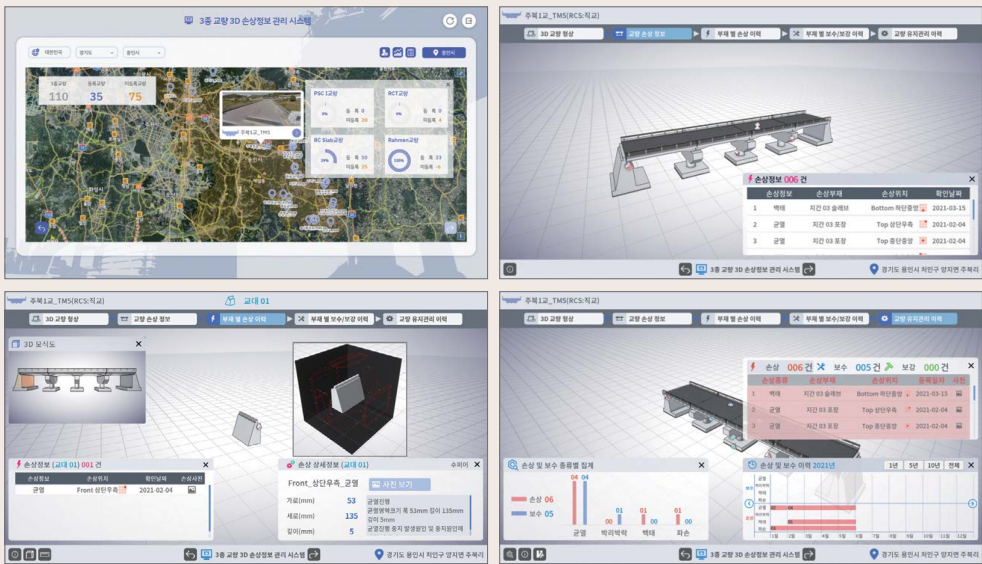
중소 노후교량의 안전에 직접적으로 영향이 있는 주요 손상 이력을 관리하는 시스템을 갖추고 있으며 시설물의 심각한 손상 또는 재난으로 인한 갑작스러운 위험요소 발생시 관리자 화면에 알람을 주어 선제적인 유지관리 대응뿐만 아니라 재난에 대한 안전관리의 효율성을 극대화하였다.

범용 오픈 프로그램을 활용한 손상정보의 입력 및 관리의 간편화

범용으로 사용 가능한 3D 게임엔진을 활용하여 플랫폼을 구성함으로써 프로그램 사용에 따른 유지관리 비용을 최소화하였으며 손상 정보의 입력과 관리가 정해진 절차에 따라서 운용되도록 간소화하고 별도의 교육 없이 짧은 시연을 통해 누구나 사용할 수 있도록 간편화하였다.

교량에 직접 200ton의 하중을 가력하여 성능 확인

기존에 개발된 거더 하중재하 장치는 지면에 고정된 반력을 통해 하중을 가하는 시스템으로 교량을 철거한 후 거더를 지면에 놓고 실험을 수행해야 하며 길이의 조절이 불가능한 시스템이었으나 개발된 이동식 하중재하 시스템은 교량 상부와 지면에서 모두 하중재하가 가능하고 거더의 길이에 따른 조절을 통해 24~30m로 대부분 구성된 중소 교량에 모두 적용이 가능하다.



3D 손상정보관리 플랫폼 기능

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

현재 도로시설물의 유지관리 분야는 선제적인 대응을 위해 AI, 딥러닝, 메타버스 등 다양한 4차 산업기술을 활용한 유지관리 체계를 구축하기 위한 노력을 기울이고 있다.

이 플랫폼은 앞으로 다양한 기술을 손쉽게 적용하기 위한 유지관리 기본 플랫폼으로 활용이 가능하며 교량관리자가 중소규모 3종 교량에 대한 유지관리의 의사결정에 적극적인 도움을 줄 수 있는 기술로 기대된다.

2. 사회경제 부문

국내 지방자치단체에서 관리하는 중소규모 3종 교량은 현재 1,2종과 같은 기준으로 유지관리를 수행할 경우 막대한 유지관리 예산이 소요되므로 교량 관리자가 3종 교량의 현황을 쉽게 통계적인 데이터를 통해 모니터링이 가능한 본 기술은 유지관리의 효율성을 제고시킬 수 있다. 또한 안전에 관련된 심각한 손상에 대해 보수보강 또는 철거 여부 판단 및 경제적 분석이 이루어질 수 있는 시스템이 추가된다면 앞으로 유지관리 비용의 효과적인 절감을 가져올 수 있는 기술로 기대된다.

