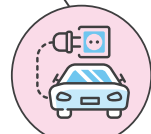


2023년 국토교통 R&D

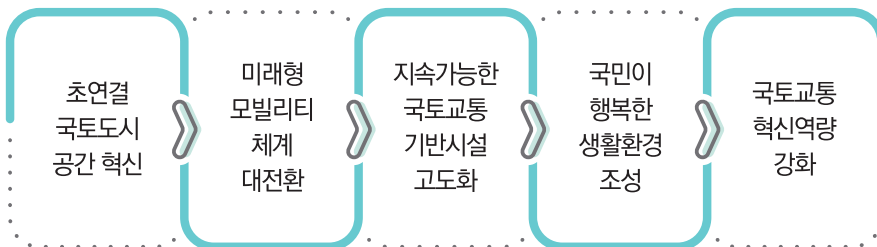
주요성과



국토교통 R&D 사업투자 및 성과현황

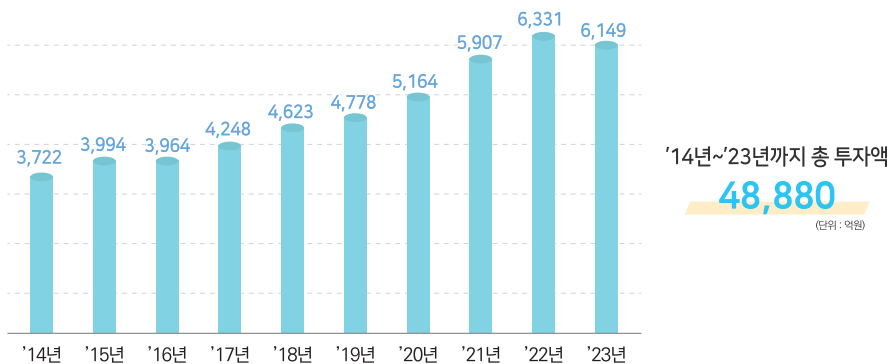
투자전략

2023년 국토교통 R&D 5대 추진전략

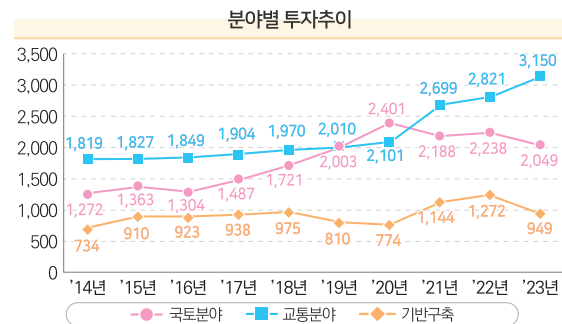
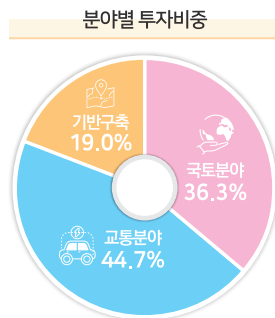


투자현황

국토교통 R&D 투자현황



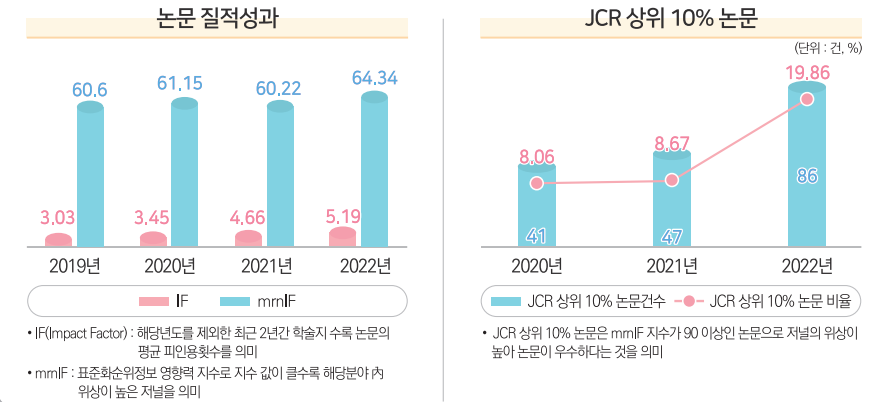
2023년 R&D 분야별 예산



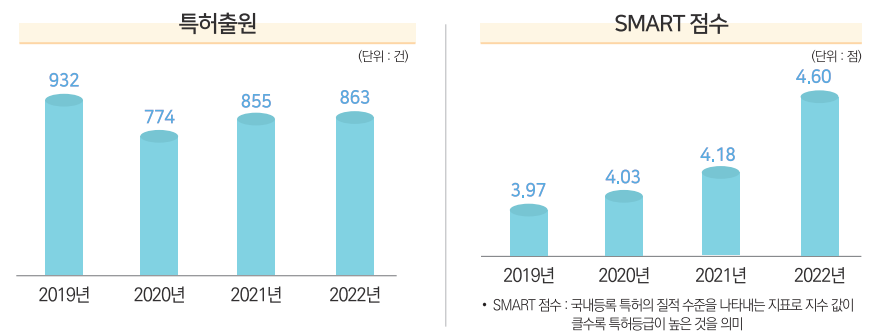
주요성과

국토교통 R&D 주요 성과현황('19~'22년)

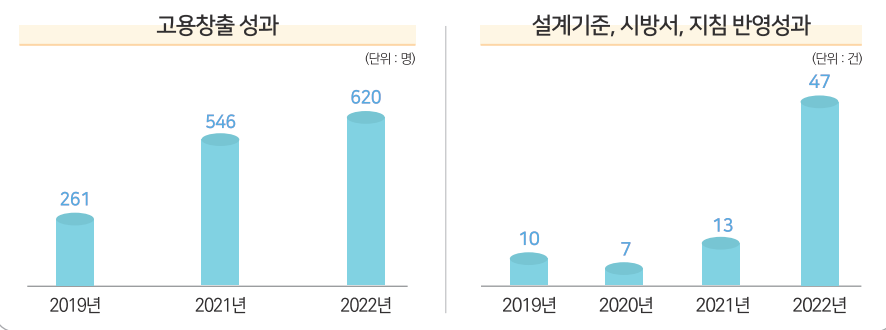
1. 과학적 성과



2. 기술적 성과



3. 경제적 / 공공적 성과



성과 정의 및 선정 절차

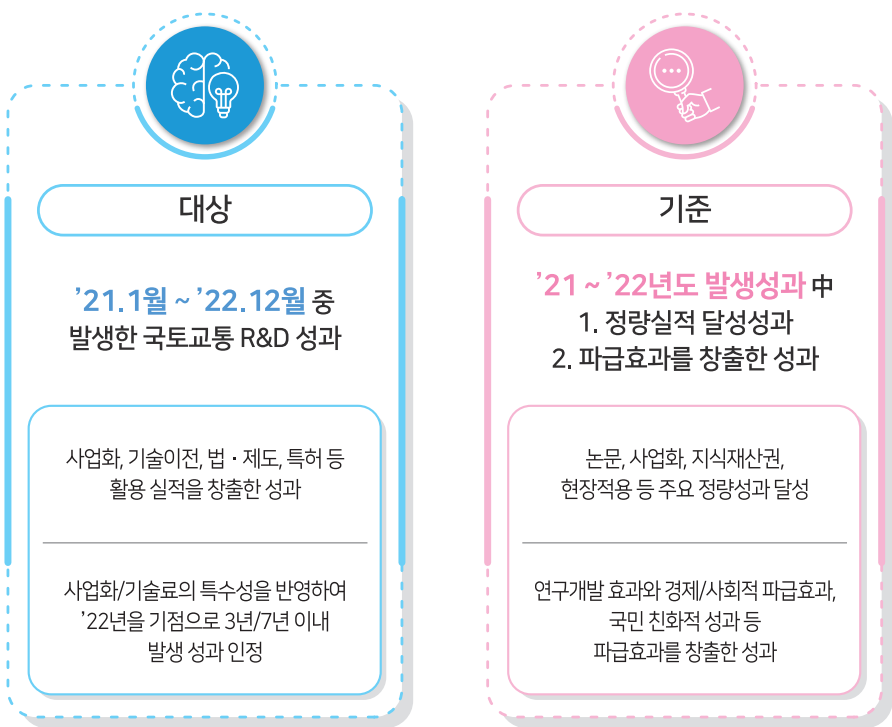
선정 배경

» 국토교통 R&D 사업을 수행하는 연구자에게 성과 창출을 독려하고, 모든 국민이 국토교통 기술을 인식하고, 쉽게 이해할 수 있도록 홍보

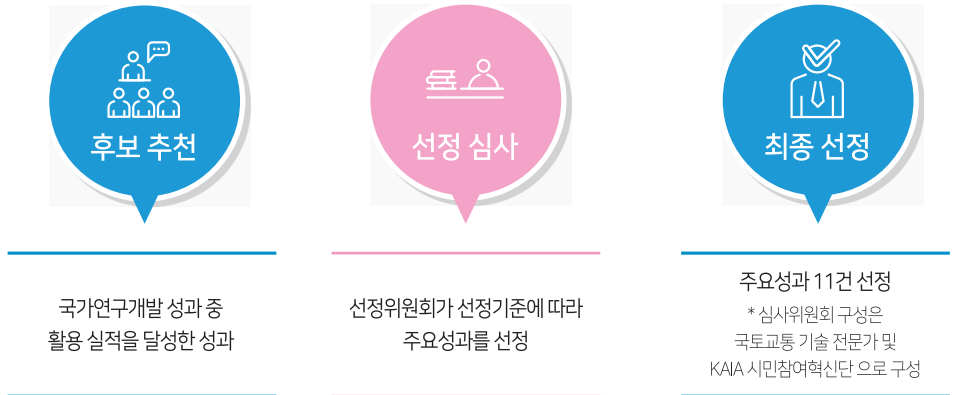
선정 목적

» 국토교통 R&D 주요성과의 대국민 홍보를 통해 연구성과 창출 동기를 부여하고, 국토교통 과학기술에 대한 대국민 인지도 제고

성과 요건



선정 절차



※ 과학기술정보통신부 우수성과 선정기준을 준용하여 국토교통 R&D 주요성과 부합여부 판단
※ 기술료 우수성과, 국가연구개발 우수성과 100선 선정작은 심사절차 생략

선정 기준

» 정성심사(기술), 정성심사(국민), 정량심사별 기준 마련

- 정성심사 기술 심사위원 심사 및 국민 심사위원 심사 수행
- 정량심사 특허의 질적 우수성, 정량 성과 등 항목에 따라 심사

기준		내용
정성심사 (기술)	연구개발 효과	- 성과의 적절성, 완성도 등 우수성 및 차별성 - 기술수준 향상 기여도 - 관련분야 기술개발 및 연구 활성화 기여도
	경제적 파급효과	- 관련 분야 경제발전 기여도 - 산업 경쟁력 기여도 - 산업 간 융합을 통한 신시장 창출 기여도
	사회적 파급효과	- 국민안전 복지 증진 - 공공서비스 개선 기여도 등
정성심사 (국민)	국민 친화성	국민 체감 필요 기술
정량심사		(질적 우수성) 특허 등급에 따른 차등 배분(5) (정량 성과) 사업화 / 기술이전, 현장적용, 논문, 법·제도 반영, 지식재산권 (특허, S/W, 디자인 등), 기술인증 등





2023 국토교통 R&D 성과사례

01 2022년 기술료 우수성과

1 제로에너지 건축 활성화를 위한 고성능·적정 비용의 핵심 건축자재 기술개발 및 상용화



2 도시철도차량용 주공기압축기 모듈 개발 및 표준화 연구



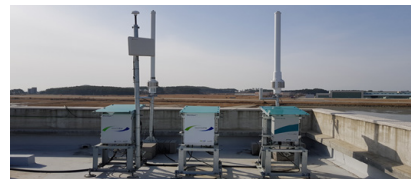
2022년 국가연구개발 우수성과 100선 선정작

02

1 택배화물 다중하역장비 및 고속 자동정렬 분배기술 개발



2 차세대 항공감시시스템 MLAT 국내개발 성공 및 국토교통부 성능적합증명 취득

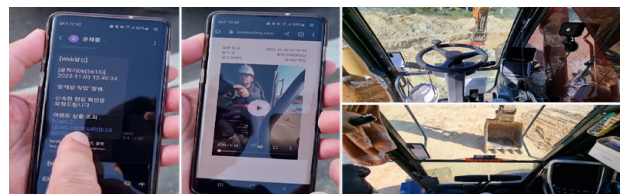


03 국토분야

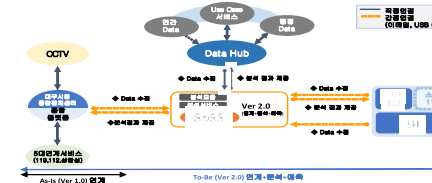
1 세계 선도 능동형 제진장치(AMD) 개발 및 사업화



2 AI비전 장비를 이용한 스마트 안전관리 사업화



3 안전서비스 2.0 Tool-Kit SW, 도시 빅데이터 기반 범죄(사회)안전 분석 및 예측시스템



4 탄소중립을 위한 50% VLT 60% TSER 성능의 99.9% 항바이러스 열차단 필름 개발



5 토공장비 무인·자동운영 실용화 기반구축



6 저비용, 고성능 개방형 건물에너지관리시스템 (BEMS) 개발 및 실용화

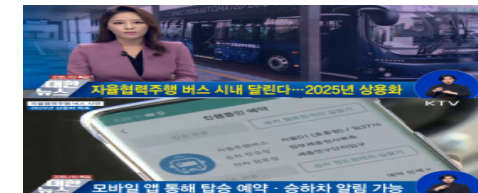


04 교통분야

1 세계 최초 자율주행기반 대용량 굴절버스 운행제어 기술 개발



2 자율주행 대중교통서비스 사업화



3 한국형 항공위성서비스(KASS) 위성 발사 및 신호 1,2차 제공

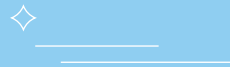


4 친환경 수소전기동차 핵심기술개발



5 AR/VR 기반 철도차량 모바일 유지보수 지원 프로그램 사양서 개발





15대 주요성과 상세내용

01

2022년 기술료 우수성과

제로에너지 건축 활성화를 위한 고성능·적정 비용의 핵심 건축자재 기술개발 및 상용화	10
도시철도차량용 주공기압축기 모듈 개발 및 표준화 연구	16

02

2022년 국가연구개발 우수성과 100선 선정작

택배화물 다중하역장비 및 고속 자동정렬 분배기술 개발	22
차세대 항공감시시스템 MLAT 국내개발 성공 및 국토교통부 성능적합증명 취득	28

03

국토분야

세계 선도 능동형 제진장치(AMD) 개발 및 사업화	34
AI 비전 장비를 이용한 스마트 안전관리 사업화	40
안전서비스 2.0 Tool-Kit SW, 도시 빅데이터 기반 범죄(사회)안전 분석 및 예측시스템	46
탄소중립을 위한 50% VLT 60% TSER 성능의 99.9% 항바이러스 열차단 필름 개발	52
토공장비 무인·자동운영 실용화 기반구축	58
저비용, 고성능 개방형 건물에너지관리시스템(BEMS) 개발 및 실용화	64

04

교통분야

세계 최초 자율주행기반 대용량 굴절버스 운행제어 기술 개발	70
자율주행 대중교통서비스 사업화	76
한국형 항공위성서비스(KASS) 위성 발사 및 신호 1,2차 제공	82
친환경 수소전기동차 핵심기술개발	88
AR/VR 기반 철도차량 모바일 유지보수 지원 프로그램 사양서 개발	94

제로에너지 건축 활성화를 위한 고성능·적정 비용의 핵심 건축자재 기술개발 및 상용화



사업명

주거환경연구사업



과제명

제로에너지 주택 건축 활성화를 위한
고성능·적정 비용 건축자재 개발



연구기간

2018.04 ~ 2022.12
*4년 9개월



연구비

총 61억 3,000만 원
*정부출연금 47.82억원, 민간부담금 13.48억원



연구자

(주)선우시스 | 박기영

연구배경

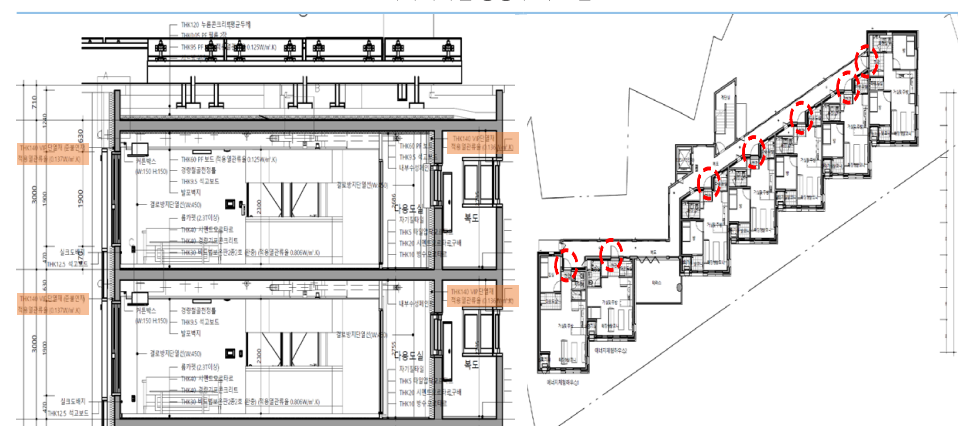
❓ 제로에너지 건축 활성화를 위한 고성능·적정 비용의 핵심 건축자재 기술을 개발하고 상용화
하게 된 배경은 무엇인가요?

국정과제인 탄소중립을 실현하기 위해 정부는 온실가스감축목표를 이행하고자 노력하고 있습니다. 이에 따라 2023년 제로에너지 건축물 조기 의무화 정책이 실시되었으며 그린리모델링 건설현장의 실수요가 나날이 높아가는 실정입니다. 하지만 제로에너지건물(ZEB)* 분야는 원천기술이 유럽, 미국 등 선진국 대비 80% 수준으로 부족하여 해외 의존도가 높은 상황입니다. 이에 전문 분야별로 산학연 연구진을 구성하여 에너지 절약형 건축자재(고성능창호, 초단열방화문, 단열신소재)에 대한 신소재 융합, 설계기술 개발, 시스템 구성 등 기술개발 전 과정에 대해 적정 수준의 분석과 성능 예측, 유닛 성능평가 및 현장 적용성 평가를 통한 기술개발을 수행하게 되었습니다.

* 제로에너지 건물(ZEB:Zero Energy Building) : 건축물에 필요한 에너지 부하를 최소화하고, 신재생 에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물



에너지자립 공동주택 조감도



에너지자립 공동주택 실증

연구목표

❓ 연구개발의 목표는 무엇인가요?

국정과제인 탄소중립을 실현하고 제로에너지 건축을 활성화하기 위해 세계 수준의 기술성과 가격경쟁력을 확보하는 핵심 건축자재(고성능창호, 초단열방화문, 단열신소재) 기술을 개발하는 것입니다.

성과개요

❓ 주요성과는 무엇이고 기술 수준은 어느 정도인가요?

① 성과소개

» 국가적 온실가스 감축목표 이행 및 탄소중립 목표 달성을 위하여 세계 최고 수준의 기술·가격 경쟁력을 확보한 고성능 창호, 초단열방화문, 단열신소재 기술을 개발하였습니다.

고성능 국산 창호는 창틀 하부 무레일 구조 및 프레임 가변형 구조 설계 기술, 설치 열교를 최소화 하는 시공기술을 적용하여 제로에너지 건축물 요구 성능을 확보하였습니다. 적절한 비용으로도 기술을 적용할 수 있도록 했습니다.

에너지 성능(단열성능, 기밀성능, 결로방지 성능)과 화재안전성(차염성*, 차열성**)은 문의 구조적 관점에서 서로 상충되는 특성입니다. 연구진은 상충되는 두 가지 성능을 모두 만족시키는 초단열 방화문 국산화에 성공하였습니다.

또한 초단열 진공단열 신소재를 개발하고 상용화를 위한 공법별, 부위별, 제품별 설계기술과 시공법을 개발하였습니다.

개발한 기술은 세종특별자치시 에너지자립형 공동주택, 공공 임대주택 그린리모델링, ZEB 전환사업(그린리모델링), 스마트시티 국가시범도시(부산 에코델타 스마트시티) 등에서 현장 중심으로 상용화 및 실증함으로써 제로에너지 건축의 조기 활성화 기반을 구축하였습니다.

* 차염성 : 화염, 연기, 가스의 관통을 방지하는 능력(복사열 제외)

** 차열성 : 화염, 연기, 가스 및 복사열의 관통을 방지하는 능력



고성능 창호

외벽 진공단열시스템

2 기술수준

» 선진기술 대비 100% 수준의 고성능·적정 비용의 제로에너지 건축자재 핵심기술을 확보하였습니다 (단열 0.8 W/mK 급 고성능 창, 단열/기밀/결로/내화 초단열 방화문, 진공 단열신소재).

더불어 제로에너지 건축물 구현을 위한 통합 자원시스템을 개발하여 제로에너지 건축물 목표 수준을 상회하는 성능을 달성하였습니다.

2 연구개발 과정에 어려움은 없었나요? 이를 극복하고 성공할 수 있었던 요인은 무엇인가요?

1 성공요인

» 기술경쟁력을 확보한 전문기업체들과 한국건설기술연구원의 역량, 그리고 비이엘테크놀로지의 수많은 시뮬레이션 지원이 유기적으로 작용한 결과로 기술개발에 성공할 수 있었습니다. 주관기관인 한국건설기술연구원의 지원 속에 기술개발 목표 달성을 위해 전문기업체들이 서로 협력하며 만들어낸

결실이었습니다. 전문기업체들이 애로사항 개선 및 극복을 위해 정기적인 미팅과 협의를 진행하였고, 공동의 목표를 위해 상호 노력한 것이 성공요인이라 생각합니다.

2 장애요인

» 개발을 수행하다보면 수많은 시행착오가 발생합니다. 이로 인해 소요되는 시간과 비용은 가끔 무시하기 어려운 수준으로 나타나기도 합니다. 다양한 시행착오로 시작품, 시제품 제작과 이를 위한 공인 시험체 제작 및 성적서 확보에 어려움을 겪었고 이로 인해 발생하는 비용 또한 걸림돌이 되었습니다.

3 극복방안

» 추가근무도 마다하지 않은 연구원들의 노력과 주관기관 및 지원기관의 지원이 제일 큰 동력이었습니다. 무엇보다 제품 개발에 성공하면 기술 경쟁력을 확보할 수 있을 뿐 아니라 회사의 매출 증대에도 기여할 수 있을 것이라 판단한 각 기업체 대표이사들의 적극적인 자체 비용 지원 으로 장애를 극복해 나갈 수 있었습니다.

2 연구성과가 다른 기술과 차별되는 점이 있다면 무엇인가요?

해당 연구과제는 기술 선도를 포함하는 사업화(TRL* 9단계)를 달성하여 기술 가치와 함께 지속적인 기술 경쟁력을 확보할 수 있는 토대를 마련하였습니다. 또한 특허, NEP, 다양한 인증을 통해 조달우수 제품에 등록할 수 있는 상품화까지 도달하였고 이를 기반으로 대형 건설사의 기술아이디어 공모전에 제안하여 우수한 성과를 달성할 수 있었습니다.