주요 연구개발 성과



특허출원

8건

특허등록

7건

SW등록

25건

SCI

19건

일반학술지

17건

기타

시제품 제작

2건

홍보

8건

P파 지진조기경보 알고리즘이 탑재된 MEMS 기반 가속도계 및 긴급 재난상황 대처용 경보장치 개발

				
사업명 국토교통기술 사업화지원	과제명 지진 사전경보 및 긴급 건축물 손상도 평가 시스템 개발	연구기간 2018년 04월 ~ 2020년 12월	총연구비 2,517백만원	연구자 노진석 (주)두잇

연구배경

최근 발생한 경주/포항 지진과 빈번한 여진으로 인한 국민적 관심이 증대되어 민간 주거시설 및 공장, 학교, 병원 등 주요 시설에서 지진 조기 경보에 대한 수요가 급증하였다. 하지만 경주·포항 지진 발생 시 진앙지 인근 100km 이내 지역은 기상청에서 발표하는 긴급 재난문자를 받기 전에 건축물에 직접적인 영향을 주는 S파가 도착하여 지진에 대해 대비하기 어려웠다.

(※지진 발생 26초 후에 재난문자가 발송되었음. S파의 속도가 5km/s 정도를 고려할지라도 110km 정도의 Blind Zone이 발생)

이에 따라 P파 지진 사전경보 알고리즘과 건축물 손상도 평가 알고리즘 개발을 통해 Blind Zone*을 줄여 인명피해 감소와 재산피해를 경감하고자 하였다.

* Blind Zone: 지진 조기경보 공백지역으로 지진 조기경보 발령 이전에 지진파(S파) 도달지역



지진관측망 및 조기경보기법

연구목적

P파의 정보를 활용한 지진 사전경보 장치 개발을 통해 지진 발생 시 대규모 피해를 유발하는 S파가 도달하기 전에 사전경보를 구현하고자 하였다. 또한 긴급 건축물 손상도 평가 시스템 개발을 통해 최대 층간 변위비에 근거하여 구조물의 고유진동수 변화 및 모드 형상 변화에 따른 건축물의 손상도를 평가하고 손상 부위 발견 시 경보 발령 시스템 구축하여 이를 바탕으로 모바일 애플리케이션을 개발하는 것을 목표로 한다.



주요성과

지진 조기경보 알고리즘을 탑재한 지진가속도계(MA301+) 개발

지진 감지, 계측 및 조기 경보에 필요한 다양한 인터페이스 기능을 하나의 단말장치 내에 구현하였고, P파 초동 검출 및 사용자 위치에 도달되는 S파의 진도 예측이 가능한 지진 조기 경보 알고리즘을 탑재하여 On-site에 특화된 P파 지진 조기 경보가 가능한 지진가속도계를 개발하였다. 개발 기술은 공인기관의 성능시험 및 공인인증을 통해 우수한 품질 성능을 입증하였고 한국서부발전 외 8개소의 Test bed 구축 운영을 통해 기술적 완성도를 향상시켰다.

구조진동해석을 통한 긴급 건축물 손상도 평가 시스템(ICU) 개발

다채널(8) 입력 포트, 3단계 경보 및 음성 모듈, 접점 제어 등의 인터페이스를 구현하고 지진가속도계(MA301+)와 연동하여 데이터 수집 및 모니터링이 가능한 정보 장치를 개발하였으며, 건축물 거동 모니터링 및 손상 부위 예측을 위한 모드 형상 기법을 적용하여 긴급 건축물 손상도 평가 시스템 개발에 성공하였다. 이에 따라 오경보 최소화, 8사분면 손상 부위의 모니터링 지원, 안정성 평가 제공 등이 가능하게 되었다.

행정안전부 재난안전 연구개발 우수성과 선정

재난안전 분야의 연구를 통한 우수한 실적을 인정받아 행정안전부에서 선정한 제3회 재난안전 연구개발 우수성과상에 'MEMS 기반 가속도계 및 긴급 재난상황 대처용 계측 정보장치 개발'이 선정되었다.