해당 개발 제품인 고성능 창호, 초단열 방화문, 단열 신소재는 건물의 에너지사용을 최소화 하기 위한 고단열 제품으로 개발하기 위해 노력했으며, 각 제품별로 연구 개발 전 국내 수준에 비해 34~58% 단열성능이 향상된 제품입니다. 그럼에도 제조원가는 각 제품별로 기존 기술의 국내 제조원가의 70~91% 수준 밖에 되지 않습니다. 이 외에도 태양열 취득율, 결로 성능, 내화 성능, 난연 성능 등 국내 기술 수준은 물론이고 세계최고 수준과 비교해도 손색이 없을 정도의 기술 수준으로 개발하였습니다.

* 기술성숙도(TRL; Technology Readiness Level) : 특정기술이 실제로 응용되어 쓰이기까지 얼마나 준비가 되었는지를 확인하는 객관적인 지표.

2 연구성과는 어떠한 파급효과를 가질까요?

1 기술적 파급효과

» 선진기술 대비 80 % 수준인 국내 대표적인 건축자재 산업의 기술 고도화를 통해 선진기술 대비 가격 및 성능 측면에서 동등 이상의 성과를 달성하였습니다. 특히 제로에너지 건물, 그린리모델링 건설현장 수요에 실효적으로 대응하여, 고성능 기술을 적용한다면 건설비용을 합리화하고 현장시공 품질 또한 안정적으로 확보할 수 있을 것으로 기대됩니다.

연구성과의 차별성

연구성과의 파급효과

성과창출과정

② 경제/사회적 파급효과

» 1기 신도시(일산, 분당), 기존 노후주택, 스마트시티 및 에너지자립형 제로에너지 공동주택을 대상으로 고성능 창호, 초단열 방화문 및 단열 신소재 개발기술 성과에 대한 실증사업을 완료하였습니다. 그 결과 성과 기술을 적용하는 것만으로도 에너지구입비용을 60%나 절감 가능한 것으로 파악되었습니다.

또한 본 성과는 제로에너지 건축물의 성능을 국민이 체감하는 수준으로 끌어올리고 건설비용의 신뢰성을 확보하여 국가 기간산업인 건설산업의 탄소중립 효과를 크게 향상시킬 것으로 기대됩니다.

③ 앞으로 연구계획은 무엇이고, 필요한 지원사항은 무엇인가요?

» 현재 제품화된 아이템 항목을 다변화해 다양한 현장의 니즈를 반영할 수 있도록 준비할 것입니다. 제로에너지 의무화에 따른 성적서 뿐만 아니라 시뮬레이션 분석에 있어서도 요구 성능을 충족 시킬 수 있는 제품으로 발전시켜 나갈 계획입니다.

향후 그린리모델링 시장에서의 경쟁력 확보를 위해서는 슬림형 기술이 필수라 판단되며 이에 부합하는 기술 개발을 추진해야 할 것입니다.

현장목소리



연구개발을 시작할 때는 충분히 조기성과 달성이 가능할 것이라 믿었으나 막상 개발 과정에서는 다양한 문제점이 도출되었습니다. 다행히 뛰어난 역량을 가진 주관기관과 지원기관의 도움으로 잘 극복해 나갈 수 있었습니다.

본 기술개발을 통해 우수한 기술 확보가 중소기업에 얼마나 큰 의미를 갖는지 확인할 수 있었으며, 앞으로도 기술개발에 더욱 비중을 두고 사업 계획을 수립할 계획입니다. 또한 정부출연연구원 및 전문기관과의 협업의 중요성을 확인할 수 있었으며 이를 활용할 수 있는 방안 및 노력을 경주해 나갈 것입니다.

주요 연구개발
성과물

- » 논문 총 1건(일반학술지 1건)
- » 지식재산권 S/W 1건
- » 기술이전/기술료 문산 청소년수련관(SN-HCW-E(302) 외 7개) 제품 판매(기술료 210,841,541원)
- » 포상 및 수상실적 2022년 한국건축친환경설비학회 논문상

현장적용사례



스마트시티 국가시범도시(부산 에코델타 스마트시티) 실증

도시철도차량용 주공기압축기 모듈 개발 및 표준화 연구



철도기술연구사업



도시철도차량용 주공기압축기
모듈 개발 및 표준화 연구



2017.01 ~ 2020.11
*3년 11개월



총 46억 5,600만원
*정부출연금 34.91억 원, 민간부담금 11.66억 원



유진기공산업(주) 상무이사 | 강성웅

연구배경

❓ 도시철도차량용 주공기압축기 모듈개발 및 표준화 연구를 하게 된 계기는 무엇인가요?

도시철도차량용 공기압축기는 차량의 주요 에너지 공급원이며 제동시스템의 역량을 좌우하는 중요한 부품입니다. 기존에 주로 사용했던 급유식 공기압축기는 배관의 오일이 새거나, 부품에 녹이 스는 등의 문제가 있었습니다.

아울러 현재 도시철도차량에는 여러 가지 공기압축기가 함께 사용되고 있는데, 구성 부품이 복잡하고 다양한 데다 부품 호환성이 없어 유지 및 보수비용이 많이 들었습니다.

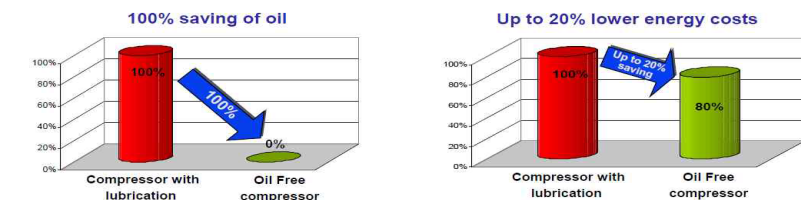
해외선진국에서는 이미 2000년도부터 이러한 급유식 공기압축기의 문제점을 해소하기 위해 무급유식 공기압축기를 출시하여 시장을 독점해 왔습니다. 국내에서도 2008년부터 무급유식 공기압축기를 현장에 적용하기 시작했으나 수입에 의존해왔습니다. 따라서 무급유 공기압축기의 설계 및 제조기술을 확보하여 국내시장을 보호하고 해외시장 진출의 교두보를 마련하고자 연구개발을 하게 되었습니다.



〈오일변색 (유제화)〉 〈수분에 의한 내부 발청〉 〈수분에 의한 내부 슬러지 발생〉 〈공기압축기누유〉

급유식 공기압축기의 문제점

Low Life Cycle Costs



■ Except the air intake filter no maintenance necessary until vehicle main overhaul respectively 8 years

무급유식 공기압축기 장점

연구목표

성과개요

❓ 연구의 목표는 무엇인가요?

기존의 급유식 공기압축기를 대체하는 무급유식 공기압축기 개발과 함께 도시철도 운용기관 간 이종 차량 같이 호환사용이 가능한 주공기압축기 모듈을 개발하고 표준규격서를 도출하는 것입니다.

❓ 주요 성과와 기술수준을 소개해주세요.

① 성과소개

» 전적으로 해외 기술에 의존할 수밖에 없었던 철도차량용 무급유식 공기압축기 기술을 국내 최초로 개발하였습니다. 기존 7종의 도시철도차량용 공기압축기를 3종으로 표준화하고 무급유 공기압축기, 공기건조기, 공기필터기로 구성된 주공기압축기를 모듈화하였습니다.

무급유식 공기압축기의 3가지 표준화 모델인 1000L, 1200L, 1600L에 대해서는 국내 전동차에는 신분당선 3단계 18량, 서울시3호선 150량 차량, 서울 5,7호선 336량 차량 및 국외 전동차로 우크라이나 전동차 90량 유지보수 차량에 공급 계약을 체결하여 조기 사업화에 성공했습니다. 이 외에 코레일 490량 및 200km/h급의 간선형 차량인 GTX-A 120량, 원강선 고속전철에도 공급 계약이 진행 중입니다. 기존에 사용되던 수입품을 대체할 수 있는 제품 개발, 급유식 공기압축기 개조 사업 등의 사업화도 진행중입니다. 최근에는 인도 ESCORTS에서 기술제휴 요청이 있어 검토중에 있습니다.

② 기술수준

» 본 성과는 연구기간 내 사업화가 추진되어 현재까지도 사업화가 진행 중입니다. 현재까지 철도차량용 공기압축기를 개발한 업체는 독일의 1개사, 미국의 1개사 정도이며 이번에 개발된 기술은 최고수준을 자랑하는 독일 제품과 동등 수준으로 평가 받고 있습니다. 무급유 공기압축기의 최고기술은 독일 Knorr사가 보유하고 있으며 국내도 일부 차량에서 운용 중입니다. 본 성과는 기존 Knorr사 제품을 대체 가능하게 설계되었는데 공기압축기의 기본성능은 Knorr사 제품과 동등하고 승차감과 직결된 진동 특성에 있어서는 오히려 더 낫다는 평가를 받고 있습니다.

성과창출과정

❓ 성과창출 과정에 어려움은 없었나요? 이를 극복하고 성공할 수 있었던 요인은 무엇인가요?

① 성공요인

» 절실함입니다. 그간 자사모델이 없어 품질이 검증되지 않은 해외 아웃소싱을 통해 제품을 공급하다보니 필드에서 많은 문제가 발생 고객의 신뢰를 잃었습니다. 더 이상 자사모델 없이는 기업의 생존이 어렵겠다는 절실함이 뜨거운 열정을 만들었고, 성공의 요인으로 작용한 것 같습니다.

② 장애요인

» 개발한 제품을 한국철도공사 경의중앙선, 서울교통공사 7호선에 실제로 부착하여 성능 시험을 실시하는 도중, 고장으로 시험이 중단되는 사태가 발생하였습니다. 충분한 내구시험을 거쳐 현차 시험에 임했음에도 불구하고 예기치 못한 문제가 발생하여 연구진이 모두 당황하였습니다.

③ 극복방안

» 경의중앙선의 경우 제품에 물이 침투하여 문제가 발생하였고 7호선 현차 실험을 할 때는 공기압축기의 고압실린더가 파손되었습니다. 처음에는 명확한 원인을 찾지 못하였으나 제품 개발의 원점에서부터 재검토를 하고 내구시험의 시험조건과 현차에서의 운용조건을 비교검토하면서 1달 여 동안 분석한 결과 설계상의 결함과 제조상의 결함이 함께 있었음을 확인하였습니다. 연구진은 문제를 개선한 부품으로 1000시간 동안 추가적인 내구성 실험을 한 끝에 운영기관인 한국철도공사와 서울교통공사에게 원인을 설명하고 현차 시험을 재개할 수 있었습니다.

❓ 연구성과의 차별성과 우수성은 무엇인가요?

무급유식 공기압축기는 기존 오일을 공급해야 했던 기존 공기압축기의 오일 샘, 오일 변색, 부품 녹슴 등의 문제를 해결하고 폐유가 나오지 않아 친환경적입니다. 단순한 구조로 고장이 덜나고 오일 교체가 필요 없어 유지 보수 면에서도 유리합니다.

기존의 공기압축기모듈은 공기압축기, 공기건조기, 필터를 평면상에 배치하고 각 부품을 배관으로 연결하여 차지하는 면적이 크고 무겁습니다. 반면 본 연구과제를 통해 개발한 주공기압축기모듈은 공기건조기를 수평형으로 공기압축기 하부에 배치하여 기존대비 외형은 31% 작아졌고 중량은 55% 가벼워졌습니다. 또한 이중 차량 간에도 호환하여 사용할 수 있습니다. 실제로 달리는 차량에 부착하여 검증을 한 결과 성능은 물론 진동과 소음 면에서도 우수함을 확인하였습니다.

연구성과의 차별성

연구성과의 파급효과



주공기압축기모듈의 외형 및 구조

❓ 연구개발 성과의 파급효과에는 어떤 것이 있나요?

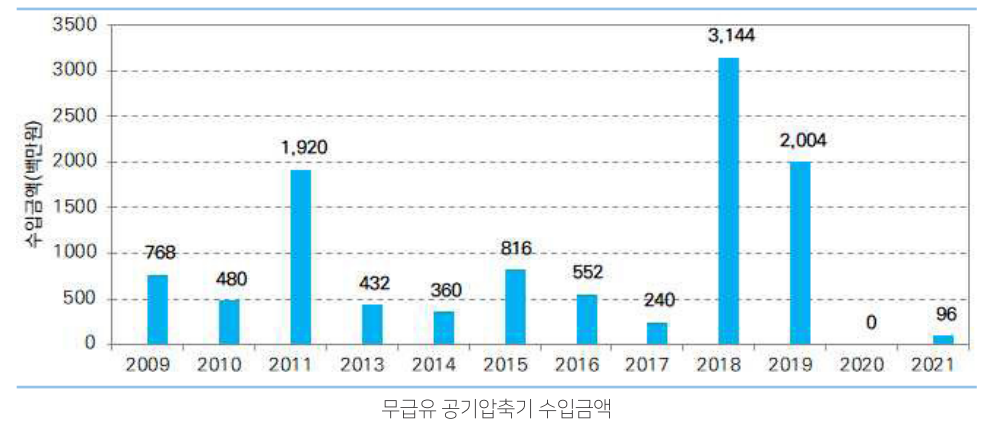
① 기술적 파급효과

» 국내 최초로 철도차량의 공기압축기분야에서 무급유식 공기압축기의 설계 및 제조기술을 개발함으로써, 무급유 공기압축기에 요구되는 동력학적 설계, 열유체역학적 설계, 소음설계, 마찰/마모 설계 및 요소 부품 설계 기술을 확보하였습니다.

본 연구개발과제는 도시철도차량을 목표로 진행 되었으나 공기압축기는 도시철도차량 뿐 아니라 경전철 차량, 간선형 차량 및 고속철도차량에도 다양하게 적용 할 수 있습니다. 표준화 모델인 1000L, 1200L, 1600L 외에 경전철 모델인 300L, 500L를 확보하였으며 해외 차종을 고려하여 1800L 모델까지 총 6가지의 사업화 모델을 확보하여 국내 및 국외 시장에서 충분한 경쟁력을 갖게되었습니다.

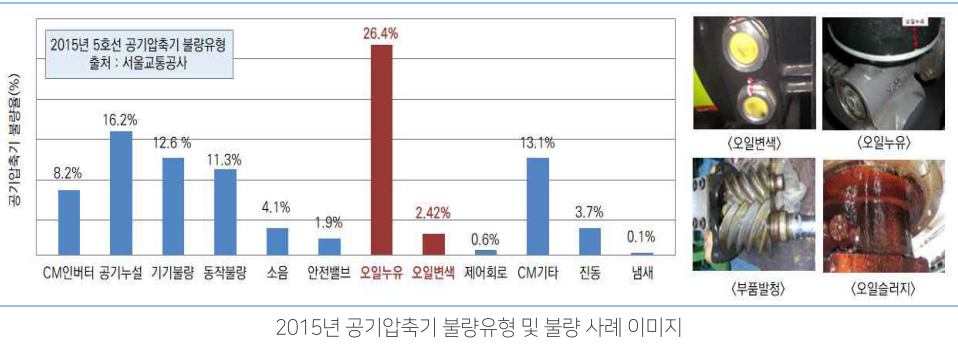
② 경제/사회적 파급효과

» 무급유 공기압축기는 2009년부터 국내전동차에 공급되기 시작하였으며 2019년까지는 이태리의 ATLAS사, 독일의 KNORR사, 독일의 ALMIG사 및 독일의 DURR사 등 수입제품이 시장을 독점하였습니다. 2019년까지의 수입비용은 약 110억 원에 이르렀지만 이번 무급유 공기압축기 국산개발로 수입품 대체 효과가 있을 것으로 기대합니다. 실제로 무급유 공기압축기 수입금액은 개발 기술이 조기 사업화에 착수한 2019년부터 크게 줄어들었습니다.



기존에 도시철도차량에서 운용되고 있는 급유식 공기압축기의 주요 고장 사례를 살펴보면 오일과 관련된 오일 누유, 오일 부족, 오일 변색이 전체 불량량의 약 30%를 차지하고 있습니다. 주요 경정비 항목 중 가장 큰 부분을 차지하는 항목 또한 오일 교체 및 폐유처리비용입니다.

무급유식 공기압축기가 도시철도차량에 적용되면 오일과 관련된 부품들이 삭제되면서 고장요소가 현격히 줄어듭니다. 오일 교체가 필요 없기 때문에 유지보수비용 절감 효과도 큼니다. 더불어 다양한 공기압축기를 3종으로 표준화 하면서 부품 호환성이 증대되어 구매 비용도 줄어들게 됩니다. 폐유가 발생하지 않아 환경면에서도 긍정적인 파급효과를 가져옵니다.



현장목소리



연구개발 과정이 결코 순탄하지만은 않았습니다. 현차 시험 중 문제가 발생하였다는 얘기를 들었을 때는 정말 가슴이 철렁했습니다. 당시에는 무척 당황을 했지만 호랑이에게 물려도 정신만 차리면 살아남는다는 각오로 연구원들과 함께 차근차근 기본부터 문제를 풀어나가면서 해결을 할 수 있었습니다. 마침내 문제의 원인을 찾았을 때 함께 "유레카"를 외쳤던 기억이 생생합니다. 본 연구과제를 성공적으로 마무리 할 수 있게 물심양면으로 도와준 진흥원 및 공동기관인 한국철도공사, 서울교통공사 및 홍익대학교에 감사의 말씀 전합니다.



공정회의에 참가 중인 연구진

K마크 인증시험 중인 연구진

주요 연구개발 성과물

» 기술이전/기술료 무급유 공기압축기 기술료 234,738,920원

향후계획

❓ 앞으로 기술 발전을 위해 어떤 연구가 필요하고 필요한 지원 사항은 무엇인가요?

향후 10년은 철도차량에서 무급유 공기압축기로 사업화 진행에 문제는 없을 것으로 보입니다. 그러나 이미 해외 선진업체에서는 철도차량의 주요에너지원인 압축공기를 사용하지 않는 신개념 차량을 개발하고 있으며 시운전 단계로 알고 있습니다. 공기압축기가 사라지면 관련된 배관, 탱크, 부품 등이 간소화해져서 여러 가지 이점이 있습니다. 우리도 이에 대한 대비가 필요하다고 생각합니다.

현재 코레일 전동차, 서울교통공사 전동차 및 경전철등 국내 대부분의 철도차량에 당사의 무급유 공기압축기가 납품되고 있으며 간선형 차량에는 최근 제작되고 있는 GTX-A 준고속형 차량에 적용이 확정('20.6)되었고 KTX-이음 고속전철 적용 및 KTX-산천 고속전철에는 기존 수입품을 대체하는 사업('21.2)을 추진하고 있습니다.

현장적용사례



코레일 경의선에 장착된 주공기 압축기 모듈

택배화물 다중하역장비 및 고속 자동정렬 분배기술 개발



교통물류연구사업



택배화물 다중하역장비 및
고속 자동정렬 분배기술 개발



2018.04 ~ 2021.12
*3년 5개월



총 62억 원
*정부출연금 47.67억 원, 민간부담금 15.89억 원



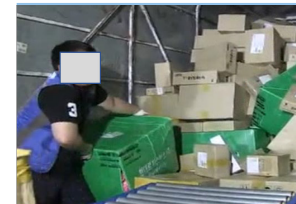
한국철도기술연구원 책임연구원 | 원종운

연구배경

❓ 택배화물 다중하역장비 및 고속 자동정렬 분배기술을 개발하게 된 배경은 무엇인가요?

해마다 증가하는 1~2인 가구로 인해 개인 중심의 유통 및 소비 비중이 늘어나고 있으며 코로나19 팬데믹은 이커머스를 통한 소비 시장을 더욱 확대하였습니다. 그 결과 택배 물량이 급증하였으며 매년 지속적으로 증가하는 추세입니다.

그러나 기존의 택배화물 처리 현장은 노동 의존적이어서 많은 노동자들이 화물 상하차 작업 반복으로 인해 근골격계 산업재해를 겪고 있습니다. 빠르게 진행되는 인구 고령화에 이같은 노동현장 상황은 갈수록 더 나빠질 것으로 보입니다. 이를 개선하기 위해 전문적인 하역 장비 및 기술개발을 하게 되었습니다. 본 기술이 범용화된다면 양질의 민간 일자리 창출 또한 기대할 수 있을 것입니다.



수작업



반자동



자동형 (Honeywell)

다양한 하역작업 유형

* 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 자동화 단계가 높아진다.

** 오른쪽 맨 위가 본 연구성과인 다중하역장비

연구목표

성과개요

❓ 연구개발의 목표는 무엇인가요?

노동 의존형 택배현장을 개선하고 고령화 사회에 대비하기 위해 택배화물 하역 시간 단축을 위한 하역장비를 국산화하고 원천기술을 개발하는 것입니다.

❓ 연구성과의 개요와 기술수준을 소개해주세요.

① 성과소개

» 다중하역장비 로봇은 정형 및 비정형 화물 하역작업을 시 기반으로 수행하는 로봇이며 고속 자동정렬 분배기란 택배 또는 화물간의 간격과 방향을 자동으로 조절하는 장치를 말합니다. 본 연구진은 다양한 택배 차량 적재함과 적하물을 자동으로 하역하는 다중하역장비 로봇 기술과, 비전 기술, 실시간 제어 기술, 알고리즘 최적화 및 시뮬레이션 기술 등 자동화 고속화물 정렬기 기술을 개발했습니다. 또한 국내 물류센터 실정에 맞도록 3차원 공간으로 조절이 가능한 상하좌우 컨베이어 기술을 국산화하는 데 성공했습니다.



다중하역장비



고속자동정렬분배기



상하좌우 조절 가능한 컨베이어

② 기술수준

» 택배화물 다중하역장비 로봇 기술은 자율형 하역 로봇 기술로 해외 기술 대비 2배의 성능을 확보하였습니다. 수작업의 경우 기존에 11t 트럭 기준 1,500박스를 2인이 60분 간 해야 했던 작업을 1인이 30분 내에 해낼 수 있습니다. 속도를 4배 향상 시킨 것입니다. 고속 자동정렬 분배기술은 기존에 단방향으로 약 4,000개 분배할 수 있었던 것을 양방향 9,000개를 분배할 수 있도록 고도화하였습니다. 이는 국내에서 유일하며, 선진화된 국외기술과 비교할 때도 동등 수준 또는 그 이상의 성능입니다. 상하좌우 조절 가능 컨베이어 기술은 상하 회전범위 45°이상, 좌우 회전 범위 30° 이상, 허용 중량 100kg을 자랑합니다.



다관절 매니퓰레이터가 적용된 다중하역장비

성과창출과정

❓ 성과창출 과정에서 어려움은 없었나요? 있었다면 어떻게 어려움을 극복하고 성공을 이룰 수 있었나요?

① 성공요인

» 세계최고 수준의 도전적인 목표를 설정하였음에도 불구하고, 연구에 참여하신 기업과 연구자 그리고 현장 시험 등을 전폭적으로 지원해주신 관계자들의 협조가 가장 중요한 성공요인이라 생각합니다. 특히, 개념설계와 다르게 실제 상황 또는 환경에 적합하도록 기술을 개발하는 데 있어서 시행착오가 많았으나, 참여연구자들이 실망하지 않고 성공하고자 하는 신념이 강했던 것 같습니다.

② 장애요인

» 세계 최초, 세계 최고를 지향하는 목표를 달성하는 것이었던 만큼 쉽지만은 않은 길이었습니다. 참고할 수 있는 사례가 없는 전인미답의 길이었기에, 나침반이나 등대가 없는 길을 가는 것 같았기 때문입니다. 따라서 연구진들은 목표로 가는 길이 맞는지에 대한 의문에 수시로 맞닥뜨릴 수밖에 없었습니다.

연구성과의 차별성

③ 극복방안

» 연구진들은 서로에 대한 믿음으로 목표에 대한 의문을 지울 수 있었습니다. 시제품을 4번이나 만들었을 정도로 시행착오에 따른 실패를 두려워하지 않고 용기와 의지를 가지고 앞으로 나아갔습니다. 사무실에만 머물지 않고 수시로 현장을 다니며 현장의 목소리를 듣고 오류를 수정해 나갔던 것도 성공요인이었던 것 같습니다.

❓ 연구성과의 차별성이나 우수성이 있다면 어떤 것인가요?

다중하역장비 로봇 기술은 다양한 적재함 크기에 적용이 가능하도록 가변형 컨베이어 및 그리퍼가 장착된 것이 특징입니다. 차량에 설치하는 별도의 장비가 필요 없는 것도 기존 기술과 차별점입니다. 해당 기술은 2021년 국토교통 우수물류신기술 제 5호로 지정되었습니다.

고속자동정렬 분배기는 머신비전으로 화물을 인식하여 전체적으로 화물의 공급균형이 맞지 않아도 화물을 분산시켜 정렬이 가능하도록 고도화했습니다. 유사한 외국 제품과 비교할 때 화물의 경로를 변경할 수 있다는 점에서 운영 성능이 더 높습니다.

상하좌우 조절 가능한 컨베이어는 국내 기존 제품들이 모두 기계식 설비로 처리량도 낮고 하드웨어 기술에 의존하던 것에 반해 비전 기술, 실시간 제어 기술, 알고리즘 최적화 및 시뮬레이션 기술 등 첨단 IT 기술에 기반한 고속정렬기입니다. 액츄에이터 또한 기존 유압식에서 전기식을 적용하여 정비가 더 쉽습니다.

연구성과의 파급효과

❓ 연구성과는 어떤 파급효과를 기대할 수 있을까요?

① 기술적 파급효과

» 세계 최고 수준의 택배화물 다중하역 기술, 고속 자동정렬 분배기술을 개발하고 상하좌우 조절 컨베이어 기술을 국산화하였습니다.

이로써 우리나라는 해당 핵심기술 보유국으로서의 위상을 확보하여 기술경쟁력을 보유하는 것은 물론, 사용자들의 요구사항에 대해 유연하게 대처할 수 있고 전문인력을 양성할 수 있을 것입니다.

해당 성과는 아직 기계화나 자동화가 이뤄지지 못하고 있는 물류 흐름상의 취약점을 보완하여 물류시스템 전반에 걸친 효율성 개선에도 기여할 것으로 보입니다. 개발과정에서 도출한 기술은 택배물류산업 뿐 아니라 유통, 제조, 공항 수하물 처리 등 타 분야로 확장되어 기술 접목이나 판매도 가능할 것입니다.

② 경제/사회적 파급효과

» 세계 최고 수준의 신기술 개발을 통해 복잡한 물류작업 환경 하에서의 작업자 안전과 작업효율을 향상시킬 것으로 보입니다. 사회적으로는 본격화할 고령화 사회에 대비하여 과도한 노동의존형 물류현장 여건을 개선하는 데 큰 몫을 할 것입니다.

택배화물처리 효율을 극대화하여 인건비 등의 비용을 절감하는 것은 물론 처리능력 향상의 결과로 매출액 증대 효과 또한 기대됩니다.

하역 장비 국산화는 해당 기술의 수입대체 효과 및 수입 장비 운용에 따른 불합리한 유지보수 예산 낭비를 최소화할 것입니다. 우수한 성능 및 기술을 바탕으로 개발도상국은 물론 일본, 캐나다, 미국 등 선진국에 수출 또한 기대할 수 있습니다.

향후계획

③ 앞으로 어떤 계획을 가지고 있나요?

본 과제에 성과가 실제 현장에 적용될 수 있도록 실용화를 위한 추가 노력을 계속해 나갈 계획입니다. 실용화를 위한 노력이란 것은, 제작비용을 절감하고, 기술의 안정성을 확보하며, 개발 장비의 신뢰 확보 등의 노력을 말합니다.

이같은 실용화 연구를 통해 실전 투입 가능한 수준에 도달하게 되면, 국내는 물론 해외시장진출 등을 추진할 수 있도록 글로벌 기술과 비즈니스의 지원이 필요할 것입니다.

그리고 향후에는 하역장에 사람이 한 명도 필요치 않은 완전자율하역처리가 가능한 수준의 기술고도화 노력을 지속적으로 추진하고 싶습니다.

현장적용사례



롯데택배 동남권 물류센터 시제품 구축 및 설치

C사 경기북부지역 물류센터 사업 수주 및
실운영 중인 고속자동정렬 분배기

현장목소리



새로운 하역시스템을 개발하여 현장 시험을 하다보면 생각지 못한 어려움을 마주하게 됩니다. 하역로봇이 현장 실증을 위해 물류 현장에 투입되었을 때는 트럭과 작업바닥 간 높이 차이로 경사면 진입하던 2톤이 넘는 하역 로봇이 쓰러질 뻔하기도 했습니다. 하지만 현장 경험이 많은 직원의 도움으로 경사를 완만히 한 뒤 안정된 시험을 지속할 수 있었습니다. 선배들이 늘 하시던 '우문현답' (우리 문제는 현장에 답이 있다)이란 말씀의 뜻을 다시금 마음에 새길 수 있었습니다.

주요 연구개발
성과물

- » 논문 총 1건(일반학술지 1건)
- » 포상 및 수상실적 2022년 국가연구개발 우수성과 100선 선정

차세대 항공감시시스템 MLAT 국내개발 성공 및
국토교통부 성능적합증명 취득

사업명

항공안전기술개발사업

과제명

항공용 다변측정감시시스템(MLAT) 개발

연구기간

2013.06 ~ 2021.05
*8년

연구비

총 169억 원
*정부출연금 126.96억 원, 민간부담금 42.36억 원

연구자

(주)우리별 전무이사 | 김수홍

연구배경

❓ 차세대 항공감시시스템(MLAT)를 개발하게 된 배경은 무엇인가요?

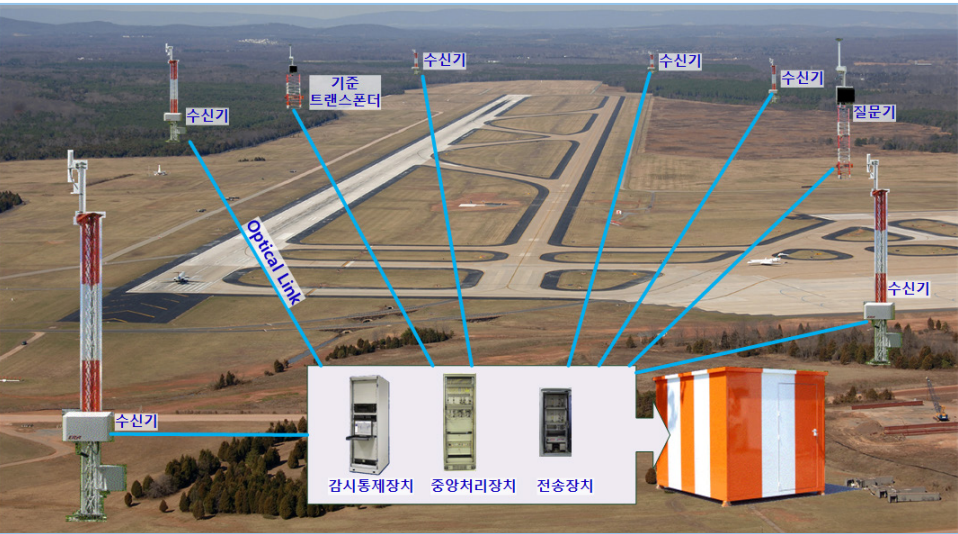
항행안전시설(CNS/ATM*)은 통신·전파 등을 이용하여 항공기 이착륙 등 운항에 필요한 안전정보를 제공하는 핵심시설입니다. 현재 전 세계적으로 항공교통량이 지속적으로 증가함에 따라 기존 항행안전시설의 성능 및 운용 한계가 나타나는 상황입니다. 이를 극복하기 위해 각국에서는 새로운 개념의 차세대 항행안전시설로의 전환을 적극적으로 추진하고 있습니다.

대표적인 것이 차세대 항공감시시스템인 항공용 다변측정감시시스템(MLAT**)입니다. 다변측정 감시시스템은 음영지역이 적고 빠른 검출시간으로 안전도가 높으며 날씨에 무관하게 신뢰도를 유지하는 높은 성능의 기술입니다. 또한 경제성 및 호환성이 우수하고, 적용 분야가 다양하여 전 세계적으로 기존 시스템을 빠르게 대체하고 있습니다.

그간 국내에서는 항공감시시스템을 해외에서 전량 수입하여 기술 종속, 시스템 도입비 과다 지출, 운용/유지비 증가 등의 문제가 지적되어 왔습니다. 또한 기존의 레이더를 활용한 항공감시시스템은 정확도가 높지 않고, 저고도 운항 항공기(소방, 산림, 구조용 항공기)에 대한 미탐지 구역이 많은 등의 부족함이 있어 기술을 개발하게 되었습니다.

* CNS/ATM : Communication Navigation Surveillance/ Air Traffic Management

** MLAT : Multilateration



시스템 운영 개념도

연구목표

❓ 연구개발의 목표는 무엇인가요?

비행하는 항공기의 위치를 정밀 측정하여 효율적으로 항공기를 감시할 수 있도록 해주는 항공용 다변측정감시시스템(MLAT)의 핵심기술을 국산화 개발하는 것입니다.

성과개요

❓ 성과의 내용은 무엇이며 기술 수준은 어느정도인지 소개해주세요.

① 성과소개

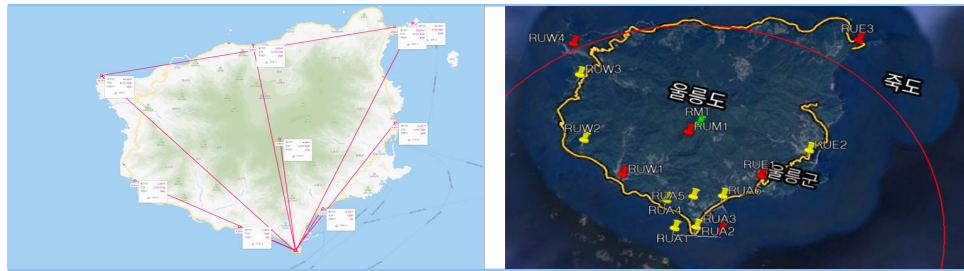
» 항공용 다변측정감시시스템(MLAT)은 쌍곡선 또는 쌍곡면 위치 측정법을 이용하여 항공기에서 송출된 신호를 지상에 설치된 4개 이상의 수신기가 수신하고, 각 수신기가 수신한 시각의 차이를 정확하게 계산하여 항공기의 위치를 측정하는 기술입니다. 기존 항공감시레이더에 비하여 더 높은 위치 정밀도와 빠른 검출 주기를 자랑합니다. 우수한 성능에 비해 구매 비용 및 유지보수는 더욱 저렴하여 경제성도 뛰어납니다.

기존 항공감시레이더 설치가 어려운 해안 지역, 산악 지역 및 도심지역에 설치 가능한 것도 장점입니다. 상용 항공기 감시는 물론이고 해군 헬기 등 저고도 비행기, 드론 택시 등 도심지역 비행체의 위치 파악에도 활용할 수 있습니다.

② 기술수준

» 본 연구진이 개발한 항공용 다변측정감시시스템(MLAT)은 국제표준 및 국내 기준을 만족합니다. 특히 국제표준은 활주로에서 7.5m 이내의 위치정밀도(위치정확도)를 요구하지만 연구진은 그보다 훨씬 엄격한 정밀도 5m를 목표로 삼았고 성공할 수 있었습니다.

성과창출과정



울릉공항 등 소규모 공항에 항공감시시설로 활용 가능

❓ 성과창출과정에 장애요인은 없었나요? 있었다면 어떻게 극복하고 성공에 이를 수 있었나요?

① 성공요인

» 반드시 성능적합증명을 취득해서 국산화개발에 성공하겠다는 참여기관 대표이사 및 연구진의 의지가 강했습니다. 여기에 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 지원과 성공가능성에 대한 믿음이 큰 힘이 되어주었습니다. 개발 기간 중에 제3자 검증을 실시하여 시스템의 기능 및 성능에 대한 사전검증을 완료한 것이 성공의 요인이라고 할 수 있습니다.

② 장애요인

» 성능적합증명 기술기준을 수립하고 시험하며 판정 기준을 확정하는 데 많은 시간과 비용이 투입되었습니다. 국제표준 및 국내기준은 있지만 이를 검증하고 시험하는 구체적인 시험절차 및 판정 기준은 없는 상태였기 때문입니다. 막대한 성능적합증명검사 비용도 큰 부담이었고, 시스템 사용자, 또는 구매자가 한정되어 있어 시장 확장이 어렵다는 것도 한계로 느껴졌습니다. 개발 과정 및 개발 제품의 기능과 성능을 객관적으로 보증하는 역할을 수행할 전문기관이 필요했습니다.

③ 극복방안

» 성능적합증명검사 비용이 주관기관 혼자 감당하기에 힘든 금액임을 참여기관에 알리고 일부 분담을 요청하였습니다. 다행히 모든 참여기관이 불만 없이 비용분담에 동참해주었습니다.

국내 최초로 개발하는 제품인 만큼 부재한 검사기준은 항공안전기술원 연구진들과 참여기관 연구진들이 수개월 동안 국내외 자료 조사와 토의를 바탕으로 수립했습니다. 이렇게 수립한 검사 기준에 따라 다양한 사전검사를 실시하여 시험절차 및 판정기준 또한 만들었습니다.

항공안전시설은 신뢰도 및 안전도가 확보되어야 실제 현장에 적용하여 사용할 수 있습니다.

이를 위해 우리별은 성능적합증명 취득에 만족하지 않고 자체 비용으로 실사용 현장인 여수공항에 설치하여 6개월 이상의 실제 운용검증 시험을 실시하였습니다.

❓ 연구성과는 어떠한 차별성과 우수성이 있나요?

국제표준보다 더욱 정밀한 기술이며 2021년 대한민국 정부(국토교통부)가 부여하는 성능적합증명*을 취득하였습니다. 성능적합증명은 2016년 3월을 기점으로 '소프트웨어 인증 기준'을 포함하며 크게 강화되었습니다. 본 성과는 매우 까다로운 국제 표준의 소프트웨어 신뢰성을 만족시키며 개정된

연구성과의 파급효과

성능적합증명을 취득하였습니다. 개정 이후 성능적합증명을 취득한 기술은 현재까지 본 연구진이 개발한 차세대 항공감시시스템이 유일합니다.

* 국토교통부 성능적합증명 : 3년 여 간의 성능적합증명검사를 통하여 대한민국 정부가 기술의 성능을 증명하고 보증하는 시스템

❓ 연구성과의 파급효과로는 어떤 것이 있나요?

① 기술적 파급효과

» 전파의 도달시간을 정밀 측정하여 물체의 위치를 파악하는 기술인 다변측정감시기술(MLAT)은 항공감시 뿐 아니라 자동차 및 선박의 위치감시에 적용이 가능합니다. 따라서 자율주행 자동차 및 자율주행 선박의 위치 감시 및 충돌 방지 제어에 활용될 수 있습니다.

또한 본 기술은 현재 국내외 군사적 목적으로 수요가 급증하고 있는 안티드론시스템에도 적용할 수 있습니다. 기존 안티드론시스템의 드론 검출, 식별, 무력화 기능에 MLAT의 질문기능과 수신기능을 더하면 피아식별 기능까지 구현할 수 있을 것입니다.

본 기술은 전파의 발생 위치를 파악하기 위한 전파탐지 장치에도 적용 가능합니다.

② 경제/사회적 파급효과

» 항공용 다변측정감시기술(MLAT)은 수입에만 의존해 오던 기존 항행안전시설을 국산화함에 따라 수입대체 효과를 거둘 수 있고, 신규 서비스 및 수요 창출 효과도 예상하고 있습니다.

또한 울릉공항과 같이 산악 및 바다로 둘러싸여 있어 항공감시레이더 구축에 많은 비용이 드는 공항 신설시 비용을 크게 낮출 수 있습니다. 해상 지역 및 산악지역을 비행하는 헬기 등 항공기도 높은 정확도와 낮은 비용으로 감시할 수 있습니다. 항공감시레이더 사용이 제한적인 도심지역에서 비행하는 드론택시 감시용으로도 적극 활용될 것으로 보입니다.

현재 세계 항공교통량은 날이 갈수록 증가하고 있으며 이에 따라 중동국가 및 동남아시아 국가 등에서는 공항시설 개선 및 신공항 건설 사업이 활발히 계획되고 있습니다. 연구진은 정부 성능 증명과 경제성을 바탕으로 기술의 해외 수출을 추진 중입니다. 이를 위해 2022년 3월 사우디아라비아 WDS2022전시회, 6월 프랑스 EUROSATORY 전시회, 10월 미국 AUSA 전시회에서 기술을 홍보하였습니다.



2022년 3월 사우디아라비아 국제방산전시회(WDS2022)에 참가

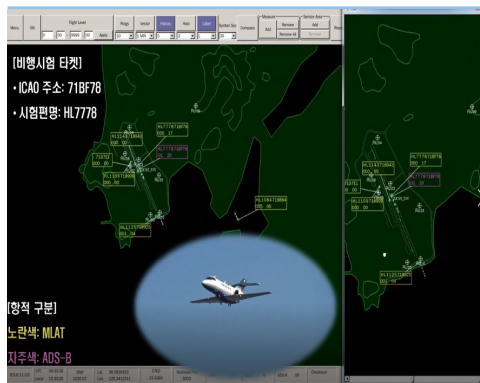
향후계획

? 앞으로의 계획은 무엇인가요?

2022년 도심항공교통(UAM) 감시정보 획득체계 개발사업 참여가 확정되어 비행체의 위치 감시 및 관련 서비스 기능을 개발하고 있습니다. 개발이 완료되는 2025년부터 전국 UAM 항로 및 버티포트에 비행체 위치감시용으로 투입될 예정입니다. 본 기술은 현재 해군헬기감시용 시스템으로 목포공항에 설치되어 시범 운용 중이며, 이후 국내 모든 바다에 추가 설치될 예정입니다. 특히 2023년 여수공항에 설치하여 6개월 이상 실증시험을 하였으며 그 결과 장기간 운용에 이상이 없음을 확인하였습니다.

연구진은 앞으로 개발한 시스템 국내 설치 매출 약 1,000억 원, 해외 매출 약 722억 원 등 총 1,700억 원 이상의 매출과 별도의 유지보수 매출을 기대하고 있습니다.

현장적용사례



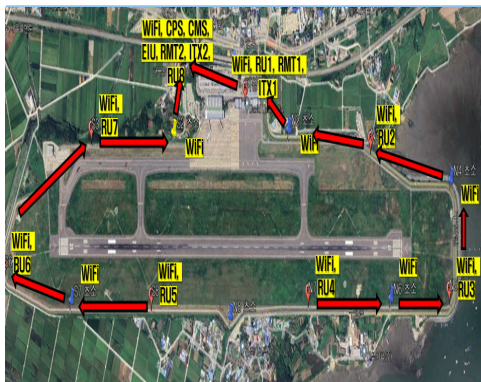
성능적합증명 취득을 위해 2018년~2021년 한서대 태양비행장에서 MLAT 현장 시험(비행시험). 국토부 소유의 비행 점검기를 이용해 정밀도 확인.



한서대 태양비행장에 설치된 MLAT 옥외장비 (수신기, 질문기, 기준감시트랜스폰더)



2023년 여수공항 주관제탑 13층 장비실에 설치된 옥내 장비



여수공항 시스템 구축 현황

현장목소리



본 기술은 국가출연연구소 2개 기관과 중소기업 3개사가 협력하여 이루어낸 뜻깊은 성과입니다. 개발 기간 중 3년간의 제3자 검증, 그리고 뒤이어 실시된 3년간의 성능적합증명 검사 과정이 너무나 어렵고 힘들었지만 많은 이들이 저희의 성공을 바라는 걸 알기에 쉽게 포기할 수 없었습니다. 1차 검사 부적합 판정에도 자체 예산을 써 가며 성능개선 및 시험을 수행하여 결국 성능적합판정 증명을 취득하였습니다. 쉽지 않았던 시간을 이겨내고 나니 어느새 저희는 항공감시장비 국산화의 대표선수로 우뚝 서게 되었습니다. 끝까지 믿어주고 응원해주신 모든 분들께 감사드립니다.



2018년 11월, 한서대 비행장에서 비행시험에 참관하는 연구진들

주요 연구개발 성과물

» 포상 및 수상실적 2022년 국가연구개발 우수성과 100선 선정

세계 선도 능동형 제진장치(AMD) 개발 및 사업화



사업명

도시건축연구사업



과제명

기업지원형 초고층빌딩 핵심기술 개발



연구기간

2015.12 ~ 2021.06

*5년 6개월



연구비

총 129억 600만원

*정부출연금 95.83억 원, 민간부담금 33.23억 원



연구자

(주)티이솔루션 부사장 | 주석준

연구배경

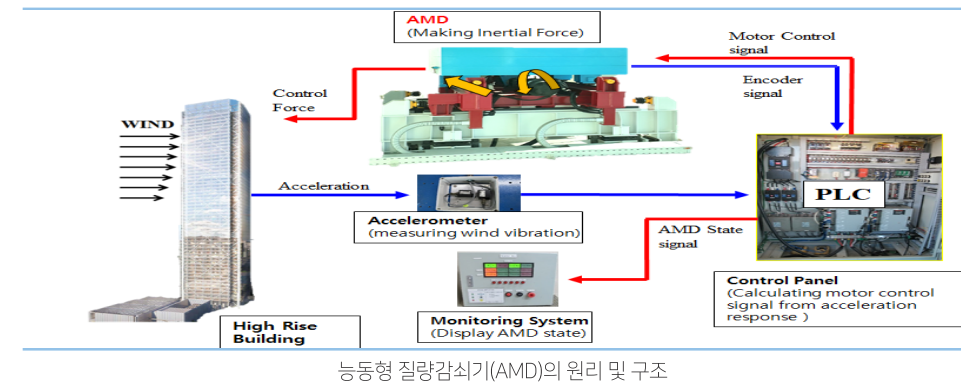
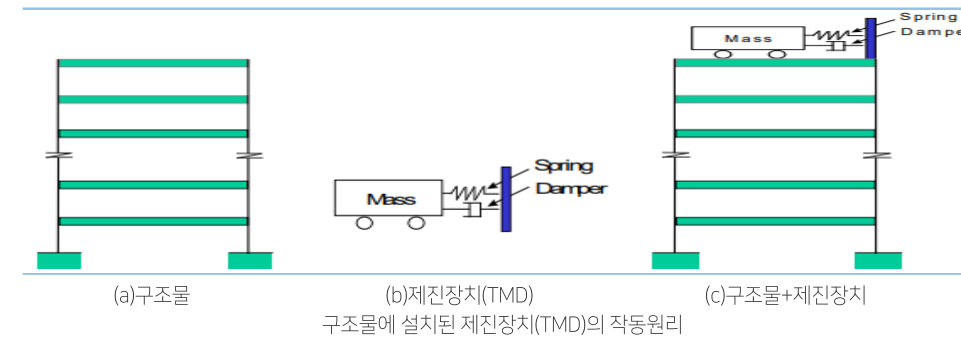
❓ 세계 선도 능동형 제진장치(AMD)를 연구개발하게 된 배경은 무엇인가요?