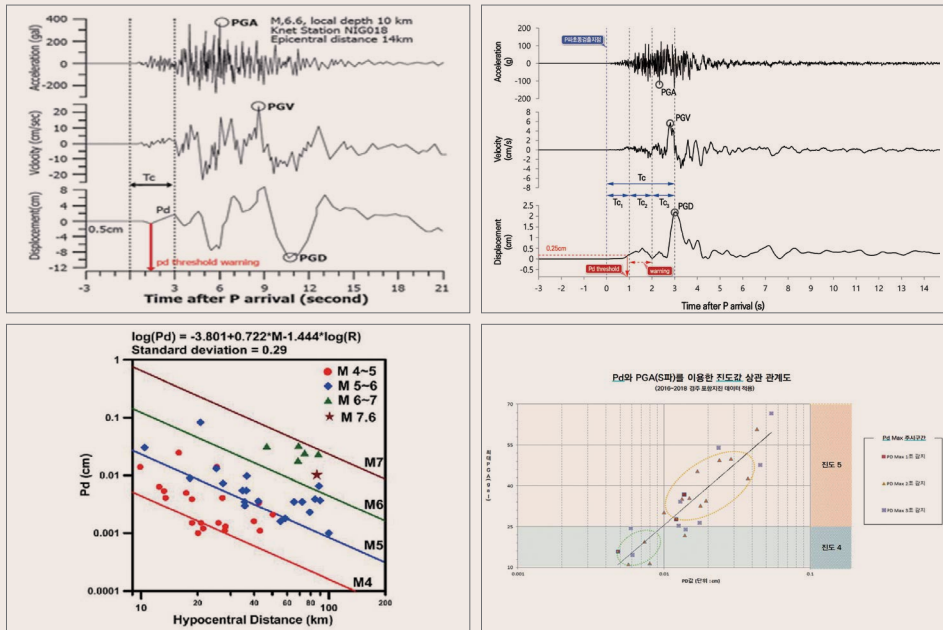
연구의 차별적 특징

국내 최초 단독 운영이 가능하 P파 지진 조기경보 알고리즘이 탑재된 지진가속도계

기존 지진 계측을 위해 개별 운영되는 지진감지기와 지진기록계의 기능을 단일보드화로 구현하였으며, P파 지진 조기경보 알고리즘 탑재 및 다양한 인터페이스 지원을 통해 기존 지진가속도계 대비 품질 향상 및 효율성을 확보하였다.

사용자의 위치에 도달되는 진도 예측 알고리즘 구현

개발된 지진 조기 경보 알고리즘은 기존 해외(대만)에서 적용한 트리거 기준 'Pd와 지진 규모에 대한 상관관계'가 아닌 '사용자 위치에 도달되는 S파의 최대 진도'를 기준으로 이를 예측하는 진도 예측 알고리즘을 구현하였다. 이를 검증하기 위하여 과거 발생된 포항·경주 지진의 기상청 관측자료를 활용하여 이벤트 트리거 기준인 Pd와 진도(S파) 값에 대한 상관관계를 도출하는데 성공하였다. 기존 Kanamori(2005)가 개발한 Pd 알고리즘 기법인 P파 검출 이후 3초 구간을 주시하는 것은 동일하나, 3초 구간 사이에서도 지진 조기 경보의 신속성을 개선하여 설정 임계값 초과 시 즉시 정보가 가능하도록 하였다.



지진 조기경보 신호결정 기법 및 관련 관계식: (좌)기존 기술, (우)개발 기술

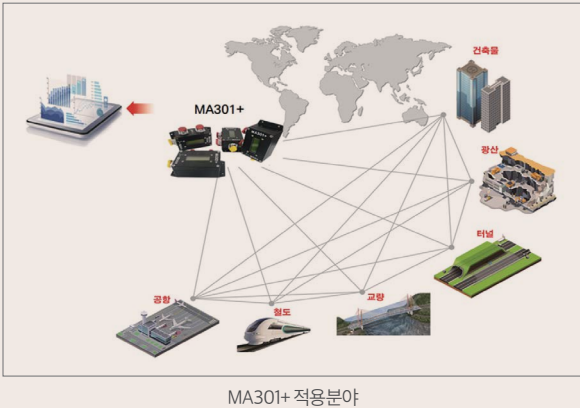
연구성과의 파급효과

1. 기술부문

EMS 지진가속도계 개발에 따른 복합적인 진동 모니터링 기술을 확보하였으며, 개발 기술을 통해 신속한 지진/이상 거동 대응과 건축물의 피해 및 안전성 평가를 통해 지진 피해 지역의 정밀 안전진단 소요 판단이 가능해지므로 건축물 내상에 의한 추가 피해를 방지할 수 있다. 또한, 기존 Regional Warning 시스템에서의 Blind Zone(진앙지 인근 100km 이내)을 현격히 줄일 수 있는 효과가 기대된다.