좁은 면적에 높게 지어지는 세장형(細長型) 건축물(초고층구조물, 고층구조물)이나 대공간구조, 장경간 교량*이 세계적으로 계속 건축되고 있어 진동제어 수요 또한 늘어나고 있습니다. 이와 같은 건축물의 위쪽은 바람에 의해 크게 흔들리므로 정밀 진동제어 장치를 설계하고 제작, 시공하는 기술 개발이 필요합니다. 제진장치는 일반적으로 건물의 최상층에 설치되는 기계장치로, 바람 때문에 일어나는 진동을 감소시켜줍니다. 기존의 동조질량감쇠기(Tuned Mass Damper, TMD)는 건축물에 무거운 질량(Mass)을 케이블이나 스프링/댐퍼 등과 연결시켜 동조된 구조물이 바람에 흔들릴 때 그 진동에너지를 상쇄하는 수동형(Passive) 진동제어 장치입니다. 그러나 TMD는 1차 모드* 구조물에 대한 제어만 가능하고, 제어성능을 높이기 위해서는 장치의 질량이 크게 증가하는 문제점이 있습니다. 따라서 선진국에서는 제어성능이 요구되는 구조물의 경우 능동형 질량감쇠기(Active Mass Daper, AMD)와 같은 능동형(Active) 제어장치 혹은 수동과 능동을 복합하여 사용하는 복합형(Hybrid) 진동제어장치를 사용합니다. 능동형질량감쇠기는 구조물에 부착된 센서로 진동을 감지하고 분석하여 모터를 이용해 제어신호에 정확히

부합하는 방향과 이동거리로 질량을 움직여 구조물의 진동을 감소시키는 장치입니다. 세계적인 수요는 늘어나고 있지만 관련 기술을 보유한 국가나 기업은 손에 꼽을 정도여서 연구를 시작하게 되었습니다.

* 장경간 교량: 현수교와 같이 주탑 사이의 거리가 먼 교량

* 1차 모드: 구조물의 한쪽 끝만 고정되어 있는 외팔보 형태의 구조물에서 바람에 의해 좌우로 움직이는 진동 형태. 진동모드 중 가장 먼저 측정됨.



능동형 질량감쇠기(AMD)의 원리 및 구조

연구목표

❓ 연구개발의 목표는 무엇인가요?

건축물의 진동제어를 위한 세계 최고 수준의 다축/다중모드 제어장치 개발 및 사업화를 위하여, 다축/다중모드의 제어알고리즘의 제어력을 실제로 구현할 수 있는 제어장치의 설계 및 제작 기술을 확보하는 것입니다.

성과개요

❓ 연구개발 성과는 무엇이고 기술수준은 어느정도인가요?

① 성과소개

» 진동제어장치의 능동제어 기술과 건축물의 다중모드 식별 및 제어기술을 융합하여 최적의 진동제어가 가능한 다축/다중모드 진동제어장치 개발을 완료하였습니다. 다축이란 x축/y축을 기준으로 한 다양한

방향으로의 진동을 제어할 수 있음을 말하고, 다중모드란 좌우 진동은 물론, 비틀림 등 바람으로 일어나는 다양한 진동 형태(mode)를 제어할 수 있다는 뜻입니다. 기존의 진동제어장치는 1축, 1차 모드 제어에 한정된 기술이 대부분이었습니다.

또한 티이솔루션은 다축/다중모드 진동제어 장치의 설계 및 제작에 대한 지침을 개발하였고, 구조물의 저주파수에 대한 대변위(1.2m) 스트로크 작동이 가능한 제진장치를 설계 및 제작하였습니다. 각 구조물에는 고유의 진동 주파수가 있는데, 구조물의 주파수가 낮을 경우 한 번 진동할 때의 주기가 매우 길니다. 이 경우 충분한 제어력을 발생시키려면 진동제어장치의 질량(Mass)이 많이 움직여야(이동거리 증가)합니다. 질량이 1m 이상 움직이는 경우(대변위) 제진장치의 구조적인 문제가 발생할 확률이 높아지고, 제작하기도 매우 까다롭지만 본 성과는 1.2m 대변위에도 안정적으로 진동을 제어할 수 있는 기술입니다.

더불어 티이솔루션은 다수의 진동제어장치를 독립적으로 제어할 수 있는 기술력을 확보 하였습니다. AMD는 구조물에 따라 1대 또는 2대 이상의 장치를 설치하여 진동제어를 할 수 있습니다. 기존에는 제어신호를 다수 장치에 전달하여 동시에 작동시켰으나 티이솔루션은 장치의 설치된 위치나 필요에 따라, 다른 장치의 간섭이나 영향 없이 각각의 AMD를 독립적으로 작동시켜서 장치를 제어할 수 있는 기술을 개발하였습니다.

성과창출과정

❓ 성과창출과정은 순조로웠나요? 장애요인이 있었다면 무엇이고 어떻게 극복하셨나요?

① 성공요인

» 티이솔루션은 다년간의 연구로 기초기술을 확보하였으며 개발 기술을 수년간 시험하여 축적한 데이터로부터 가능성을 확인하고 수정하고 있습니다. 이를 통해 각 현장에서 보다 안전하게 목표에 정확히 맞는 기술을 적용할 수 있었습니다.

② 장애요인

» 현장에서는 공장에서 미리 예상하지 못한 크고 작은 문제가 나타나기도 합니다. 기술 자체의 문제라기보다는 현장의 특성 때문이거나 구조물 자체의 결함일 경우도 있었습니다. 문제를 분석하여 기술적으로 설명하고 이해시켜야 할 때 해외 현장의 경우 언어 소통의 문제까지 있어 어려웠습니다.

③ 극복방안

» 소통에 어려움이 있어도 포기하지 않고 관계자들에게 기술적인 부분과 함께 이성적인 해결책을 제시하고 설명하였습니다. 티이솔루션의 축적된 기초기술력과 데이터를 통해 결국 관계자들을 이해시킬 수 있었고 최종적으로는 현장증명을 통하여 문제를 해결할 수 있었습니다.

❓ 연구성과가 기존 기술과 차별되는 점은 무엇인가요?

본 성과는 신축 건축물뿐만 아니라 진동제어가 필요한 기존 건물에도 시공 가능할 수 있도록 부품화 및 조립화가 가능하다는 점이 기존 기술과의 차별점입니다. 구조물 인근에 새로운 건물이 들어선다든지 하는 환경 변화에 따라 구조물의 고유진동수가 변화할 경우 대처하기 쉽다는 것도 우수한 점입니다. 구조물의

연구성과의 차별성

연구성과의 파급효과

❓ 연구성과의 파급효과는 어떤 것들이 있나요?

① 기술적 파급효과

» 다축/다중모드 진동제어장치는 건축물에 가해지는 바람 때문에 일어나는 다양한 방향과 형태의 진동모드를 제어할 수 있도록 개발된 능동형 진동제어장치입니다. 기존의 1차 모드 제어를 넘어 다중 모드의 진동제어가 가능해짐에 따라 건물의 진동 사용성과 안정성은 크게 높아지게 되었습니다. 다중모드 제어에 대한 기술력은 세계적으로도 인정받아 해외 여러 건축물들에 적용되었으며, 다축/다중모드 제어장치는 건축물뿐만 아니라 해양구조물이나 선박, 교량, 공항관제탑 등 다양한 산업분야에 적용이 가능합니다.

② 경제/사회적 파급효과

» 본 성과로 진동제어장치 설계 및 제작에 관한 기술을 100% 국내 개발함으로써 해외 기술에 대한 독립성을 확보하였습니다. 그 결과 원가절감을 할 수 있어 해외 입찰시 우수한 경쟁력을 확보할 수 있게 되었고, 다수의 국내외 프로젝트를 수주하였습니다. 건축물 초기 설계단계에서부터 다양한 진동제어 기술을 적용하여 최적의 구조설계 검토가 가능하기 때문에 건축 설계 및 시공비용 절감이 가능합니다.

티이솔루션은 제진장치에 대한 국내 유일의 기술기업으로 인천국제공항의 2개 관제탑에 제진장치를 설치하였고 운영 중입니다. 또한 다수의 프로젝트를 기반으로, 해외 랜드마크 구조물에 사업화를 실현하여 2020년 대통령 포상 300만불 수출의 탑을 수상하였습니다.

❓ 앞으로의 계획은 무엇인가요?

향후 국내 및 해외의 랜드마크에 제진장치를 설치하기 위한 계획이 진행 중입니다.

능동형 진동제어장치는 매우 복잡한 시스템입니다. 따라서 앞으로는 사용하는 기계-전기 부품과 구조적인 부분을 간소화하는 설계역량을 키워나갈 계획입니다. 또한 보다 안전하게 사용할 수 있고 유지관리비용을 절감할 수 있는 방향으로 향후 연구를 지속하고자 합니다.

향후계획

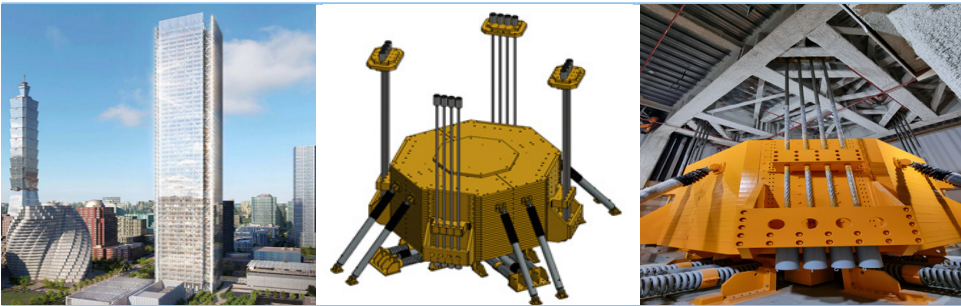
현장적용사례



2022년 터키 1915 차나칼레 대교에 설치된 AMD(이동질량:30ton, 설치높이:225m)



2019년 호주 시드니 Greenland Centre에 설치된 LRB TMD(이동질량 180ton,설치높이 235m)



2021년 대만 타이페이 푸본생명본사에 설치한 진자형 TMD(이동질량 500ton,설치높이 257m)



2015년 인천국제공항 제2계류장관제탑 AMD(이동질량 9ton,설치높이 65m)

현장목소리



20여 년 동안 해외 기술로부터 자립하기 위해 끊임없이 노력해 온 결과가 최근 수년에 걸쳐 결실을 보고 있습니다. 성취감이 매우 크지만 좀 더 수행되어야 할 기술적인 과제가 앞으로의 각오를 새롭게 합니다. 매번 새로운 구조물에 새로운 장비를 설계하고 제작하여 운용하는 것은 항상 도전하는 정신과 신뢰성 있는 기술력을 요구하는 것 같습니다.



1915 차나칼레 대교(터키 랍세키) 주탑(335m)에 설치한 30ton AMD의 공장시험 검수전경



FUBON 생명(대만 타이페이)56층에 설치한 500ton 진자형 TMD의 현장시험 검수전경

주요 연구개발
성과물

» 지식재산권 건설용 리프트 시스템, 10-2402153(특허등록 1건)

AI 비전 장비를 이용한 스마트 안전관리 사업화



사업명

국토교통기술사업화지원



과제명

근로자 보호 및 시설물 안전관리를 위한
AI객체인식, 공사진척도 반영 경로산출,
사고예측 알고리즘 탑재 재난예방용
LOD350 디지털 트윈 응용기술 개발



연구기간

2021.04 ~ 2023.12
*2년 9개월



연구비

총 33억 6,700만원
*정부출연금 20억 원, 민간부담금 13.67억 원



연구자

(주)코너스 대표이사 | 김동오

연구배경

❓ AI비전 장비를 이용한 스마트 안전관리기술을 연구하게된 배경은 무엇인가요?

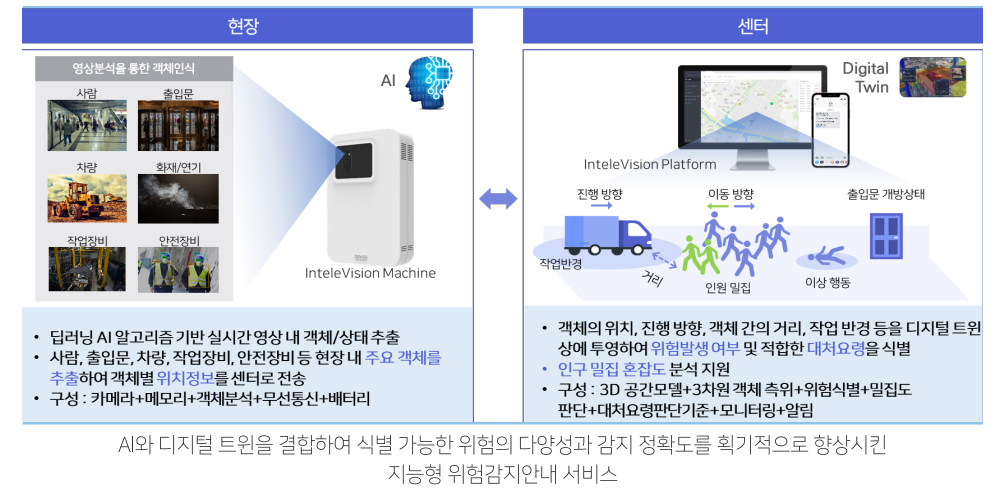
건설현장, 플랜트, 물류센터 등 산업현장에서의 안전사고는 사소한 징후나 불안전 상태, 또는 작은 행동에서 비롯되는 경우가 많습니다. 따라서 사고를 예방하기 위해서는 이러한 사소한 징후들을 사전에 감지하고 빠르게 알리는 것이 필요합니다. 위험 징후를 빠르게 감지하고 상황을 알려려면 인간의 힘만으로는 부족하고 기술을 활용해야 하는데, 기존의 기술을 적용하는 데는 대규모 저장장치와 고용량 분석서버 등이 필요하여 산업현장에 적용하는 데는 현실적인 어려움이 있었습니다.

산업현장의 안전관리를 지원할 수 있는 기술을 고민하던 중, AI와 디지털트윈* 기술의 결합으로 기존의 한계점들을 해결하면서 위험 감지의 정확도를 높이는 것이 가능할 것이라는 아이디어를 얻었습니다. 이를 실현시키기 위해 현장에 설치될 디바이스와 영상분석 기술, 관제시스템 등을 구체화시키는 연구를 수행하게 되었습니다.

* 디지털트윈: 현실세계에 존재하는 사물이나 시스템은 디지털 데이터 모델로 똑같이 만들어 서로 실시간 상호작용이 가능하도록 만든 기술.

연구목표

성과개요



❓ 연구의 목표는 무엇인가요?

산업현장 위험 감지의 다양성과 정확도를 향상시키면서도 불필요한 인프라를 최소화할 수 있는 스마트 안전관리 기술을 개발하여 현장의 안전관리 방식을 획기적으로 전환할 수 있도록 지원하는 것을 목표로 삼았습니다.

❓ 성과의 내용은 무엇이며 국내외 기술과 비교했을 때 기술수준은 어느정도인가요?

① 성과소개

» 딥러닝 AI 알고리즘과 디지털 트윈 기술을 활용하여 물류, 건설, 제조 등 각종 산업 분야에서 위험을 감지하고 대처요령을 안내하는 시스템을 개발하고 사업화하였습니다.

시스템은 현장에 설치된 AI비전 장비와 센터로 구성됩니다. 먼저 AI 비전 장비로 실시간 영상을 촬영하여 딥러닝 AI 알고리즘을 활용해 사람, 출입문, 차량, 장비 등의 객체와 객체의 위치정보를 추출해 센터로 전송합니다. 센터에서는 객체의 위치와 진행 방향, 객체 간의 거리, 작업 반경 등을 디지털 트윈 영상에 투영하여 위험이 발생하지 않는지 살피고 적합한 대처요령을 제시합니다. 예를 들어 많은 인원이 밀집한 곳에서 이 시스템을 사용하면, 사람들의 밀집도와 혼잡도를 3D 공간모델에 3차원 객체 위치로 분석하여 위험을 식별하고, 대처요령을 판단하여 알림을 올릴 수 있습니다.

개발한 시스템은 2022년 12월 한국토지주택공사(LH)의 공공주택지구 조성공사 굴착기 운전자의 스마트 안전관리 서비스로 사업화하였습니다. 굴착기 운전자 스마트 안전관리 서비스는 AI 비전을 통해 굴착기 운전 상태를 감지하여 작업 중 안전벨트 미착용이나 출입문 개방 등의 위험을 분석한 뒤 안전담당자에게 알림을 전송하는 서비스입니다.

② 기술수준

» 금번 개발한 시스템과 같이 현장 영상의 촬영과 분석을 분리하여 위험을 감지하는 방식은 지금까지 국내외 어느 곳에서도 적용된 적 없는 유일무이한 기술입니다. 객체좌표 추출과 위험분석 추출의 수행을 이원화시킴으로써 다양한 위험 상황을 정확하게 감지할 수 있으며, 객체의 위치 속성 데이터만을 추출하여 전달하기 때문에 보편적 컴퓨팅 장비만으로 중대재해 예방에 필수적인 위험을 자동 식별할 수 있는 획기적인 방식을 제공합니다.

성과창출과정

③ 성과창출 과정에서 한계나 어려움이 있었나요? 있었다면 어떻게 극복하고 성공에 이를 수 있었나요?

① 성공요인

» (주)코너스는 2014년 설립 이후부터 AI와 디지털 트윈을 활용한 스마트 소방 피난안전 솔루션을 성공적으로 개발하고 상용화시킨 안전 디지털 전환 전문 기업입니다. 탄탄한 기술력과 안전 분야에 대한 이해도와 경험이 새로운 기술을 개발하고 적용하는데 큰 강점으로 작용하였습니다. 이번 연구 또한 안전분야에 첨단기술을 적용하고자 하는 열정과 사명감으로 임하였습니다.

② 장애요인

» 안전 분석을 하기 위해서는 점검해야 할 모든 요소를 촬영할 수 있는 적당한 위치에 디바이스를 설치해야 합니다. 그러나 건설 장비 안에 디바이스를 설치할 때, 물리적 특성의 한계로 인해 그 위치를 파악하기가 어려웠습니다. 또한 설치 후에도 건설장비의 움직임 등에 따라 디바이스 고정이 풀리는 등 많은 시행착오가 있었습니다. 테스트 환경과 실제 현장의 환경이 달라 발생한 어려움이었습니다.

③ 극복방안

» 시스템을 실제 현장에 적용하기 위해서는 현장 상황에 대한 사전 이해가 동반되어야 함을 느꼈고, 이에 실제 근로 현장의 특성이나 근로자들의 업무 환경 등을 파악하여 최대한 안정적이면서도 위험을 잘 분석할 수 있는 최적의 설치 방안을 도출해냈습니다. 또한 본 시스템이 중대재해 예방을 도와주는 효용을 제공한다는 점을 현장의 관리자와 근로자들에게 지속적으로 강조하여 현장에서 적극적으로 사용할 수 있는 시스템으로 자리잡을 수 있도록 하였습니다.

연구성과의 차별성

③ 연구성과의 기존기술과의 차별성은 무엇인가요?

객체인식과 위험분석을 동시에 하는 기존의 지능형 CCTV 기반의 영상분석과 달리, AI 비전은 객체 인식만을 수행하고, 센터의 디지털 트윈이 위험분석을 수행하기 때문에 학습 영상이 없더라도 더욱 정확하게 위험을 식별할 수 있습니다. 객체 간 상호관계와 작업단계(준비, 작업 등)를 어떻게 설정하느냐에 따라 더욱 다양한 위험을 식별할 수 있는 점도 우수한 점입니다.



또한 기존 AI 영상분석은 객체간의 거리를 평면적으로 인식하여 실제 위치와 왜곡이 생겼지만, AI비전과 디지털트윈을 이용하면 3차원 분석을 할 수 있어 왜곡을 줄이고 위험감지와 등급 식별을 훨씬 정확히 할 수 있습니다. 더불어 기존 CCTV 영상 분석과 달리 저용량 네트워크와 보급형 사양 장비를 활용하기 때문에 네트워크 부하가 없고 서버 구축 등의 인프라 도입비용을 절감할 수 있습니다.

③ 연구성과의 파급효과는 무엇인가요?

① 기술적 파급효과

» 본 기술의 성공적 개발을 시작으로 산업 전반에 걸친 안전 분야에 디지털 전환이 가속화될 것으로 예상됩니다. AI와 디지털트윈 등의 첨단 기술은 건설 근로자의 안전, 제조 근로자의 안전을 뛰어넘어 플랜트와 발전소 등 국가기간 시설의 물리적 보안 및 대테러 예방 용도로 적극 활용될 수 있을 것입니다.

또한 협업이 가능한 관련 타기술들의 기술 고도화에도 이바지할 수 있을 것으로 예상됩니다. 감지 가능 위험상황을 넓히고 보다 정확한 위험을 감지하기 위해, 추후 라이다 스캐너 센서, 적외선 센서 등과의 연동을 고려하고 있습니다. 이와 같은 지속적 연동 연구개발을 통해 고급 센싱 기술 자체의 개발에도 이바지하여 관련 디지털 산업 역시 발전할 수 있을 것입니다.

② 경제/사회적 파급효과

» 안전분야의 디지털 전환이 가속화되며 AI 영상분석과 데이터 기반 위험분석, 안전사고 예측, 디지털트윈 모델과의 실시간 맵핑 등 이와 관련한 고품질 일자리가 창출될 것으로 예상됩니다. 또한 산업현장 안전관리 및 다중이용시설 등에서의 재난/사고대응 구호·구난 시스템의 구축 및 운영을 위한 직간접 고용 창출의 효과 역시 적지 않을 것으로 기대됩니다.

나아가 위험 감지, 위험 분석 및 대응, 구조 방식, 모의훈련 등 재난안전 프로세스 전반에 걸쳐 차세대 지능형 재난안전 대응 디지털 표준대응절차(SOP) 체계로의 전환이 이루어질 것입니다. 육안 위주 점검 및 현장인력 검사 방식에서 벗어나 실시간 및 즉시 위험도 평가 기반 대응체계로 전환되어 안전한 대한민국의 위상을 앞당기는데 이바지할 수 있을 것입니다.

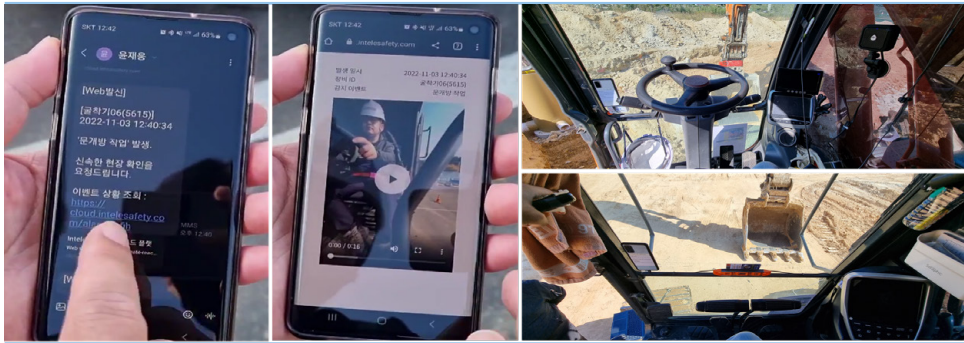
향후계획

② 향후 연구 계획은 무엇이며 지원 요청사항이 있다면 어떤 것인가요?

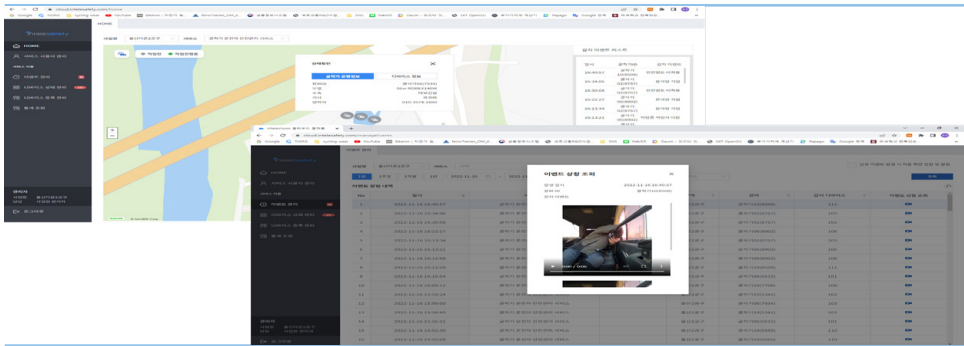
현재까지 완성된 AI 영상분석 기술만으로는 놓칠 수 있는 위험들이 있는 것이 사실입니다. 본 성과는 단순히 산업현장만이 아니라 보다 많은 일상 현장에 적용될 가능성이 무궁무진한 안전 기술인만큼 이를 발전시키기 위한 노력을 아끼지 않고 있습니다. 라이다 스캐너 센서, 적외선 센서 등과의 연동을 통해 현장 디바이스의 위험감지 범위를 넓히기 위한 연구를 진행하고 있으며, AI 음성분석 기술의 개발을 통해 시각적인 부분만으로 드러나지 않는 위험도를 파악할 수 있도록 힘쓰고 있습니다.

사회 전반적으로 진행 중인 디지털 대전환 과정에서 공공안전 부문이 뒤처지지 않도록 정부 차원의 AI안전관리 기술의 적극적 도입과 데이터 기반의 사고예방 체계 마련이 하루 빨리 이루어지길 바랍니다.

현장적용사례



AI비전을 굴착기 내에 설치하여 위험감지 내용을 SNS로 전송
(2022년 한국토지주택공사(LH) 공공주택지구 조성공사 현장)



AI비전 굴착기 운전자 안전관리 관리자 운영 시스템

현장목소리



사람의 생명은 무엇보다도 소중한 가치이며, 안전한 환경에서 생활하고 근무할 수 있는 권리는 어떤 현장에서도 보장되어야 하는 기본권입니다. 과거에는 무사고와 안전이 같은 의미로 해석되었지만 이제는 패러다임이 변하여 사고가 일어나기 전 위험을 식별하고 대응하는 역량이 안전을 의미하는 시대입니다. 이를 가능하게 하는 것은 기술의 사명이며, 저희는 이를 위한 노력을 아끼지 않을 것입니다. 안전혁신이 곧 혁신 성장의 출발점이라는 것을 입증하고, K-Safety 기술로 세계 안전시장을 재편할 수 있다는 가능성을 반드시 실현하고자 합니다.



2022년 울산 공공주택지구에서 연구진들이 기술을 시연하는 모습

주요 연구개발 성과물

- » 지식재산권: 건설현장 작업자의 안전지수 평가 시스템 및 방법, 10-2022-0186156(특허출원 1건)
- » 포상 및 수상실적: 2022 스마트건설 챌린지 국토안전관리원장상 (스마트안전기술분야 혁신상)
- » 현장시험 및 검증: AI비전 활용 굴착기 운전자 스마트 안전관리 서비스
AI 비전 위험감지안내시스템 (모델명 : IntelVision v1.0)

안전서비스 2.0 Tool-Kit SW, 도시 빅데이터 기반 범죄(사회)안전 분석 및 예측시스템



사업명

스마트시티 혁신성장
동력프로젝트



과제명

Use Case 서비스 구현 및 실증



연구기간

2018.09 ~ 2022.12
*4년 3개월



연구비

총 282억 5,000만원
*정부출연금 155억 원, 민간부담금 67.40억 원
지자체부담금 60.10억원



연구자

한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원 | 오명택

연구배경

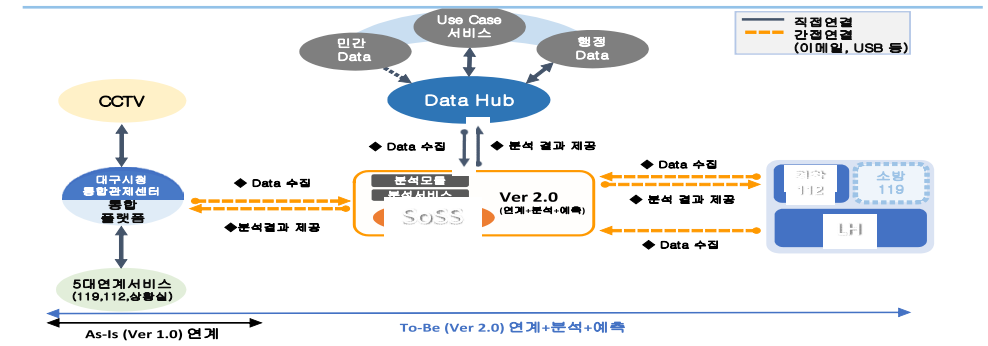
❓ 안전서비스 2.0 Tool-Kit SW, 도시 빅데이터 기반 범죄(사회)안전 분석 및 예측 시스템 연구를 하게 된 배경은 무엇인가요?

미국, 영국, 일본 등 주요 국가들은 도시에서 발생하는 다양한 데이터를 수집하여 빅데이터 분석을 통해 범죄와 재난을 예측하고 예방하는 데 활용하고 있습니다. 예를 들어 미국의 경우 도시를 가로와 세로 200m*200m 공간격자(Grid)로 나누어 분석한 Tred Pole 프로그램을 개발하여 활용하고 있습니다.

국내에서도 치안이나 재난 관련 위험 상황에 선제적으로 대응하기 위해 빅데이터 분석 사업을 수행하고 있지만, 성범죄나 침수 피해 등 특정 분야에 한정되어 있고, 사회적 안전과 관련된 전체 범죄에 대한 빅데이터 분석은 미흡한 형편입니다. 이에 따라 스마트시티 통합플랫폼과 더불어 도시의 사회적 안전을 확보하기 위해 스마트 안전예측서비스를 개발하게 되었습니다.

연구목표

성과개요



❓ 연구의 목표는 무엇인가요?

범죄 관련 빅데이터 수집과 머신러닝 및 예측기법을 활용하여 사회적 안전(범죄)에 대한 예방 업무 및 운영관리를 지원함으로써 안전한 사회 인프라를 구축하고 국민이 안심하는 생활환경을 조성하는 것이 목표입니다.

❓ 안전서비스 2.0 Tool-Kit SW는 무엇이며 기술수준은 어느정도인가요?

1 성과소개

» 본 연구진이 개발한 '안전서비스 2.0 툴킷 소프트웨어(Tool-Kit SW)'는 112신고상황(범죄 발생), 유동인구, 도시기반시설, 날씨 등의 도시 빅데이터를 머신러닝(Machine Learning)을 이용해 상관도 분석을 하여 사회 안전(Social Security)을 분석 및 예측하는 시스템입니다. 빅데이터 분석을 통해 안전지수를 산출하며, 이를 바탕으로 안전도를 분석하고 안전중점지역을 선정하게 됩니다.

이를 통해 안전관리지역 서비스, 스마트 안전자원 최적화 서비스, 순찰거점지역 도출 및 활용 서비스 등을 제공합니다.

먼저 안전관리지역 서비스란 지역을 50m*50m 격자로 나눈 후 각 지역의 안전지수를 시간대별로 도출하여 1~5등급으로 구분합니다. 이 중 안전지수가 낮은 지역을 도시통합 정보센터 CCTV 관제사가 모니터링 할 수 있도록 알려주고, 경찰에게는 순찰시 참고할 수 있도록 정보를 제공해줍니다. 스마트 안전자원 최적화 서비스는 1시간 간격으로 도출한 격자별 안전지수를 이용하여 사회적 안전지수의 경향을 파악한 다음, CCTV 관제를 위한 인적자원을 어떻게 배치할지, CCTV 설치의 어떤 위치에 우선적으로 해야 할 지에 대한 가이드를 제시해 줍니다. 이로써 안전과 관련된 한정된 예산을 효율적으로 사용할 수 있도록 돕습니다. 마지막으로 순찰거점 지역 도출 및 활용 서비스는 시간대별 안전지수가 낮은 지역에 순찰차가 대기 후 최적 거점지역에서 5분 이내에 출동할 수 있도록 정보를 제공해주는 시스템입니다.

또한 '안전서비스 2.0 툴킷 소프트웨어(Tool-Kit SW)'는 전국 지자체 도시통합관제센터 (스마트시티 통합플랫폼)와 경찰(관할 지구대) 등에 사회적(범죄) 안전 예방 업무 지원 시스템을 구축하는 데에도 활용되는 기술입니다.

② 기술수준

» 지역을 격자로 구분하여 안전관련 미래예측 분석을 한 최초의 서비스는 미국 캘리포니아 주에 적용된 Tred Pole 서비스입니다. 범죄 발생 정보와 날씨 등의 몇 가지 정보를 가지고 구축한 Tred pole 서비스와 달리 본 성과는 범죄발생과 상관성이 높은 유동인구, 날씨, 지하철 및 버스정류소, 지역 노후도 및 상권 등 훨씬 더 다양한 10여 가지의 도시 빅데이터를 분석하여 안전지수를 도출하였습니다. 이러한 서비스는 서비스를 제공하는 당사국의 인프라 및 도시발달, 문화, 법령 등에 따라 각각 다르게 개발하고 발달할 수밖에 없는 것이어서 세계 최고를 논하기는 어려운 것이 사실입니다. 다만 전 세계에서 이토록 촘촘한 단위와 다양한 빅데이터를 활용하여 예측시스템을 구축한 나라는 아직까지 없습니다.

성과창출과정

① 성과창출과정에서 장애요인을 극복하고 성공하게 된 요인은 무엇인가요?

① 성공요인

» 안전서비스 2.0 Tool-Kit SW가 사용자에게 더욱 유용하고 효과적으로 활용되도록 개발하기 위해 최선을 다한 점이 성공의 요인인 것 같습니다. 이를 위해 다양한 이해관계자의 요구사항을 수용하여 아키텍처 구성에 반영하기 위해 노력하였습니다.

② 장애요인

» 안전서비스 2.0 Tool-Kit SW를 운용하기 위해서는 대상 지역의 112 신고데이터와 통신사 유동인구 데이터가 필수적입니다. 하지만 112 신고데이터는 경찰청의 비공개 중요 정보로서 외부 공개가 어렵습니다. 통신사 유동인구 데이터를 확보하는 데도 비용적으로 어려움이 있었습니다.

③ 극복방안

» 112 신고데이터 수집과 유동인구 데이터 수집을 위해 경찰청(본청) 치안상황관리담당관실과 SK텔레콤과 여러 차례 협의를 하였습니다. 결국 경찰청과 SK텔레콤은 공공의 사회안전망 구축의 필요성에 공감하였고 적극적으로 데이터 수집에 협조해주셨습니다.

② 연구성과가 다른 기술과 차별되고 우수한 점은 무엇인가요?

'안전서비스 2.0 툴킷 소프트웨어'는 도시를 해의 기술보다 훨씬 촘촘한 50m*50m의 공간격자(Grid)로 나누어 시간대별로 공간의 안전도를 분석하고 예측하는 프로그램입니다. 범죄발생 데이터뿐만 아니라 국내 여건에 맞는 다양한 사회적 안전 관련 도시 빅데이터를 활용할 수 있는 것이 기존 기술과의 차별점입니다. 또한 광역시도에서 경찰(관할 지역 지구대), CCTV 관제사, 사회적(범죄안전) 자연적(재난 및 재해) 안전, 방재 정책을 맡고 있는 지자체 담당자 등 다양한 안전 담당자들에게 각자의 업무에 맞춘 근거자료를 직접 제공한다는 것이 우수한 점입니다.

연구성과의 차별성

연구성과의 파급효과



50m*50m의 촘촘한 격자로 도시의 공간 안전도를 분석하는 안전서비스 2.0툴킷 소프트웨어

① 연구성과는 어떠한 파급효과가 있나요?

① 기술적 파급효과

» 안전서비스 2.0 툴킷 소프트웨어는 112 신고데이터, 유동인구, 도시기반시설, 날씨 정보 등 도시 빅데이터를 바탕으로 머신러닝(Machine Learning) 기반 분석 및 예측모델 알고리즘을 적용한 사회적 안전 예방 업무를 지원하는 공공서비스입니다.

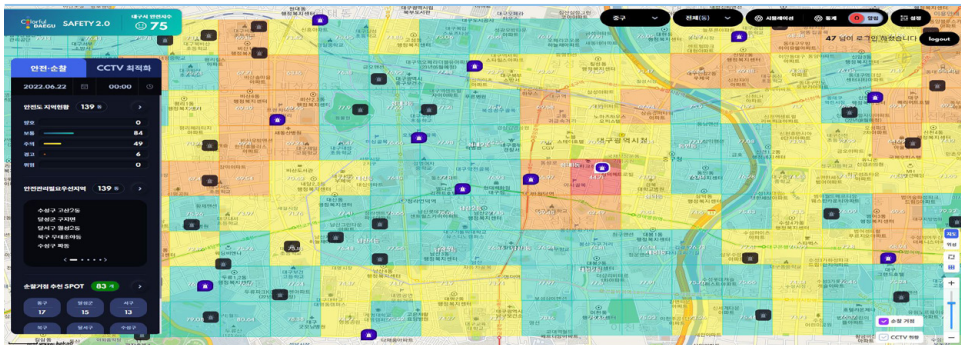
우리나라는 세계 최초로 스마트시티 통합관제시스템을 개발한 국가로 스마트시티 기술 선도국입니다. 안전서비스 2.0 툴킷 소프트웨어는 세계적으로도 찾아보기 힘든 촘촘한 간격으로 도시의 공간을 나누어 안전도를 분석하는 시스템으로, 앞으로 관련 기술 연구를 선도해나갈 수 있을 것입니다.

② 경제/사회적 파급효과

» 본 성과는 공공행정을 위해 도시통합정보센터나 경찰과 같은 보안시설의 행정망(폐쇄망) 안에서 안전업무 담당자에게 제공되는 서비스입니다. 2022년 스페인 바르셀로나 스마트시티에서 기술을 홍보했을 때 유럽 및 중앙아시아 등 여러 나라가 관심을 보였습니다. 하지만 본 서비스 수출을 위해서는 각국에 맞는 법적 제도와 각국의 범죄(사회) 안전 관련 정보가 공유되어야 하기 때문에, 민간에 의한 수출 보다는 국가 대 국가(G to G) 방식의 외교 등 협력에 의한 지원 방식이 적합할 것입니다. 필요한 대부분의 빅데이터가 다른나라에 제공하기에는 어려운 민감한 정보이기 때문입니다. 이처럼 도시 빅데이터 기반 범죄(사회)안전 분석 및 예측시스템은 다른 나라로의 기술 이전이나 판매가 쉽지 않아 경제적인 파급력은 쉽게 예단할 수 없습니다.

그러나 안전서비스 2.0 툴킷 소프트웨어는 안전지수에 따라 지방정부의 안전관련 예산을 가장 필요한 곳부터 순차적으로 배치할 수 있도록 가이드를 제공해 줍니다. 이를 통해 지방정부의 예산 누수를 막고 안전관련 예산을 효율적으로 집행할 수 있도록 도울 것으로 보입니다.

안전서비스 2.0 툴킷 소프트웨어는 보안상의 이유로 시민에게 오픈되지 않는 행정서비스이기 때문에 시민의 체감도는 낮은 편입니다. 그러나 올해 안전서비스 2.0 툴킷 소프트웨어가 보급되고 시스템이 구축된 인천, 대구, 울산, 충청남도 등에서는 사회적(범죄) 안전을 도모하기 위한 안전 예방정책 제고에 효과가 있을 것으로 기대됩니다.



순찰거점지역 화면(UI) 설계

향후계획

❓ 향후계획은 무엇인가요?

국토교통부 스마트시티 데이터허브 보급 사업을 통해 더 많은 광역시·도에 안전서비스 2.0 툴킷 소프트웨어를 보급할 것입니다.

안전서비스 2.0 툴킷 소프트웨어는 안전 Map(안전관리지역, CCTV 우선 설치 지역, 자원 배치 최적화, 순찰거점지역 도출)을 활용하여 도시통합운영센터 모니터링을 최적화할 수 있는 서비스입니다. 안전서비스 2.0 툴킷 소프트웨어를 이용하면 어떤 곳이 사회적 안전도가 낮은 곳인지 예측한 뒤 범죄 발생 시간이나 요일, 계절에 대한 트렌드를 분석하여 집중적으로 모니터링 할 수 있을 것입니다.

현장적용사례

대구광역시 실증을 완료하고, 인천광역시, 울산광역시, 충청남도에서 구축 완료



인천광역시 구축 및 시연 장면

현장목소리



본 서비스 개발을 위한 기획(안)에서는 안전서비스가 단순 지원서비스가 아닌 스마트시티 통합 플랫폼에 직접 연결되는 통합 관제시스템으로 제안하였습니다. 그러나 개발 과정에서 예산 부족에 따라 현재 버전으로 구축되어 지원업무로 한정하게 된 점이 아쉽습니다.



2022년 11월 스페인 바르셀로나 스마트시티 엑스포에서 성과를 홍보하고 있는 연구진들

주요 연구개발 성과물

- » 논문 총 2건(일반학술지 2건)
- » 지식재산권 웹 환경에서의 BIM 가시화 시스템 및 그 방법, 10-2467152(등록특허) 외 출원특허 2건, S/W 9건
- » 법령반영 대구스마트시티센터 관리 및 운영에 관한 조례 제정(시행 2022.12.30)

탄소중립을 위한 50% VLT 60% TSER 성능의 99.9% 항바이러스 열차단 필름 개발



중소기업 보유기술
사업화



탄소중립을 위한 50% VLT 60%
TSER 성능의 99.9% 항바이러스
열차단필름 개발



연구기간

2021.04 ~ 2022.12
*1년 9개월



연구비

총 5억 2,100만원
*정부출연금 4억 원, 민간부담금 1.21억 원



연구자

(주)퀀텀바이오닉스 대표이사 | 최관영

연구배경

❓ 열차단 윈도우 필름 연구개발의 배경은 무엇인가요?

건물을 냉난방하는 데에 소요 되는 에너지 중 약 30%가 건물에 부착된 유리창을 통해서 손실되는 것으로 알려져 있습니다. 이러한 에너지 손실을 막기 위해 기존에 여러 다양한 기술들이 개발되어 있지만 대부분 제작방식과 시공이 복잡하여 비용 대비 효율이 떨어집니다.

진공유리는 현재 시장에 나온 기술 중 가장 큰 단열효과를 보이지만 그만큼 가격이 비싸 대중적으로 사용되지 못하고 있습니다. Low-E 유리*의 경우, 적외선을 반사하는 방식으로 에너지 손실을 줄일 수 있지만 내부 코팅층이 산화하여 내구성이 저하되고 내부 코팅층의 위치에 따라 냉난방 효율이 달라지는 한계가 있습니다.

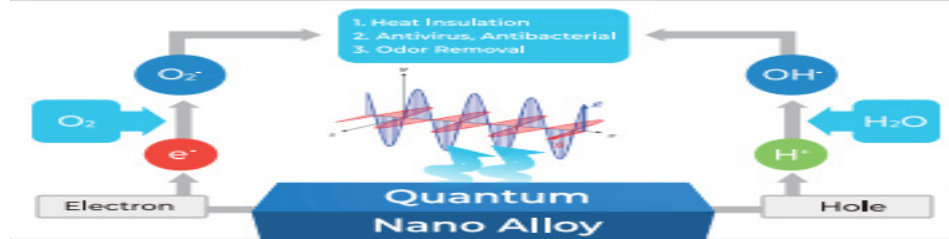
한편 기존 대부분의 윈도우필름들은 건물 내로 흡수되는 가시광선을 반사시켜 에너지손실을 줄이는 방식으로, 건물 내 채광을 어둡게 하는 단점이 있습니다. 열차단 효과 또한 크지 않습니다. 이에 퀀텀바이오닉스는 건물 내 채광을 해치지 않으면서도 높은 열차단 효율을 보이는 윈도우 필름을 개발하게 되었습니다.

* Low-E 유리(Low Emissivity Glass): 저방사유리. 유리 표면에 은막(silver layer)을 코팅하여 원 적외선 영역의 빛은 반사하고 가시광선 영역의 빛은 투과할 수 있도록 만든 유리



여름철 열차단 효과

겨울철 단열 효과



퀀텀 나노합금의 개략도

연구목표

❓ 연구목표는 무엇인가요?

고 투과율에서 높은 열 차단 성능으로 유리 창호의 장점인 시인성을 유지하면서 냉난방 에너지 절감 효율이 높은 탄소 중립형 필름과 항바이러스, 항균 성능이 있는 환경친화적 소재를 개발하는 것이 목표입니다.

성과개요

❓ 열차단 윈도우 필름이란 무엇이며 성과의 기술 수준은 어느정도인가요?

① 성과소개

» 퀀텀바이오닉스의 윈도우 필름은 '금속-세라믹 나노 하이브리드 적층 구조 소재'를 적용 하였습니다. 표면 플라스몬 공명* 기전에 적합한 금속 박막 적층 구조(Ni/Ag/Ni, AZO 적층)와 단열효과가 높은 금속-세라믹 유무기 하이브리드 조성물을 적층으로 형성하는 기술입니다.

윈도우 필름의 에너지효율을 결정하는 것은 가시광선투과율**, 총태양에너지차단율***, 태양열취득율****, 열관류율***** 등입니다. 퀀텀바이오닉스가 개발한 윈도우 필름은 모든 항목에서 경쟁제품 대비 가장 뛰어난 성능을 보이는 것으로 확인되었습니다. 특히 가시광선 투과율에서 세계 최고성능을 나타내었습니다.

항바이러스 성능도 뛰어납니다. 코로나19 바이러스에 대해 99%, 인플루엔자 A 바이러스에 대해 96.35%, 칼리시바이러스에 대해 98.9%의 활성감소율을 나타내어 세계 최고성능을 검증하였습니다.

퀀텀바이오닉스는 개발한 윈도우 필름을 주제로 '한-싱 스마트 그린뉴딜 스타트업 피칭데이'에 참가하였고 우수 스타트업으로 선정되어 싱가포르 현지 법인 설립은 물론, 현지 마케팅 지원 프로그램과 협력과제에도 참여하게 되었습니다.