2. 사회경제 부문

지진 조기경보 시스템(모바일 애플리케이션 연동)을 통한 신속한 재난대응으로 인적·물적 피해 예방이 수월해지고 지진 발생 직후, 긴급 건축물 손상도 평가를 통해 해당 건축물에 거주 가능 여부에 대한 신속한 피드백 제시가 가능하다. 또한, 폐광산·가행광산을 대상으로 하는 미소 지진/진동 모니터링 운영을 통하여 안전 등의 사유로 운영이 중단된 광산의 재운영을 통한 채산성 향상도 기대할 수 있다.



주요 연구개발 성과

사업화 매출	5건 163백만원
특허출원	1건
특허등록	2건
SW등록	1건
기타	시제품 제작 4건 홍보 3건

지하공간 재난상황 인지 IoT 플랫폼 및 재난대응 지능형 긴급대피 경로 유도 플랫폼 개발



사업명

국토교통기술
사업화지원

과제명

지하공간 재난상황인지 IoT 플랫폼 및
재난대응 지능형 긴급 대피 경로유도 플랫폼 개발

연구기간

2018년 04월
~2020년 08월

총연구비

1,722백만원



연구자

임종권
(주)승화기술정책연구소

연구배경

기존의 국내 지하공간에서의 소방안전 모니터링 시스템은 유선 센서를 이용하여 온도, 습도, 화재 감지 혹은 특정 대기오염을 모니터링하는 수준으로 국소지점에 대한 유선 방식이었다. 이는 공간구조가 복잡할 경우 사각지대가 발생할 우려가 있으며 감지된 재난상황에서 정보, 안내방송 등을 통해 수동적인 피난 대응만 가능하므로 지능형 플랫폼 개발이 필요하다.

한편 지하공간에서 재난 시 초기 대응을 위한 사물인터넷 기반의 재난 안전 시스템 구축 사례 및 4차 산업혁명 기술(IoT, 빅데이터 등)을 접목한 안전·재난분야의 긴급 대응 시스템이 많지 않은 실정이다. 따라서, 미래 성장 동력인 지능형 사물인터넷(IoT) 기술과 재난안전 관리 스마트 시스템 기술을 동시에 확보하여 장기적 산업 시장에서 기업 경쟁력 강화와 창조적 산업 생태계 구축을 선도할 수 있는 기술 확보가 필요하다.



화재탐지 및 CCTV 회전

연구목적

지하구조물에 발생하는 재난상황을 인지할 수 있는 센서 기반 IoT 모듈을 개발하고 이를 통해 긴급 재난상황을 감지하여 이용객에게 재난상황을 전달함과 동시에 대피 및 피난경로를 안내하는 모듈과의 연계를 통해 능동적으로 상황을 판단하고 최적의 경로로 피난을 유도할 수 있는 기술 개발을 하고자 하였다.

주요성과

IoT 기술을 통한 다중이용시설 재난 안전 기술 확보

개발된 지하공간(지하철)에 대한 재난 대응 시스템은 재난 발생 시 해당 센서를 통해 수집되는 데이터를 바탕으로 최적 대피경로를 안내 및 디스플레이 할 수 있는 기술로, IoT 기술 기반의 재난대응기술을 확보하였다.

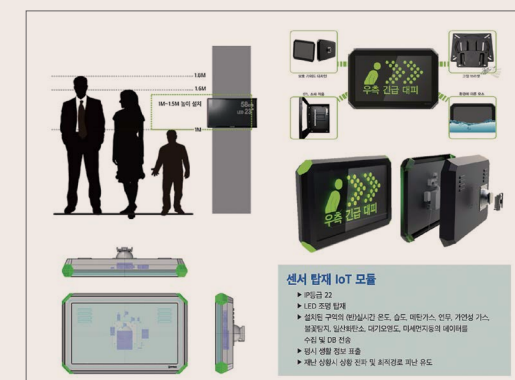
재난현장 관리 시스템 GS* 인증 성과 취득

*ISO 국제표준을 기준으로 SW의 기능성, 신뢰성, 효율성, 사용성, 유지보수성 등을 시험/테스트하여 인증을 부여

이용객의 안전한 대피뿐만 아니라 관리자 측면에서 재난상황 발생 시 현장조치 행동 매뉴얼과 대응 프로세스를 개발하여 관제실과 모바일에서 현황을 통합 관리할 수 있는 소프트웨어를 개발하였으며 국제표준을 기반으로 기능적합성, 성능 효율성, 사용성, 신뢰성, 보안성 등에 대한 시험 수행하여, 제품의 품질을 종합적으로 평가한 후 인증심의위원회를 통해 GS 인증을 취득하였다.