* 표면 플라스몬 공명(SPR; Surface Plasmon Resonance) : 빛의 전자기장과 플라스몬이 만나 공명현상에 의해 빛의 반사가 발생하는 현상

- ** 가시광선투과율(VLT; Visible Light Transmittance) : 가시광선이 유리창을 투과하는 정도. 높을수록 밝음)
- *** 총태양에너지차단율(TSER; Total Solar Energy Rejected) : 가시광선, 적외선, 자외선으로 이루어진 태양에너지를 얼마나 차단할 수 있는지를 나타낸 비율
- **** 태양열취득율 (SHGC; Solar Heat Gain Coefficient) : 태양 빛(에너지)가 유리를 직접 투과하는 태양방사투과율과 유리창에 흡수되었다가 실내로 재방사되어 유입되는 재방사에너지를 합한 값
- ***** 열관류율 (U-value) : 한 가지 종류 이상의 재료로 이루어진 복합체에 대한 단열 성능을 나타낸 값

	3M	V-KOOL™	LLumar WINDOW FILM	QuantumBionics
Model	Prestige Series PR20	Performance 18P	DL15GRSRCDF	Thor QY-729 1
Visible Light Transmittance (VLT)	21%	16%	16%	21%
Total Solar Energy Rejected (TSER)	62%	66%	58%	78%
Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)	0.38	0.34	NIL	0.22
U Value (W/m²K)	5.8	5.6	NIL	5.6
Production Process	Multi-layered	Using precious metal	Multi-layered metallization	Only Double layered
Embedded Carbon	High	High	High	Low
Antimicrobial/Deodorization	No	No	No	99.9%

2 기술수준

» 현재 윈도우 필름의 세계최고 기술은 미국 업체들이 보유하고 있습니다. 본 성과는 세계 최고수준의 제품들과 견주어도 총태양에너지차단율, 열관류율, 경도, 항바이러스 성능 면에서 더 우수합니다.

	60% 가시광선 투과율 (VLT) 기준	
	세계최고수준	퀀텀바이오닉스
총태양에너지 차단율	55%	60%
열관류율	6	5.5
경도	2H	3H
항바이러스성능	90% 이하	99%

? 성과창출과정은 어땠나요?

1 성공요인

» 퀀텀바이오닉스는 30여년 업력을 가진 필름개발전문업체입니다. 오랜 기간 각종 필름을 위한 최적의 화합물 배합에 대한 노하우를 축적해온 점이 성공에 큰 도움이 되었습니다. 이를 바탕으로 빛과 열에너지 원리를 파악하여 태양 복사에너지의 경우 금속박막적층구조에 의한 전자기 파동을 이용하여 반사하고, 대류와 전도에 의한 열전달의 경우 유무기 나노 단열구조를 이용하여 차단하는 등 효율적인 열 차단 설계를 할 수 있었습니다.

2 장애요인

» 금속 박막 적층 구조 형성 및 유무기 하이브리드 나노 단열구조 형성의 2중 구조 적층 필름을 구현하기 위해서는 기상 및 습식 코팅을 적용하여야 하는데, 국내 장비가 부족하고, 숙련된 생산업체도 많이 없고, 장비 임대료도 고가여서 개발비용 및 롤투률* 양산효율 향상에 어려움을 겪었습니다.

* 롤투률(R2R) : 롤에 감겨있는 필름이나 동박 등 얇은 소재를 회전시켜 롤에 감으면 동시에 코팅 등의 가공을 하는 공정

연구성과의 차별성

3 극복방안

» 터치 등 디스플레이 제조기술의 노하우 및 협력업체와의 오랜 협업 관계로 맺어진 신뢰 덕분에 국내 소재 및 기상, 습식 코팅 업체와의 협업으로 비용, 시간 등을 절감하여 성공적으로 양산할 수 있었습니다.

? 연구성과는 경쟁제품에 비해 어떤 점이 우수하고 어떤 점에서 차별성을 갖나요?

컴퓨팅 시뮬레이션 결과 경쟁제품인 3M 윈도우필름과 비교했을 때 퀀텀바이오닉스의 윈도우 필름은 TSER 값은 높고 U-Value 값은 더 낮아 냉·난방 에너지소모량을 약 45.8% 더 감소시킬 수 있는 것으로 나타났습니다. 제품의 단가 역시 경쟁제품 대비 23% 더 저렴하여 최종적으로 동일한 면적에 필름을 시공하였을 때 비용이 55% 이상 낮아져 경제성에서 크게 앞섭니다. 또한 경쟁사 제품에는 없는 99.9% 항바이러스 기능까지 보유하여 큰 차별성을 갖습니다.

Product	3M Prestige Series PR20	QuantumBionics Thor QY-729 1
Visible Light Transmitted	21%	10%
UV Rejected	99.9%	99.9%
TSER	62%	88%
U-value	5.80	5.60
Material Cost	\$130/m²	\$100/m²
Labour Cost	\$68/m²	\$68/m²
Area	2,640m²	2,640m²
Total Cost	\$516,780	\$438,480
Chiller Plant Electricity Consumption	-256,247 kWh/yr	-472,908 kWh/yr
Chiller Plant Electricity Savings	-\$64,062	-\$118,227
Simple Payback Period	8.1 years	3.7 years

? 연구성과의 파급효과에는 어떤 것들이 있나요?

1 기술적 파급효과

» 친환경 건축, 탄소 중립 건축 등 에너지 절감 창호 시스템의 요소기술을 확보하였습니다.

또한 다양한 코팅 조성물 및 구조에 대한 물성을 확보하여 가시광선 투과율과 총태양에너지 차단율 등 창호 시스템의 다양한 특성을 제어할 수 있게 되었습니다.

항바이러스 항균 소재의 원천기술을 확보하여 코로나19는 물론 새로운 팬데믹 전염병에 대비할 수 있게 되었습니다.

저탄소 공정 기반 기술인 박막금속 합금기반의 합금 코팅 및 금속, 광촉매 배합을 통한 유무기 하이브리드 필름 코팅기술을 확보하였습니다. 특히 유무기 하이브리드 코팅 기술은 건축분야 뿐만 아니라 디스플레이, 태양전지 등에 활용되어 산업파급 효과가 클 것으로 기대됩니다.

2 경제/사회적 파급효과

» 저탄소 공정 및 건물 냉난방 에너지 절감 제품을 통한 탄소중립 전략에 기여할 뿐 아니라 경제 구조의 저탄소화 및 저탄소산업 생태계 조성에 기여할 것으로 보입니다.

막대한 경제적 손실을 끼쳤던 코로나19와 같은 바이러스를 차단하는 항바이러스/항균 기능의 열차단 필름은 향후 또다른 바이러스 팬데믹으로 인한 피해규모를 줄이는데도 도움이 될 것입니다.

기능성 창호 기반기술과 관련된 지재권을 확보하여 에너지 절감 기술에 대한 후속사업을 도출할 수 있을 것입니다. 기능성 창호 기술의 상용화를 촉진한다면 관련 세계시장의 점유율을 확대할 수 있을 것으로 보입니다. 기능성 창호 관련 산업의 고용 창출 또한 기대됩니다.

이미 싱가포르, UAE(두바이), 이집트, 사우디, 이라크 등에서 퀀텀바이오닉스 항바이러스 열차단 윈도우

필름에 대한 공급 및 합작 요청이 증가하고 있습니다. 이를 위한 우수인력을 확보하였고 향후 지속적으로 인재를 영입해 나갈 것입니다.

향후계획

② 향후 연구개발 계획은 무엇이며 지원 요청사항은 어떤 것이 있나요?

향후 단열성능을 향상시키기 위해 나노기공 단열구조를 형성하여 열관류율을 현 개발 성과 대비 30% 이상 감소시켜 냉난방 에너지절감 효과를 극대화하는 윈도우 필름 개발 연구를 수행할 계획입니다. 또한 준불연 필름을 연구하여 화재 발생시 대피시간을 확보할 수 있는 방화유리 대체용 윈도우 필름을 개발하고 도로 차음벽 등 폴리카보네이트, 아크릴판에 적용하여 투명 플라스틱 윈도우의 난연성능을 보강할 수 있는 윈도우 필름을 개발할 계획입니다. 빗물, 먼지 등 오염을 방지할 수 있는 초친수성 윈도우 필름 등 기능성 윈도우 필름에 대한 연구도 진행할 예정입니다. 이와 같은 다양한 초격차 기능성 윈도우 필름을 개발하기 위한 추가 연구개발 자금지원이 반드시 필요하며, 개발된 기술제품에 대한 시범구매 등 공공기관의 시범 적용을 통한 판로확보 지원이 필요합니다.

현장적용사례

	SRT 평택 지제역	주소	경기 평택시 경기대로 777
		발주처	SR
		공사기간	21.09.10~21.09.16
	한국수자원공사-대전지사	주소	대전광역시 대덕구 신탄진로 200
		발주처	한국수자원공사
		공사기간	2021.11.20.~2021.11.25
	LX한국국토정보공사(파주)	주소	경기도 파주시 시청로 3-6
		발주처	LX 한국국토정보공사
		공사기간	21.12.16~17, 20
	LX한국국토정보공사(정선)	주소	강원도 정선군 정선읍 비봉로 2-2
		발주처	LX 한국국토정보공사
		공사기간	21.12.22~21.12.23
	남양주 소재 사무실	주소	경기도 남양주시 가운로4길 2
		발주처	퀀텀에코
		공사기간	22.10.14~22.10.14
	개인주택	주소	경기도 남양주시
		발주처	개인 고객
		공사기간	22.12.03~22.12.03
	전남 완도군청(본관, 별관)	주소	전라남도 완도군 완도읍 청해진남로 51
		발주처	전라남도 완도군
		공사기간	2022.12.26.~2022.12.26
	한국주택금융공사	주소	서울특별시 마포구 월드컵북로54길 17
		발주처	한국주택금융공사
		공사기간	23.06.28~23.06.29

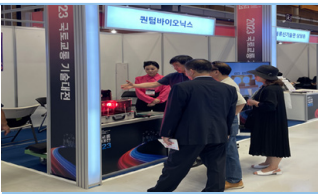
현장목소리



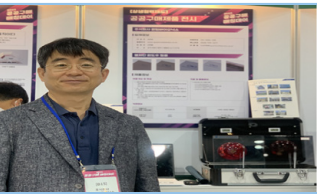
적은 인원으로 연구개발, 정부 과제, 시공팀 섭외, 현장 방문, 대면 영업 등 사무실부터 현장까지 정말 열심히 발로 뛰고 최선을 다하면서 지내고 있습니다. 아직은 매출이 크지 않아서 좀 더 노력해야 하는 부분들이 있으나, 이 모든 것이 훗날을 위한 초석이 될 수 있도록 직원들과 최선을 다해 노력하겠습니다.



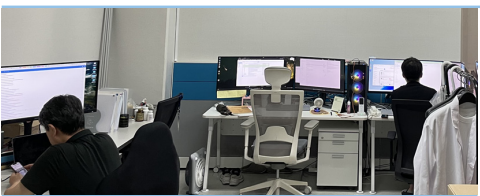
강원도 정선군 정선읍 비봉로 2-2 시공



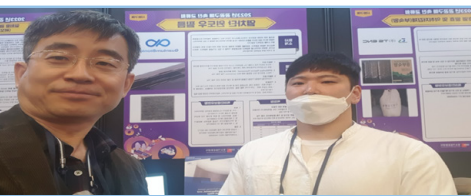
'23년 6월 코엑스에서 열린 국토교통기술대전 참가



'23년 7월 at센터에서 열린 공공구매촉진데이 참가



(주)퀀텀바이오닉스 사무실에서 업무 중인 연구원들



'23년 3월 더케이호텔 공공구매촉진교류회 참가

주요 연구개발 성과물

- » 지식재산권 항 마이코플라즈마 기능을 제공하는 배양용기 및 그 제조방법, 10-2368575(등록특허) 외 출원특허 1건, 등록특허 1건, 상표권출원 1건
- » 사업화실적 항바이러스 열차단 윈도우필름(제3자 실시) 외 2건
- » 현장시험 및 검증 구리 코팅 필름의 코로나바이러스 활성제거 효능 평가 (항바이러스 시험) 외 9건

토공장비 무인·자동운영 실용화 기반구축



사업명

스마트건설기술개발사업



과제명

디지털 기반 도로 건설장비 자동화 기술 개발



연구기간

2020.04 ~ 2025.12
*5년 9개월

연구비

총 214억 8,400만원
*정부출연금 154.25억 원, 민간부담금 60.59억 원

연구자

한국건설기술연구원 연구위원 | 조진우

한국건설기술연구원 외 13개 기관

연구배경

❓ 토공장비 무인·자동운영 기술 연구에는 어떤 배경이 있나요?

도로 건설 현장에서는 아스팔트 포장 작업 전에 지지력 강화와 안전성 확보를 위해 지반 기초를 다지는 작업이 필요합니다. 지반 기초를 다지는 작업은 구체적으로 토공 장비들을 활용하여 흙을 옮기고(도저, dozer), 평탄화한 다음(그레이더, grader), 다지는 (롤러, roller) 일련의 과정을 말합니다. 이 작업은 넓은 공간에서 반복적으로 이루어져서 건설 장비에 대한 의존도가 높고 운전자의 숙련도에 따라 시공 품질 편차가 생깁니다. 그러나 현장에서는 숙련된 운전자 확보가 어렵고 반복적인 작업을 해야 해서 작업자가 다양한 위험에 노출될 수 있습니다. 이 때문에 세계적으로 건설장비 자동화 기술 개발과 보급이 확대되는 추세입니다. 이에 대응하기 위해서 국내 최초로 토공장비의 무인 및 자동화 기술을 개발하게 되었습니다.

더불어 본 사업에서는 페이퍼리스(paperless)시스템을 개발하여 현장에서 발생하는 각종 시험문서, 사진 등을 생성하는 것부터 결재하기까지의 전 과정을 자동화하고자 노력하고 있습니다.



건설 현장의 자동화 운영 미래상

연구목표

❓ 연구 목표는 무엇인가요?

ICT 기술과 로봇 기술을 적용한 건설장비를 활용하여 도로공사를 자동화하고, 장비와 연동하여 시공품질을 실시간으로 디지털화하여 평가·관리할 수 있는 시스템을 개발하는 것이 목표입니다.

성과개요

❓ 성과의 내용은 무엇이고 기술 수준은 어느정도인지 소개해주세요.

① 성과소개

» 본 성과는 크게 시공 자동화와 품질관리 디지털화 두 가지 부분으로 나눌 수 있습니다.

첫번째로 시공 자동화 측면에서는 토공 건설장비 3종(도저, 그레이더, 롤러)에 대한 자율작업 및 경로추종자율주행 기술* 등 장비 무인·자동화 원천 기술을 개발하였습니다. 특히, 인공지능 알고리즘을 활용하여 블레이드 근처 토사량에 따라 블레이드(도저나 그레이더 등에 부착되어 토사를 굴삭하여 밀면서 운반하는 강철제 판)의 추진 각도를 조절하여 효율적으로 자율작업 제어를 할 수 있는 기술도 개발하였습니다.

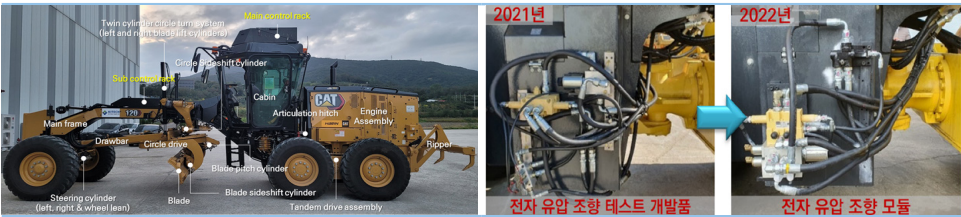
건설장비 자동화에 따른 안전 문제를 해결하기 위해 카메라와 레이더를 동시에 활용한 센서 퓨전 솔루션을 개발하였습니다. 자동차 자율주행 기술과 달리, 건설장비에 부착된 카메라와 레이더는 위치와 방향성이 달라 물체에 대한 정확한 정보를 주기 어렵습니다. 이에 연구진은 인공지능을 활용하여 정확한 물체의 종류와 거리, 좌표 정보를 제공하는 인공지능 어라운드 안전시스템을 개발하였습니다.

두번째로 품질관리 디지털화 측면에서는 토공사의 품질과 생산성을 높이기 위해 '지능형 다짐**'을 개발하고 '지능형 다짐공 표준시방서(KCS 10 70 20(2021))'를 만들어 목표 지능형 다짐값(ICMV)의 결정방법과 이를 활용한 품질관리 상세기준을 결정하였습니다.

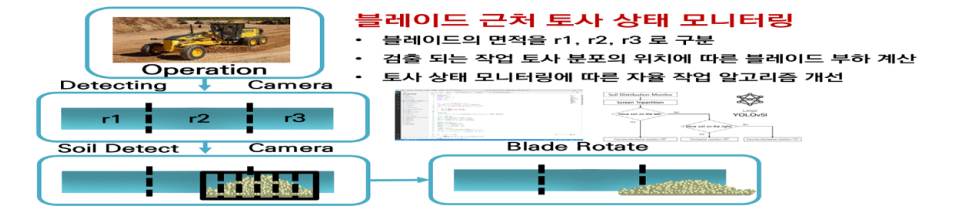
또한 건설 현장의 품질 시험관리 업무를 종이문서 없이(paperless) 디지털화하여 업무를 간소화할 수 있는 품질 문서 관리 자동화 서비스 Q-BOX를 개발하였습니다. Q-BOX는 2022년 8월부터 6개월 이상 추진된 강진-광주 고속도로 현장 실증에서 업무시간을 70% 이상 단축할 수 있는 것으로 조사되어 실효성을 확인하였습니다. Q-BOX는 '23년 9월부터 수도권 제2순환고속도로 양평~이천간 건설공사의 4개 공구에도 적용하고 있습니다.

* 경로추종자율주행 기술 : 자동차와 같은 완전 자율주행이 아닌, 사전에 작업경로를 지정하고 계획된 경로에 따라 주행하는 방식

** 지능형 다짐 : 다짐롤러에 부착된 센서로 부터 얻어진 데이터를 실시간으로 해석해 다짐 공정을 자동화 및 최적화하는 기술



(좌)모터 그레이더 자율작업 제어시스템 구축, (우) 전자 조향 유압 시스템 모듈 구축



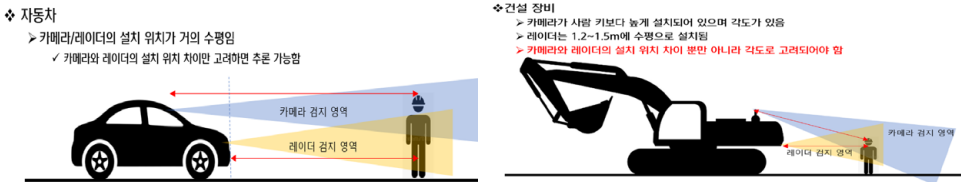
인공지능 기반 실시간 블레이드 인식 및 토사상태 모니터링

2 기술수준

» 경로추종 자율주행 기술이 적용된 건설장비 3종의 MC* 기술 및 실시간 작업 성능 효율 극대화 기술은 세계 최고 수준의 기술입니다. 특히 영상 센서를 이용해 실시간으로 블레이드를 능동 제어할 수 있는 기술과 토사와 장비의 역학적 성질을 함께 고려한 작업 성능 예측 기술은 건설장비의 MC 효율을 극대화 할 수 있는 최첨단 기술입니다.

또한 본 성과는 자율주행 자동차에 쓰이던 센서 퓨전 방식을 건설장비에 적용하여 상용화에 성공한 세계 첫 사례이기도 합니다.

* 머신컨트롤(MC; Machine Control): 복잡한 조종이 요구되는 건설 장비 작업(경사면, 비정형면, 수중작업 등)을 반자동화하여 작업 정밀도를 높이고 장비조종을 쉽고 효율적으로 할 수 있게 하는 기술



자동차와 건설장비의 센서 퓨전 방식 차이점

성과창출과정

② 성과창출과정에서 장애요인 극복 방안과 성공 요인은 무엇인가요?

1 성공요인

» 과거에는 소재, 부품 및 제어시스템 분야의 중요성이 높았지만, 이미 시작된 스마트건설 시대에는 자동제어시스템은 물론, 자동화된 건설장비를 활용하기 위한 작업공간 인식기술, 작업모드 및 시나리오 생성 기술의 중요도가 더욱 높아지고 있습니다. 따라서, 자동화 장비뿐만 아니라 건설 현장에서 환경, 사람, 장비 등에서 생성되는 디지털 데이터를 IoT 기술로 실시간으로 수집하고 현장에서 활용할 수 있어야 합니다. 이러한 기술을 개발하기 위해 토목과 기계, IT 전문가가 함께 팀워크를 이루어 연구팀을 구성한 점이 성공요인이라고 할 수 있습니다.

연구성과의 차별성

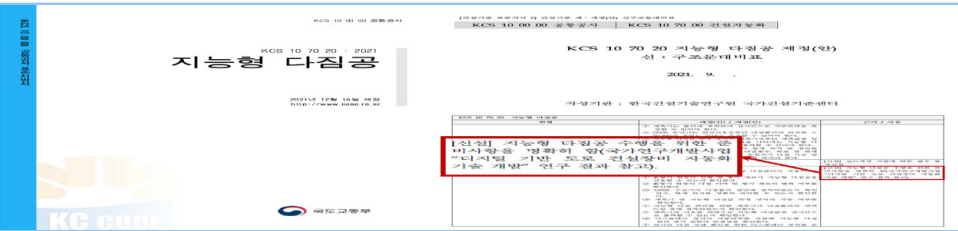
연구성과의 파급효과

2 장애요인

» 장비 자동화 기술은 현재로서도 장치 및 시스템 측면에서 상당한 수준의 고도화가 진행되고 있지만 국가기준이 노동집약적인 과거 인력중심의 시방 기준에서 조금도 더 나아가지 못한 것이 장애요인이었습니다. 연구진이 제작한 자동화 장비를 현장에서 적용했을 때 현장 관리자는 자동화에 대한 기준이 없다는 이유로 적용에 난색을 표시했습니다. 이를 통해 장비기술 개발보다 제도적인 기반을 마련하는 것이 더욱 시급하다는 것을 깨달았습니다.

3 극복방안

» 본 연구진은 이러한 기존의 제도적인 문제들을 먼저 해결하기로 했습니다. 국외 토공 자동화 품질관리 기준 분석 결과 및 자체 테스트베드 적용 결과를 종합하여 목표 지능형 다짐공(ICMV)의 결정방법과 이를 활용한 품질관리 상세기준을 결정한 것입니다(지능형 다짐공 표준시방서 : KCS 10 70 20(2021)). 연구진이 만든 지능형 다짐공 표준시방서는 국내 최초의 스마트건설 관련 국가 기준이라는 점에서 큰 의의가 있습니다.



지능형 다짐공 표준시방서

② 연구성과의 차별성은 무엇인가요?

세계적으로 건설장비 자동화 기술의 개발과 보급이 확대되는 추세입니다. 건설장비 자동화와 관련된 많은 상용기술(주로 MG*/MC 등)들이 나와 있는 상황에서 본 사업의 차별성은 향후 무인시공을 위한 기반 기술을 확보(경로 추종 자율 주행 등)했다는 데서 찾을 수 있습니다.

또한, 경로추종 자율주행 등의 미래지향적인 기술뿐만 아니라 자동화 장비 도입에 따른 자동화 프로세스, 국가기준 등 개발한 자동화 기술을 국내 환경에 제대로 활용할 수 있도록 현장 중심의 기술을 개발하고 있습니다.

* 머신가이드(MG; Machine Guidance): 장비에 부착된 센서와 모니터를 통해 작업자를 보조·가이드 하는 유인시스템

② 연구성과는 어떠한 파급효과를 가질까요?