지하철 환승역사 테스트베드 구축을 통한 실용화 검증

한국철도공사에서 실제 운영 중인 환승 역사에 시범 설치와 모의 피난 대피 유도 훈련을 진행하였으며 재난상황 발생 시점부터 테스트베드에 설치된 IoT 패널 및 피난 대피 유도 모듈을 통한 방향 안내에 따라 안전 대피 경로로 피난하는 모의 훈련을 수행하였다.



센서 탑재 IoT 모듈

연구의 차별적 특징

센서 및 CCTV 카메라를 통한 신속 정확한 재난상황인지

화재 및 테러 등의 재난상황 발생 시 센서(산소, 온도, 습도, 이산화탄소, 메탄가연성가스, 시안화탄소, 불꽃탐지, 연무, 이산화질소 등) 모듈을 통해 재난 발생을 인지하고 설치된 CCTV 카메라가 감지된 센서 방향으로 회전하여 상황을 관리자가 인지할 수 있다.

공간 및 위치정보 기반 최적 대피경로 안내

센서를 통해 수집된 재난상황 발생 정보는 해당 센서의 위치에 기반하여 공간별 위험성을 분석하여 피난대피 유도 모듈을 통해 현재 위치에서 최적의 대피 경로를 안내할 수 있는 솔루션을 개발하였다.

빅데이터 및 지능형 영상분석 기술을 통한 밀집도 분석 및 우회경로 분석 기술

지하공간(지하철 등)에 대하여 요일별, 시간별, 열차도착(배차간격 등), 승하차객 현황, 날씨, 주요행사 등의 수집 가능한 빅데이터를 통해 재난 발생 시 현장의 각 구역별 인원을 추정하고 구역별 밀집도 추정 모델을 개발하였으며 실시간으로 CCTV를 통해 병목현상이 발생할 수 있는 주요통로(계단, 입출구 등)에 대하여 이미지 프로세싱 기술을 통한 인구 밀집도를 분석하여 대피경로 안내 시 밀집구역을 우회하는 기술을 개발하였다.

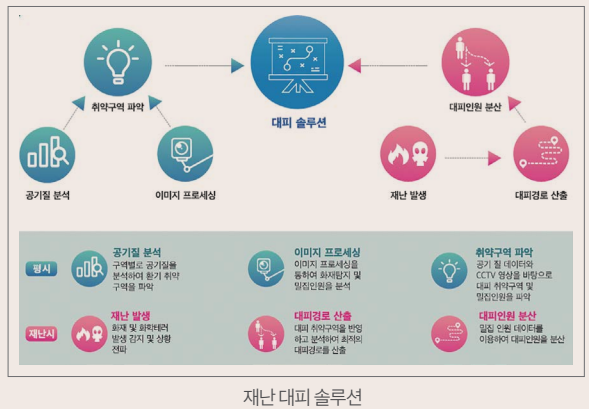


플랫폼 주요기능

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

재난 상황 대피를 위한 정확한 상황 파악, 빅데이터를 이용한 최적경로 분석 알고리즘의 적용, 모의 훈련을 통한 실용화 검증 등 대피 기술에 대한 통합적 기술 확보를 통해 기존의 일방향적 재난 정보, 안내 중심의 대피 체계에서 재난 상황 확인, 확산, 정도를 고려한 시스템 체계로의 전환이 기대된다.



2. 사회경제 부문

최근 다양한 안전사고 및 재난 발생 시 대응 체계의 미흡으로 국민의 불안이 초래되고 있으며, 국가차원의 재난 대응 체계 재정비가 요구되고 있다. 따라서 재난 발생 시 이루어져야 하는 초기 대응 및 조치 등의 전반적인 준비를 통해 재난에 노출된 다수가 다양한 상황 속에서도 신속히 최적 대피경로를 확보하고 안전한 공간으로 이동을 유도할 수 있는 기술 확대가 기대된다.

주요 연구개발 성과

사업화 매출	1건 55백만원
특허출원	11건
특허등록	1건
SW등록	3건
기타	신기술지정 1건

도심 지하철 미세먼지 주범인 노후자갈궤도를 급속개량 가능한 사전제작형 급속개량 궤도 개발



사업명
철도기술
연구



과제명
사전제작형 플로팅슬래브궤도 및
기존선 자갈궤도 급속개량 기술 실용화



연구기간
2018년 07월
~2020년 12월



총연구비
3,201백만원



연구자
이찬영
(주)에스코알티에스

연구배경

현재 운영 중인 자갈궤도의 약 80% 이상은 교체주기 초과로 궤도시설 기능 저하와 노후화에 따른 궤도 틀림이 발생하여 유지 보수 비용 증가 및 선로 장애가 반복적으로 발생되어 개량이 매우 시급한 실정이다. 그러나 열차 운행에 따른 시간적 제약, 고가의 공사비, 안전성의 문제로 개량이 늦춰지고 있다. 이에 운행선 차단시간에 안전하게 자갈궤도를 개량할 수 있는 급속 개량 궤도 기술 개발이 요구되었다.

선행연구를 통해 개발된 사전제작형 플로팅 슬래브 궤도는 철도 운행의 지장 없이 자갈궤도를 개량하여 급속시공할 수 있으며 진동과 소음을 저감할 수 있는 혁신적인 플로팅 궤도 시스템 기술이다. 이는 차단시간 내 급속 교체 시공성 및 궤도 성능을 입증한 완성도 높은 기술로 평가되나, 전용 장비가 없어 차단시간(4시간) 내 부설 연장이 10m에 그쳐, 수요처의 요구(4.0h 이내 20m 이상 시공, 비용 절감)를 충족하지 못해 실용화에 어려움이 있었다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 자갈궤도의 콘크리트 궤도화하는 급속 개량 기술을 개발하였다.



급속개량 궤도

연구목적

기존 자갈궤도를 콘크리트 궤도로 교체를 목적으로 다양한 공법이 시도되고 있으나, 시공 속도가 매우 느려 국내 자갈궤도 노선으로 확대할 경우 효율성 저하로 사업성 저하가 예상된다. 따라서 사전제작형 급속 개량 슬래브 궤도 공법 및 시공 전용 장비를 개발하여 수요처의 요구사항을 충족시키며, 기존 기술 대비 시공 속도를 대폭 개선하여 사업 효율성 및 직·간접적인 편익을 고려하여 경제적인 활용성을 극대화하고자 한다.

주요성과

사전제작형 슬래브 패널 제작 및 급속개량 궤도 개발

기존선인 자갈궤도의 급속개량을 위한 공장 제작형 분리형 궤도패널을 제작하였으며, 운행중 시공을 고려하여 패널길이 5m(중량 7t)로 제작하였다.

안정적 연직 지지력 확보를 위하여 (철관-적층 고무 중합체를 적용한) 궤도 받침을 적용하였으며, 성능시험을 통해 내구성 및 유지관리성, 시공성을 검증하였다.

또한 전단지지블럭 및 브라켓을 궤도 패널에 적용함으로써 효율적 궤도 중·횡 저항력 확보 및 설치·유지관리를 용이하게 하였다.



분리형 궤도패널

정밀 시공이 가능한 급속시공 전용장비 (STM) 개발

도시철도에 한정적이지 않으며, 일반/고속철도에도 적용이 가능한 전차선 안전 높이 확보를 통해 급속 개량에 적합한 전용 장비를 개발하였다.

기존 운행선 상의 자갈궤도를 콘크리트 궤도로 생력화하는데 핵심적 역할을 하는 장비로써 패널 운반 및 시공 안전성을 확보하며, 시공 시 패널 조정 및 정밀시공이 가능한 장비이다.



궤도받침 및 전단지지블럭

기존 대비 비용절감 효과 창출

사전제작형 콘크리트 패널 및 급속 개량 전용 장비(STM)을 통해 차단시간(4.0h) 내 20m 부설이 가능함으로써 공사기간을 줄일 수 있으며, 경제성 평가 후 약 380만원/m의 시공 비용으로 책정되어, 타 시공 비용 대비 약 160만 원/m의 절감 효과를 보였다.