1 기술적 파급효과

» 건설산업은 전통적인 3D 업종으로 분류되었지만 현재 다양한 자동화 기술을 도입해 혁신적이고 스마트한 산업으로 대전환 하는 출발점에 있습니다. 예를 들어 첨단 로봇기술과 ICT 기술을 활용하여 작업지시를 하거나 작업을 자동화하거나 자율주행 기술과 접목하는 등의 노력이 진행되고 있습니다. 본 연구진이 개발한 무인화 건설기계의 기반기술은 이러한 움직임의 기술적 초석이 될 것입니다. 또한 본 기술은 건설기계 뿐 아니라 농기계를 비롯한 특수목적형 기계(군용 중장비, 행성/극지 탐사장비 등)에도 적용 가능합니다. 따라서 이와 같은 관련 산업의 기술력 향상에 도움이 될 것으로 기대됩니다.

2 경제/사회적 파급효과

» 현재 대부분 도로건설 자동화 장비는 미국이나 일본의 선진 업체가 주도하고 있고 시장을 장악하여 국내 수요는 대부분 수입에 의존하고 있습니다. 그러나 본 연구 성과를 토대로 앞으로는 세계건설기계산업에서 선진사와의 기술 격차를 해소하고 수출 경쟁력을 강화할 수 있을 것으로 예상됩니다.

실제로 연구진이 개발한 센서 퓨전 기반의 인공지능 안전솔루션은 이미 사업화까지 달성한 상태입니다. 센서 퓨전 기반의 인공지능 안전솔루션은 2022년 9월 볼보건설기계 글로벌의 차세대 안전 장비 공급사로 선정되었으며 2023년 7월부터 차세대 안전 장비를 공급하게 되었습니다(0.81억원). 또한 2024년에 7.45억, 2025년 16억, 2026년 30억, 2027년 35.7억, 2028년 57.2억의 매출이 확정되어 있습니다.

이번 연구 성과는 다양한 산학 연구기관이 함께 땀흘린 결과로 이루어낸 것입니다. 따라서 기술교류, 인력양성, 관련 노하우 교류 등이 이루어져 해당분야의 저변을 확대하고 산업시장 확장과 일자리 창출의 기회가 증대될 것으로 기대됩니다.

		(단위: 백만원)														
구 분	제품명	ITEM	22년 계획		2023년		2024년		2025년		2026년		2027년		2028년	
			수량	금액	수량	금액	수량	금액	수량	금액	수량	금액	수량	금액		
Safety	POD ECU	POD ECU	100	49	340	167	754	370	1,811	889	2,451	1,204	3,500	1,719	6,500	3,192
Safety		POC ECU	-	-	113	81	1,042	745	2,244	1,604	4,307	3,078	5,000	3,574	8,000	5,718
Safety	HD 카메라	HD 카메라	800	66	2,000	164	12,000	984	25,000	2,049	40,000	3,279	60,000	4,918	65,000	5,328
Safety	Radar	IP6K7K Radar	400	97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Safety		IP69K Radar	-	-	1,600	447	7,825	2,185	20,000	5,586	35,000	9,775	45,000	12,568	60,000	16,757
기타 제품군			-	3,962	-	3,962	-	2,446	-	2,247	-	1,100	-	1,100	-	1,100
합 계			-	4,174	-	4,821	-	6,730	-	12,375	-	18,436	-	23,878	-	32,094

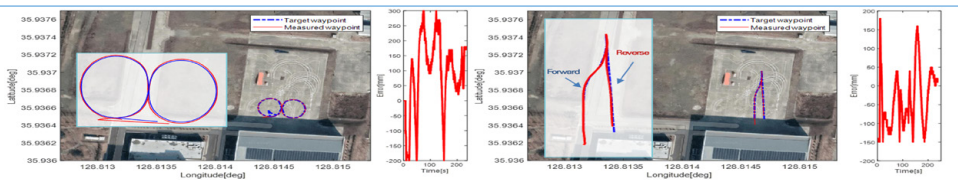
볼보건설기계 예상 매출액



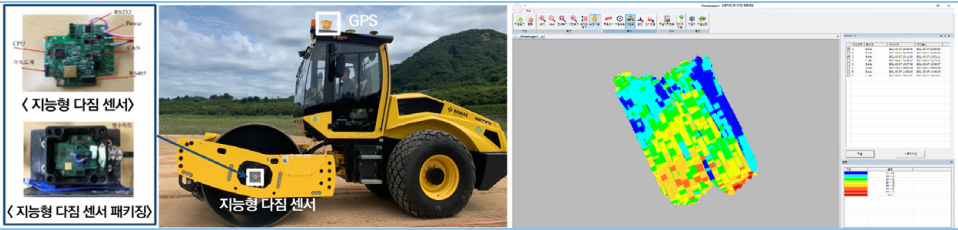
2022년 독일 바우마 전시회 출품

❓ 앞으로의 계획은 무엇인가요?

현재 개발되고 있는 자동화 기술들은 연구자나 개발자와 같은 기술 공급자 위주로 되어 있어 현장 관리자와 같은 기술 수요자들의 현실적 요구에 대한 고려가 부족한 편입니다. 자동화 기술을 구현하는 것은 기존과 같은 인력중심의 현장 관리방법에 비해 복잡하고 까다롭습니다. 이 때문에 공급자 중심의 기술은 오히려 현장 생산성에 독이 되거나 불필요한 비용만 유발할 가능성이 높습니다. 앞으로는 현장의 현실적 요구를 고려하여 기술적용에 대한 기준을 수립하고 기술 수요자 맞춤형 교육 프로그램을 개발하는 등, 기술의 확산을 위한 전방위적 노력을 해 나갈 계획입니다.



생산기술연구원 경산 기계기술센터(2022~2023)에서 수행된 실차 경로추종 성능평가 결과



한국건설기술연구원 연천 SOC 실증 연구센터에서 실증 중인
지능형 다짐관리 장치가 부착된 진동롤러와 가시화 시스템

현장목소리



건설 생산성을 향상시키기 위해 자동화 장비를 도입할 때는 전체 건설 시공 프로세스의 자동화를 고려해야 합니다. 자동화 장비를 사용하면 당장은 작업 속도가 기존보다 비슷하거나 오히려 늦을 수도 있습니다. 향후 자동화 수준이 높아질수록 작업속도는 더 늦어질 수도 있습니다. 하지만 종합적으로 보면, 자동화 장비로 실시간 디지털 데이터를 수집하여 측량, 검측, 품질검사 등의 전후 공정을 생략할 수 있다는 장점이 있습니다. 여기서 자동화 장비 사용에 따른 생산성 향상 효과가 나오게 됩니다. 그러므로 자동화 장비 도입에 따른 건설 자동화 표준공정 및 기준 제시가 최우선으로 뒷받침되어야 합니다.

로보틱스나 인공지능, IoT, 디지털 플랫폼 등의 화려한 기술이 항상 성공하는 것은 아닙니다. 그리고 스마트 건설로 알려진 4차 산업혁명 기반 기술들을 현장에 적용한다는 것은 사실 매우 복잡하고 까다롭습니다. 따라서 구체적인 현장 자동화 목표에 따라 신중하게 취사선택하지 않으면 오히려 현장 생산성에 독이 되거나 불필요한 비용만 들일 가능성이 큼니다. 화려한 기술에 현혹되기 보다는 현장 자동화의 핵심 가치를 고민하며 필요한 기술만 적용해 나가는 현명한 자세가 필요할 것입니다.



2023년 8월 양평이천 고속도로 사업단 Q-Box 적용 착수보고

주요 연구개발 성과물

- » 논문 총 7건(SCI(E) 학술지 2건, 일반학술지 5건)
- » 지식재산권 자율 주행 방법 및 이를 이용하는 무인 도저, 10-2423054(등록특허) 외 출원특허 9건, 등록특허 4건, S/W 8건
- » 현장시험 및 검증 IoT 기반 DCPT 시제품 검증 및 DB 구축

향후계획

현장적용사례

저비용, 고성능 개방형 건물에너지관리시스템(BEMS) 개발 및 실용화



도시건축연구사업



BEMS 활성화를 위한 기반 구축 연구

2015.08 ~ 2020.10
*5년 3개월총 67억 9,400만원
*정부출연금 51.16억 원, 민간부담금 16.78억 원

한국건설기술연구원 선임연구위원 | 이태원

연구배경

❓ **저비용, 고성능 개방형 건물에너지관리시스템(BEMS)의 연구개발을 하게 된 배경은 무엇인가요?**

최근 건물부문 냉난방에너지의 급격한 수요증가로 하·동절기의 전력대란에 대한 우려가 고조되고 있습니다. 하지만 대규모 발전시설 확충이나 소비억제 이외의 대책이 없고, 에너지원간 공급불균형이 심화되고 있어 대책마련이 절실합니다.

정부는 2020년 배출전망치 대비 30%의 온실가스 감축을 위해 건물부문에 26.9%의 감축목표를 할당하면서, 건물에너지관리시스템과 LED 조명의 보급 확대를 집중 전개하는 계획을 수립한 바 있으나, 건물에너지관리 분야는 그 개념조차 확립하지 못하고 있습니다.

국내에서는 지금까지 건물자동화시스템* 및 지능형 건물 시스템** 등 정보통신 분야의 주도로 건물에너지관리시스템 개발 및 보급이 진행되어 왔으나, 그간의 많은 노력과 투자에도 불구하고 여전히 그에 대한 기본적인 개념조차도 파악되지 않은 상태입니다. 또한 건물 운영 및 관련 산업분야에서 시스템의 도입을 위한 관심과 의지는 크나, 실제 현장에서는 설치기준 등 관련 표준문서조차 없습니다. 건물의 계획, 설계단계에서 시스템의 설치를 염두에 두지 않고, 준공단계 또는 그 이후에 설치되는 관행 때문에 고비용, 저효율의 한계도 있었습니다.

한편, 건물에너지관리시스템 구축에 필수적인 플랫폼은 개별 공급자 중심의 폐쇄적인 형태로 운영되어 불편했을 뿐만 아니라, 공급자의 적극적인 협조나 정보통신 분야의 전문지식이 없이는 사용자는 물론 에너지관리 전문가조차도 접근할 수 없어 관련 기술 및 산업발전에 장애요인으로 작용되어 왔습니다.

이와 같은 문제점들과 장애요인을 근본적으로 해결하기 위해서 사용자 누구나 건물과 에너지 관리를 할 수 있는 개방형 플랫폼을 개발하고 플랫폼에 탑재될 실질적이고 효과적인 에너지관리 응용 소프트웨어를 개발하게 되었습니다.

* 건물자동화시스템(Building Automation System, BAS): 빌딩 내 냉난방, 환기 및 공기조화, 기계설비, 전력, 조명 등의 각종 시스템을 실시간 모니터링하고 제어하는 시스템

** 지능형 건물시스템(Intelligent Building System, IBS): 빌딩자동화(BA:Building Automation), 정보통신 시스템(TC:Tele-Communication), 사무자동화(OA:Office Automation) 등 주요 시스템을 유기적으로 통합(SI:System Integration)하여 쾌적하고 안전한 환경에서 생산성 향상, 유지관리 효율성 극대화, 비용 절감을 제공하는 인텔리전트 시스템



연구목표

❓ **연구목표는 무엇인가요?**

건물의 계획, 설계 단계부터 운영관리 단계까지의 전주기에 걸쳐 BEMS의 체계적 도입을 통한 저비용, 고효율 시스템 구축이 목표입니다.

성과개요

❓ **저비용, 고성능 개방형 건물에너지관리시스템은 무엇이고 기술수준은 어떤가요?**

1 성과소개

» 건물에너지관리시스템(Building Energy Management System)이란 건물에 설치되어 설비와 에너지를 지능적으로 관리하는 시스템을 말합니다. 에너지를 소비하는 건물에서 각종 정보를 계측, 수집하여 건물의 에너지 소비내역을 쉽게 파악할 수 있게 하고, 정보 분석을 통해 에너지 소비에 대한 진단 및 제어, 에너지 절감요소의 도출, 절감 효과의 평가 등을 수행합니다.

한국건설기술연구원은 기존에 소수의 글로벌 기업이 독점하고 있던 빌딩자동화시스템(BAS)을 대체할 수 있는 저비용, 고성능의 사용자 맞춤형 건물에너지관리시스템을 개발, 실증하였습니다.

본 시스템은 ICT비전문가라도 누구나 쉽게 설치하고 사용할 수 있는 소비자 맞춤 완전개방형 플랫폼입니다. 간단한 조작법만 배우면 누구나도 쉽게 사용이 가능합니다. 이를 위해 연구진은 서비스모듈 및 디바이스 규약, 라이브러리를 개발 운영하며 다양한 운영관리 서비스모듈 및 디바이스(에너지·환경·안전관리용 복합센서 등)를 개발하였습니다.

업무용(H연구원, N기술원, J테크노파크 등), 교육용(J대학교 등), 공공서용(A시 중앙도서관 등), 주거용 건물(제로카본그린홈 및 단위 세대 등)을 대상으로 시스템 실증 또한 마쳤습니다. 이를 통해 기존 건물 20% 수준의 에너지 절감 효과와 신축 건물 35%, 기존 건물 25% 수준의 설치비 절감 효과도 확인하였습니다.

본 연구진은 BEMS 보급을 위한 정책 지원 및 제도개선(안)을 추진하여 표준을 제안하고 제정하였습니다.* 전문기업에 기술이전 또한 지속적으로 추진 중입니다.

* BEMS 연계규격 표준 제정 : 건물에너지관리시스템 제2부 : 세계최초로 제정된 제1부에 이어 관제점 선정, 데이터 베이스 관리 및 에너지절감량 산정 (KS F 1800-2), BEMS 의무설치 제도의 실효성 있는 시행 지원 및 시스템 도입효과를 객관적으로 평가할 수 있는 알고리즘 및 도구(BEMS Checker, BEMS Score 등) 개발, 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정 개정(BEMS 운영성과 확인 의무화) 등 제도개선

② 기술수준

» BEMS는 산업규격이 국내에서 최초로 제정될 정도로 세계적으로도 아직 활성화되지 않은 기술입니다. 그나마 기존 건물자동화시스템은 독일과 미국 등 글로벌 기업이 주도하고 있으나, 배타적이고 폐쇄적인 플랫폼 운영으로 소비자가 원하는 확장성이 있고 다양한 기술이 제공되고 있지 못한 실정입니다. BEMS는 이와 같은 건물자동화시스템과는 개념 자체가 전혀 다른, 새로운 플랫폼 기술을 기반으로 하여야 저비용 및 고성능의 시스템 구축이 가능하나, 아직 세계적으로 이러한 기술은 개발된 적이 없습니다. 본 연구에서 개발된 소비자 중심의 플랫폼이 활용되면 매우 다양한 소비자 맞춤형 운영관리 프로그램과 이를 지원하는 디바이스들이 제공됨으로써, 건물에너지 절약은 물론 환경과 안전 관리도 동시에 수행할 수 있습니다. 아울러 ICT 기반의 건설기술 신성장산업화로 세계 시장 선로도 가능할 것입니다.

③ 성과창출과정 중 어려움은 없었나요? 있었다면 극복하고 성공하게 된 과정을 소개해주세요.

① 성공요인

» 연구를 진행해오면서 다양한 연구개발 성과에도 불구하고 실용화 과정에서 많은 어려움에 부딪혔습니다. 그것들을 헤쳐 나갈 수 있었던 주요 요인은 공급자가 아닌, 소비자의 편에서 시스템을 개발해야 한다는 원칙을 잊지 않았던 것이라고 생각합니다. 그 결과 완전개방형 플랫폼인 BEMS를 개발 완료할 수 있었습니다.

② 장애요인

» 연구단이 처음 꾸려질 때 경쟁률이 3대 1에 이를 정도로 큰 관심을 받았습니다. 결국 이 분야에서는 둘째가라면 서러워 할 연구진으로 드림팀을 꾸렸고 모든 연구진은 자부심을 가지기도 했습니다. 하지만 현실은 그리 녹록치 않았습니다. BEMS란 분야가 그렇듯, 연구진 각자가 생각하는 개념이 달랐고 따라서 가고자 하는 길도 제각각 달랐습니다.

③ 극복방안

» 연구단은 개별 참여진의 생각을 존중하여 완전 자율적인 운영을 관리 방침으로 정하고 당초 정했던 목표에 다가가고 있는지만 살폈습니다. 급기야 우리 연구단은 그 흔한 워크숍조차 하지 않느냐는 불멘소리도 들리곤 했습니다. 하지만, 그간 자율적인 연구 환경에서 스스로 가꾼 창의적인 사고와 소기의 결실은 지금까지 얻은 성과의 토대가 되었습니다. 나아가 미래 기술진보의 큰 자산이 될 것임을 확신합니다.

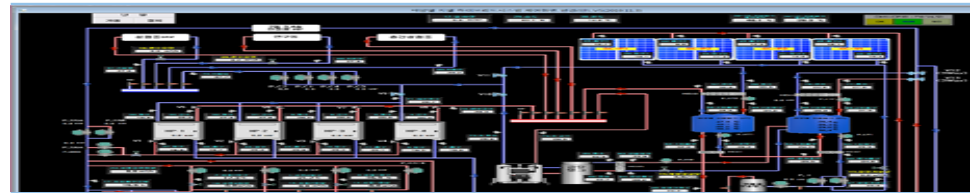
연구성과의 차별성

④ 연구성과는 기존 기술과 어떠한 차별점이 있나요?

세계 최초로 개발된 소비자 맞춤 완전개방형 건물에너지관리시스템(BEMS) 플랫폼입니다. 특정 공급사의 배타적이고 폐쇄된 플랫폼에 구속되지 않아 다양한 운영관리 소프트웨어와 하드웨어를 누구나 쉽게 설치할 있고 소비자가 원하는 기능을 무엇이나 적용할 수 있습니다.

기존의 빌딩자동화시스템(BAS)과 통합되고, 개방형 플랫폼 기반의 운영관리 소프트웨어 및 지원 디바이스를 적용하여 최소한의 설치비로 최대한의 에너지를 절감할 수 있다는 점도 기존 시스템과의 차별점입니다.

구축된 시스템에서 생산되는 각종 정보를 활용하는 모듈화, 규격화된 소프트웨어를 적용해 사용자의 요구에 부응하는 고성능 분석, 진단, 제어 및 운영관리 기능을 제공할 수 있다는 점에서도 더 우수합니다.



개방형 플랫폼 기반의 건물에너지관리시스템 현장적용 관제 화면 (한국건설기술연구원 화성청사 소재)

④ 연구성과의 파급효과는 무엇인가요?

① 기술적 파급효과

» 건물에너지관리시스템 개발로 건물 및 에너지관리 분야에 대해 선진국 수준을 능가하는 독자기술과 국제경쟁력을 확보할 수 있습니다.

시스템을 운영하여 얻은 건물 및 시스템의 운전 정보는 정부 정책자료 등에 반영되어 관련 기술이 획기적으로 발전할 수 있도록 유도할 수 있습니다.

공급자 중심의 ICT 적용기술 환경을 사용자 중심으로 바꾸는 개방형 플랫폼이기 때문에 건물에너지 관리를 위한 마인드를 변화시키고 핵심기술을 확대 보급할 수 있는 토대를 구축할 수 있습니다.

건물에너지관리시스템은 장비의 성능을 실시간 모니터링 할 수 있고, 문제가 일어나면 그에 대한 원인을 명확히 파악할 수 있게 해 줍니다. 때문에 무분별하게 설비를 교체하는 낭비를 줄이고, 시스템을 효율적으로 유지·관리할 수 있습니다.

② 경제/사회적 파급효과

» 건물에너지관리시스템을 통한 체계적인 관리를 한다면 국내 건물분야에서 생애주기비용(LCC)* 기준 30% 이상의 에너지 절감이 가능할 것으로 보입니다. 온실가스 배출 또한 줄여줄 것입니다. 이는 우리나라의 에너지 자립률을 높이고 국가적 차원의 에너지 수급체계를 합리화하는데 기여할 수 있을 것입니다. 국가적 온실가스 배출 감축목표 달성에 기여하고 국가 경쟁력 또한 제고할 수 있을 것입니다.

본 성과는 수입 대체 효과를 통해 해외 사업종료 후 5년 내에 현재 20% 수준인 국내시장 점유율을 70%(2020년 기준 1.1조원)이상으로 확대하고, 해외시장에 진출하여 시장점유율을 9.8%(2020년 기준 \$65억) 이상 달성할 수 있을 것으로 기대됩니다. 에너지절약형 건물관리 시스템에 대한 세계적 수요가 계속 증가하고 있지만 건물에너지관리시스템 기반 기술은 아직 초기단계이기 때문에 본 성과는

앞으로 세계시장을 주도할 수 있는 기반이 될 것입니다. 관련 산업의 인력 양성과 고용 창출의 효과도 기대됩니다.

BEMS를 기반으로 조성건물 또는 건물군의 통합관리체계를 구축한다면 정부에 건물 에너지소비 통계자료를 제공할 수 있어 건물에너지 이용효율 향상을 위한 각종 정책 수립에 도움이 될 것입니다. 국가적 대규모 사업인 스마트그리드** 구축사업에도 기여할 것으로 보입니다.

* 생애주기비용(LCC; Life Cycle Cost): 건설 구조물의 장기적인 가치와 수명, 성능을 증대시키기 위해 지금처럼 초기 투자액은 물론 에너지 소비량, 유지관리비용, 개체, 폐기비용 등 건설 외적 비용을 감안해 비용을 산출하는 방식
** 스마트그리드: 전기 및 정보통신 기술을 활용하여 전력망을 지능화·고도화함으로써 고품질의 전력서비스를 제공하고 에너지 이용효율을 극대화하는 전력망



2019년 킨텍스에서 열린 국토교통기술대전 참가

Smart Cities Innovation Summit Asia Conference
(2016.09, KINTEX)에 참가한 국내의 정부 및 전문기업
전문가, KICT(한국건설기술연구원) 일산청사 소재
BEMIS(건물에너지관리정보시스템) 견학 및 기술교류

향후계획

? 기술이 발전하기 위해 앞으로 어떠한 연구가 필요하며, 필요한 지원사항은 무엇인가요?

BEMS에 관한 이슈는 크게 두 가지입니다. 설치비를 줄이는 것과 투자 대비 효과를 높이는 것입니다. 하지만 우리에게 이 두 가지를 위한 핵심기술이 부족합니다. BEMS는 하드웨어 기반의 자동화 시스템에 이를 잘 운용할 수 있는 유능한 관리자가 결합된 것입니다. 유능한 관리자의 역할은 장치 소프트웨어가 대신할 수 있는데, 여기에 전제가 있습니다. 관리자의 역할을 대신하는 관리용 소프트웨어를 자동화시스템 즉 개별 하드웨어 공급업체의 도움 없이도 설치할 수 있어야 한다는 것입니다. 이 전제를 만족시키지 못한다면 그것은 또 다른 자동화시스템의 아류에 불과할 것입니다. 건물은 공장과 같은 다른 시설과 달리 그 수도 매우 많을 뿐만 아니라 용도와 환경, 그리고 건물주나 거주자의 요구사항과 조건이 매우 다양합니다. 배타적이고 폐쇄적인 플랫폼을 도구로 시장을 지배하고 있는 일부 자동화시스템 업체가 이를 감당한다는 것은 현실적으로 불가능합니다. 다양한 소비자의 요구조건을 만족시키고 에너지 절감과 환경 개선을 위해서는 본 연구진이 세계 최초로 개발한 저비용, 고성능의 소비자 맞춤형 관리시스템 구축이 가능한 개방형 BEMS 플랫폼을 상용화 개발하는 것이 시급합니다.