연구의 차별적 특징

기존기술 대비 유지보수 용이

개발된 전용 장비의 사용으로 협소한 터널 내부에서의 궤도의 유지 보수가 용이하다. 기존 현장타설 시공 기법과 달리 사전제작형 슬래브 패널 하부에 궤도 고무 받침을 설치하여 가받침 및 가설재가 불필요하며, 설치 즉시 안전한 열차 주행이 가능하다.

국내 유일의 협소한 터널에서의 시간내 20m 부설 기술

개발기술을 활용한 전용장비를 사용하여 협소한 터널에서도 차단시간내 20m 이상 부설이 가능하다. 현장 타설이 아닌 슬래브 하부에 적층고무 소재 궤도받침 사용으로 진동저감 효과를 발현한다.

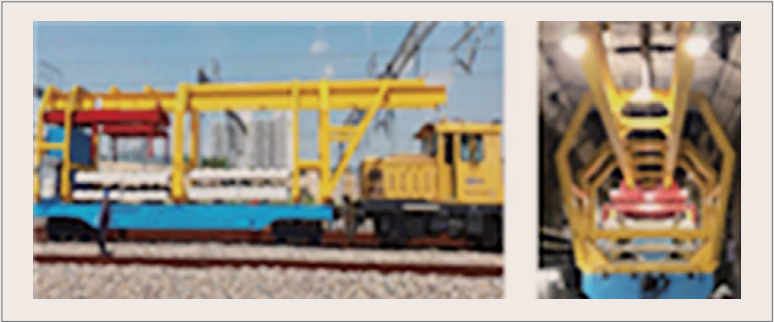
기존기술 대비 비용절감

궤도 개량시 시공비용 계산시, 약 380만원/m 기존 개량비용 대비 40%이상 절감이 가능하다.

연구성과의 파급효과

1. 기술부문

차단시간 내 20m/day 이상 급속시공 가능한 기술로 우수한 시공성 확보 및 수요처 요구사항 만족으로, 열차 운행선에서 교통 지연 없이 자갈궤도를 개량하는 급속시공 기술을 확보함으로써 국내 궤도 분야 기술 경쟁력을 세계적인 수준으로 향상할 수 있다.



급속시공 전용장비 STM

2. 사회경제 부문

급속시공 슬래브궤도 연구의 개발 및 개량사업을 포함한 모든 사회적 비용과 유지 보수 절감편익, 통행시간 감소 편익, 환경비용 감소 편익 등 모든 사회적 편익 비교 분석 결과, 부설 후 13년 후부터는 급속시공 슬래브궤도가 투자비용 대비 편익 부분에서 1,044백만 원으로 경제적 효과가 전환되며, 철도의 분석 기간인 40년 기준으로는 1,718백만 원으로 매우 경제적으로 검토되었다. 또한 신속한 궤도 개량 및 유지 보수를 통한 양호한 궤도상태 관리가 가능하며, 철도차량 운행의 주행 안전성 및 승차감 확보로 철도 이용 고객 만족도 향상을 기대할 수 있다.

주요 연구개발 성과



특허출원

2건

특허등록

3건

SW등록

1건

일반학술지

2건

기타

신기술지정 1건

시제품제작 6건

2021년 국토교통 R&D 대표성과 사례집

세계를 선도하는 기술 · 안전이 보장되는 국토

발 행 인	박승기
발 행 처	국토교통과학기술진흥원
발 행 일	2021년 12월
퍼 낸 곳	과학기술전략연구소
디 자 인	에디썸

이 책에 수록된 내용 중 문의사항이 있으시면 아래로 연락주시기 바랍니다.

경기도 안양시 동안구 시민대로 286 (관양) 송백빌딩 2-7, 9F

Tel. 031-389-6313 Fax. 031-382-6463

* 이 책의 판권은 국토교통과학기술진흥원에 있습니다.

* 이 곳에 담긴 모든 내용 및 자료는 허가 없이 어떠한 형태로든 무단으로 복사, 전재하거나 변형하여 사용할 수 없습니다.

발 간 등 록 번 호

11-B552989-000457-01

2021년 국토교통 R&D 대표성과 사례집



국토교통부



국토교통
과학기술진흥원

국토교통과학기술진흥원

14066 경기도 안양시 동안구 시민대로 286(관양동 1600) 송백빌딩 2-7,9F
TEL. 031-389-6313 FAX. 031-382-6463



비매품/무료

95500

9 791192 252001

ISBN 979-11-92252-00-1 (PDF)