2017년부터 운영을 개시한 한국건설기술연구원 화성청사 BEMS 관제시스템. 전력소비, 냉난방시스템, 신재생에너지설비 등 에너지 사용량 모니터링 및 최적 운영관리를 통해 20% 수준의 에너지 절감실적 달성

현장적용사례



현장목소리



이제 연구단은 약속했던 소기의 목표를 훌쩍 넘는 괄목할만한 성과를 거뒀다고 자부합니다. 하지만 이러한 연구단의 성과는 새로운 미래사회가 시작됨을 알리는 메시지에 불과하다고 생각합니다. 지난 시간 땀 흘려 준비한 성과는 공급자가 아닌 소비자가 주인 되는 꿈의 BEMS가 탄생하는 밑거름이 될 것임을 확신합니다. 마지막으로, 오랜 기간 어려운 여건에서 세계 최고수준의 성과를 얻기 위해 연구에 매진해 오신 연구진 모든 분들께 머리 숙여 깊이 감사드리며, 더 큰 발전이 있기를 기원합니다.



4차년도 중간점검 워크숍 (2018.07.04)

4차년도 진도점검 워크숍 (2018.11.14)

주요 연구개발 성과물

» 지식재산권

유량 제어를 통한 난방 관리 시스템 및 이를 이용한 난방 관리 방법,
10-2463002(특허등록) 외 등록특허 1건

세계 최초 자율주행기반 대용량 굴절버스 운행제어 기술 개발



사업명

교통물류연구사업



과제명

전기동력 방식의 대용량 BRT
자율주행 기반기술 개발

연구기간

2019.04 ~ 2022.12
*3년 9개월

연구비

총 76억 9,300만원
*정부출연금 59.50억 원, 민간부담금 17.43억 원

연구자

한국철도기술연구원 ICT대중교통연구실장 | 윤혁진

연구배경

② 자율주행기반 대용량 굴절버스 운행제어 기술개발을 하게 된 배경은 무엇인가요?

인구 및 BRT 이용객 급증과 제한된 BRT 전용도로 용량으로 인한 물리적인 버스 증차의 한계점을 개선하기 위하여 친환경 대용량 전기굴절버스가 개발되어 2개의 지자체에서 운행하고 있습니다. 전기굴절버스는 오염물질 배출이 전혀 없는 친환경 차량이며, 소음과 진동 최소화 및 기존 연료(CNG, 디젤) 대비 30% 이상 절감 효과가 있습니다. 또한 버스 이용률이 높은 출퇴근 시간에 대량 수송이 가능합니다. 기존 버스와 차별화된 높은 수준의 대중교통 서비스를 제공하고, 출퇴근시간 혼잡을 완화하여 대중교통 활성화에 크게 기여하고 있습니다. 앞으로는 제2차 대도시권 광역교통기본계획(2021-2040)에 따라 도심 지하철과 유기적으로 연계하고, 정시성과 안정성을 항시 담보할 수 있도록 자율주행 광역BRT의 상용화가 추진될 예정입니다. 이에 맞춰 대용량 전기굴절버스의 자율주행 기술 개발이 필요합니다.



세계 최초 자율주행기반 대용량 굴절버스 운행 시스템

연구목표

② 연구목표는 무엇인가요?

미세먼지와 배기가스로 인한 대기오염, 교통혼잡 등 도심교통의 문제해결을 위한 전기동력 방식의 대용량 BRT 자율주행 기반기술을 개발하는 것이 목표입니다.

성과개요

② 성과의 내용은 무엇이고 기술수준은 어느정도인가요?

① 성과소개

» 국내 대용량 굴절버스(BRT)는 인천 청라국제도시에서 4대, 세종시에서 12대 운행 중입니다. 현재는 운전자에 의한 수동운전을 하고 있으나, 정시성 및 안전성 확보를 위해 자율주행으로 변경을 추진하고 있습니다.

연구진은 2량으로 된 100인승 굴절버스의 자율주행기반 운행제어 기술을 세계 최초로 개발 하였습니다. 3개의 핵심성과는 상호 연계되어 통합시스템으로 구축되었습니다.

먼저 대용량 굴절버스 자율주행제어시스템을 개발하였습니다. 기존 운전자 조작 장치를 유지하여 돌발 상황이나 위급상황 시 비상수동주행모드로 변경 가능한 시스템으로 제품 상용화까지 완료 하였습니다. 개발한 대용량 굴절버스 자율주행제어시스템은 주변장애물 및 차량의 위치, 자세 인식 알고리즘을 개발하여 승차감을 최적화한 목표궤적을 생성합니다.

다음으로는 성능평가를 위하여 실제차량의 기구부와 동일하게 구성된 자율주행 시뮬레이터(Hardware-in-the-Loop(HIL) simulation)를 구축하여 실제노선 기반의 도로 모델에서 반복 주행하며 성능 및 내구성을 시험하였습니다. 마지막으로 승객 안전성 확보를 위한 교차로 및 정류장 지원 기술을 개발하였습니다.

② 기술수준

» 대용량 BRT의 자율주행시스템은 이전에 개발된 사례가 없으며, 세계 최초로 굴절버스의 자율주행을 가능하게 하는 기술입니다. 기존 승용차 자율주행에 활용되는 기술에, 굴절버스 및 운영환경의 특징을 고려한 자율주행 기술을 개발하여 대용량 BRT 자율주행시스템을 개발하였습니다. 승용차 자율주행에서는 고려하지 않는 부분까지 고려하여 정밀제어를 수행하는 기술은 기술적 우수성 및 완성도가 매우 높습니다. 또한, 굴절차량의 특징에 따라 많은 인지센서와 높은 성능이 필요하기 때문에, 인지 센서의 새로운 기술 영역을 개척하였습니다.

성과창출과정

② 성과창출과정에 어려움은 없었나요? 있었다면 어떻게 극복하고 성공에 이르게 되었나요?

① 성공요인

» 본 기술을 구체적으로 개발하기 위해서는 굴절버스와 실제 운영할 수 있는 운영노선이 꼭 필요합니다. 과제 초기부터 차량제작사와 운영기관이 적극적으로 도움을 주셔서 요구사항을 빨리 획득하고 필요한 주요 기능을 식별할 수 있었습니다. BRT 차량의 실차 시험을 통해 차량의 동특성을 파악하였고, 주행 노선의 특성을 분석하여 핵심 기술 개발에 집중한 것이 기한내 연구개발을 완료하게 한 동력이었던 것 같습니다.

② 장애요인

» 자율주행 제어시스템, 교차로 및 정류장 지원시스템, 자율주행 시뮬레이터는 상호 연계되어야 성능평가를 수행할 수 있습니다. 80,000km의 성능평가를 목표로 하고 있었으므로, 성능평가에만 약 12개월의 시간이 소요됩니다. 이를 위해서 3차년도까지 분야별로 개발을 모두 완료하고 통합을 수행하였습니다. 그런데 막상 통합을 수행하다보니 상호 데이터 인터페이스 및 실시간성 등에서 예기치 못한 문제들이 발생하여 이를 해결하기가 쉽지 않았습니다.

③ 극복방안

» 분야별로 통합한 이후 발생하는 문제에 대해서는 문제를 일으키는 부분에서 개선을 수행하더라도 다른 부분에 영향을 미치는 경우가 많았습니다. 기술 개발에 참여한 기관이 7개나 되어 서로 밀접하게 소통할 부분이 많았고, 상호 조정을 위해서 항시 온라인상에 접속하여 공동으로 작업을 수행하였습니다. 약 12개월의 자율주행 성능평가 기간에는 모든 기관이 모여서 발생하는 문제에 대해서 즉시 알고리즘 보완을 해 나가며 연구기간 이내에 극적으로 기술을 완성할 수 있었습니다.

② 연구성과는 다른 기술과 비교할 때 어떠한 차별성이 있나요?

대용량 굴절버스는 승객의 승하차에 따라서 중량이 최대 33%까지 증감하고, 전량과 후량이 최대 33도까지 굴절이 발생합니다. 또한 53%는 입석승객이므로 이를 반영한 특화된 고난도의 운행제어 기술이 필요합니다. 이는 기존 승용차 자율주행에는 필요하지 않은 것입니다.

우리 연구진은 굴절버스에 특화된 기술(차량 파라미터 추정기 기반 정밀제어, 센서위치 트래킹기반 장애물 인지, 승객안전성 확보를 위한 인프라 기술 등)을 세계 최초로 개발하였습니다.

			
굴절 여부	없음	최대 33도	센서위치 트래킹기 반 장애물 인지
운행중 중 량변화	없음	33% 증감	차량 파라미터 추 정기 기반 정밀제어
입석 승객	없음	53% 입석	승객안전성 확보를 위한 인프라 기술
운전자 인 공지능	1종 보통	1종 대형	

승용차와 대용량 굴절버스에 적용되는 자율주행 기술의 차이점

연구성과의 파급효과

② 연구성과는 어떠한 파급효과가 있나요?

① 기술적 파급효과

» 현재 대형 상용차량의 자율주행 기술발전의 속도는 승용차의 자율주행 기술에 비하여 상대적으로 느린 편입니다. 이번 성과는 대형 상용차량의 자율주행 기술발전에 기여하며 시장을 활성화시킬 것으로 기대됩니다.

대용량 굴절버스의 자율주행기반 운행제어시스템은 굴절버스의 자율주행을 가능하게 하는 세계 최초의 기술입니다. 대용량 굴절버스를 자율주행하기 위해서는 높은 성능의 인지센서가 다수 필요하므로 인지센서의 새로운 기술 영역을 개척할 수 있었습니다.

대중교통의 자율주행 기술에 대해서는 최고수준의 기술을 달성하였으므로 개발된 기술의 확장성을 이용하면 타 대중교통으로의 기술 파급도 용이할 것으로 보입니다.

② 경제/사회적 파급효과

» 자율주행 기업이 진출할 수 있는 분야를 대용량 굴절버스까지 확대함으로써 관련 산업의 시장을 확장시켰습니다. 관련 기술 시장이 존재하고 수요가 늘어나고 있으므로, 전문적인 기술력을 갖춘 중소기업 또한 다수 인큐베이션할 수 있을 것으로 기대됩니다.

자율주행 통합 HiLS 시뮬레이터는 실제 차량을 개조하여 자율주행 기술을 시험하는 것에 비하여 비용을 크게 낮출 수 있고, 개발에 소요되는 기간도 단축시킬 수 있습니다.

운전자 조작장치 시작품은 대용량 굴절버스 외에도 컨테이너 트럭 등 상용차에 적용이 가능 하도록 범용성을 갖추고 있어 관련 산업에 활용할 수 있습니다.

대용량 굴절버스 자율주행기반 운행제어시스템은 야간 등 일과시간 이후에도 해당 차량을 운행 시킬 수 있어 승객의 편의를 크게 향상시키고, 운전자의 피로도 줄일 수 있을 것입니다. 운전자에 의해 수동운전으로 운영 중인 세종, 청라지구의 대용량 굴절버스에 개발된 시스템이 탑재되면 안전성, 정시성을 확보하여 효율성을 크게 증가시킬 수 있을 것으로 기대됩니다.

연구진은 이를 위해 핵심기술에 대한 지식재산권을 확보하고, 기술이전을 통한 사업화를 수행 중입니다.



2022 AI엑스포 사업화 유망기술페어에 출품하여 중소기업 대상 기술 상담 수행



2022 국토교통기술대전에 참가하여, 테마관에서 관람객 및 수요자를 대상으로 시연을 수행하고 언론 홍보

향후계획

? 기술을 발전시키기 위해 앞으로 어떠한 연구가 필요한가요?

대용량 BRT 자율주행 시뮬레이터를 이용하여 주행시험을 계속하면서 알고리즘을 고도화하는 추가 연구를 수행할 예정입니다. 현재 기술은 TRL 5단계까지 완성되었으며, TRL 7단계까지 완성하기 위해서는 대용량 굴절버스의 차량 개조 및 운용노선상 자율주행 실증이 필요합니다. 실증사업, 시범사업 등 다양한 사업을 추진하고 있습니다.

현장적용사례



굴절차량용 위치트래킹기반 장애물 퓨전인지 시스템. 굴절각 추정기를 기반으로 카메라와 LiDAR의 위치와 각도를 보정하고 퓨전으로 주변 장애물의 실시간 인지 수행



청라역 정류장 1개소에 설치된 정류장 지원시스템. 차량 진입부터 11단계 시나리오를 통해 정차위치, 돌발상황, 대기승객 혼잡도 승하차 상황 종합 검지성능 시험 진행. 검지 정확도 95.8% 이상 달성

현장목소리



100인승의 대용량 굴절버스를 자율주행하기 위한 기술은 고도의 완결성과 안정성을 확보하여야 합니다. 이를 위해 모든 참여연구원은 밤낮없이 알고리즘을 보완하고, 다양한 시험 시나리오 상에서 자율주행을 수행하여야 했습니다. 마침내 시뮬레이터상 누적 자율주행 거리 80,000km를 달성한 순간이 기억에 남습니다. 성공하지 못할 수도 있겠다는 생각이 수없이 머릿속을 맴돌았지만, 마침내 연구개발에 성공하게 되어 연구책임자로서 무척 기쁘고 뿌듯합니다.



주요 연구개발 성과물

- » 논문 총 4건(SCI(E) 학술지 1건, 일반학술지 3건)
- » 지식재산권 자율주행차량의 원격제어 시스템 및 그 제어 방법, 10-2407544(특허등록) 외 출원특허 3건, 등록특허 6건, S/W 4건

12 교통분야

자율주행 대중교통서비스 사업화



교통물류연구사업



사용자 중심 대중교통 운영환경 구축 및
실증 평가기술개발



2018.04 ~ 2021.12
*3년 9개월



총 81억 4,000만원
*정부출연금 62.65억 원, 민간부담금 18.75억 원



한국교통연구원 선임연구위원 | 강경표

연구배경

? 자율주행 대중교통서비스 사업화 연구를 하게 된 배경은 무엇인가요?

2026년의 초고령화 사회 진입을 대비하여 교통 체증과 운전 미숙으로 인한 사고를 줄이고, CO2 배출량을 획기적으로 감축하기 위해 지속가능한 친환경 동력시스템 기반 신교통수단 개발 및 운영전략이 필요합니다.

2030년~2040년 사이에 부분적 자율주행 자동화(Level 3, 4) 단계로의 산업화가 진행될 것으로 예상되므로 이에 발맞춘 자율협력주행 기반 육상용 대중교통 시스템 개발을 통한 초기 산업 생태계를 조성할 필요가 있습니다. 특히 자율협력주행 기반 대중교통은 타 교통수단과 일반도로를 공유하는 환경에서 운행되기 때문에 교통안전 중심의 지능형 교통체계인 C-ITS*와의 연계를 고려한 시스템 개발이 요구됩니다.

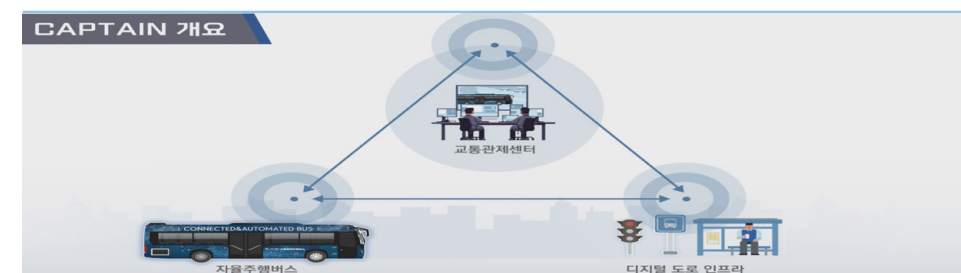
차량 성능 중심의 기술 개발을 넘어, 실제로 국민이 이용할 수 있는 교통서비스 모델(대중교통 수단)을 개발하고, 안전과 편의성 확보를 위한 관제시스템의 적용과 미래 도심에 자율주행 대중교통 도입 시 예상되는 이슈에 선제적으로 대응하기 위해 연구를 하게 되었습니다.

연구목표

? 연구목표는 무엇인가요?

자율협력주행* 기반 육상용 친환경 스마트 대중교통(소형/중·대형 버스)시스템 기술을 개발하고, 지능형 인프라 연계 운영/검증 기술 개발 및 실증을 통해 대중교통시스템 혁신의 교두보를 확보하는 것이 목표입니다.

* 자율협력주행(Connected and Automated Driving): 자율주행차의 단점인 센싱의 한계와 C-ITS 기반 차량의 단점인 인프라 비용의 한계를 상호 보완하고 장점을 극대화하여 효율적인 교통시스템을 구현하기 위한 융합시스템



자율협력주행 대중교통시스템 개념도

성과개요

? 성과의 내용은 무엇이고 기술수준은 어느정도인지 소개해주세요.

1 성과소개

» 자율협력주행 대중교통시스템(브랜드명 CAPTAIN, Connected & Automated Public TrAnsport INnovation)을 개발하였고 세부적으로는 세 가지 성과를 거두었습니다.

첫째, 대중교통, 특히 버스 부문의 자율주행기술을 개발하였습니다. 총 8대의 자율주행 버스(대형버스 3대, 중형버스 5대)와 승객용 모바일 앱을 개발한 것과 더불어 세종시 기존 교통센터의 기능을 활용한 교통관제센터(Traffic Control Center, TCC)를 기반으로 무리를 지어 주행하는 자율주행차량(버스)의 운영 및 제어 시스템을 개발하고 자동화하였습니다.

둘째, 자율협력주행기반의 대중교통시스템을 혁신하였습니다. 자율주행 버스 뿐 아니라 일반 버스가 안정적인 주행을 할 수 있도록, 자율주행버스와 디지털 도로인프라, 교통관제센터를 연계·통합한 대중교통시스템을 개발하였습니다. 세종시의 기존 대중교통시스템과 V2X*를 기반으로 연계 및 통합할 수 있는 혁신 모델로 구현하였습니다.

셋째, 개발한 시스템을 세종시의 실제 간선급행버스체계(Bus Rapid Transit, BRT) 및 일반 공로상에서 실증하였습니다.

* V2X는 차량간(V2V), 차량과 보행자 간(V2P), 차량과 인프라간(V2I)을 아우르는 말.

성과창출과정

② 기술수준

» 자율협력주행 대중교통서비스로 운영되는 대형버스와 중소형서들은 모두 자율주행시스템기반의 자동모드가 가능하며, 돌발 상황 등 비상 시 운전자 판단이나 센터정보를 바탕으로 제어권 전환이 가능한 자율주행 레벨3* 차량입니다. 이는 대중교통서비스로서는 해외 선진기술 대비 최상위 수준에 해당합니다.

* 미국자동차공학회(SAE Society of Automotive Engineering)가 정한 자율주행 6단계 기준

② 성과창출 과정에서 발생한 장애요인은 어떻게 극복했나요? 성공요인은 무엇이라고 생각하나요?

① 성공요인

» 본 과제는 자동차-인프라-통합실증으로 3개 세부과제로 구성되어 연구개발 성과물을 연계·통합하는 구조였습니다. 이를 주관기관-협동기관-공동기관의 역할을 나누어 체계적으로 구성하여 단계적으로 개발 수행했다는 점이 성공요인이라고 볼 수 있을 것 같습니다.

② 장애요인

» 지자체 협력 및 관련 제반 규정으로 인한 실증에 어려움이 있었습니다. 실제 도로 상에서의 실증을 위해서는 해당 도로를 관리하는 지자체 및 도로관리청과의 협업이 필수적인데, 해당 지자체에서의 C-ITS 인프라 구축이나 충전소 설치 등에 대한 일정과 지원사항 등을 협의하는 것이 가장 큰 어려움이었습니다. 또한, 세종시 내 도로는 차로폭이 좁고, 입체교차로 및 지하도 등의 제약사항이 많은데, 대형차량의 실증을 위한 법적 제한속도가 낮고, 도로 기하구조로 인해 충돌 위험이 많은 지점이 여러곳 있어서 안전한 실증 테스트에 어려움이 있었습니다.

③ 극복방안

» CAPTAIN 연구단과 세종시는 2019년 2월 협약서 기반의 업무협약을 맺었습니다. 이를 통해 실증단지 설계와 구축, 운영을 위한 연구단과 세종시의 담당업무를 명시하여 체계적으로 추진하였는데, '자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률'(2020. 5)에 근거한 '자율주행차 시범운행지구'로 지정되어 특례적용을 받을 수 있었습니다. 또한, BRT 신교통형 전용차량에서 자율주행차의 주행이 가능하도록'간선급행버스체계의 건설 및 운영에 관한 특별법'시행령을 개정하는 데 기여하여 세종시 내 BRT 전용도로에서의 실증을 수행할 수 있었습니다.

② 연구성과를 해외기술이나 기존기술과 비교할 때 차별되는 우수성은 무엇인가요?

국내외에서 자율주행기술 연구는 승용차 중심으로 이루어져왔으나 본 성과는 대중교통을 대상으로 한 세계 최초의 자율주행기술 개발이라는 점에서 차별성을 갖습니다. 또한 본 성과는 차량(버스) 만이 아닌 디지털도로인프라와 교통관제센터 간의 연계통합을 통한 세계 최초의 자율협력주행시스템 기반 대중교통시스템 혁신사업이기도 합니다. 일반 도로상에서 상용차(전기버스)를 대상으로 일반차량과 함께 달리며 자율주행서비스를 실증했다는 것도 큰 의미를 갖습니다.

연구성과의 차별성



자율주행기반 대중교통시스템 실증연구 시연서비스 (2021년 11월 세종시)



자율주행 기반 대중교통시스템 관제센터 상황판 화면 표출방식

② 연구성과가 미치게 될 파급효과는 무엇인가요?

① 기술적 파급효과

» 현재 대중교통 자율주행차량 연구는 일반 승용차량 연구에 비해 상대적으로 진행이 늦습니다. 특히 대중교통의 경우 도심 구간에서 운행해야 하기에 자율주행의 난이도 또한 높습니다. 자율협력주행기반 대중교통시스템 실증은 세계에서 유례를 찾아보기 힘든 대중교통을 대상으로 한 자율주행 실증으로, 기존 대중교통시스템을 함께 고려하는 자율주행기술 개발 연구를 선도할 것입니다.

또한 향후 스마트시티 교통체계에 적용 가능한 기술을 확보했다는 의미가 있습니다. C-ITS 인프라 및 V2X 기반 대중교통시스템의 자율협력주행시스템의 기반 기술은 물론 차량 제어 및 모니터링, 시뮬레이션 기반의 평가기술과 교통관제시스템 동기화 기술을 확보했습니다.

② 경제/사회적 파급효과

» 본 성과를 통해 기존 대중교통시스템에 자율주행기술을 적용한다면 교통소외지역, 저수익 대중교통시스템의 자동화가 가능해져 안정성과 효율성이 향상될 것입니다. 수익성 악화로 준공영화 되거나 적자 운영하는 지자체 대중교통시스템에 대한 사회적 비용이 감소되고 교통약자의 이동의 자유는 강화될 것입니다.

자율협력주행시스템을 기반으로 한 자율주행 대중교통 생태계가 구축되고 졸음운전 등, 운전자 실수로

인한 교통사고가 줄어들어 이로 인한 국가적 사고처리 비용도 절감될 것입니다. 교통혼잡도 또한 8% 정도 줄어듦 것으로 예측됩니다.

자율주행차를 소유하지 않아도 자율주행서비스를 이용할 수 있어 시민들의 자율주행기술에 대한 수용성과 만족도가 향상될 것입니다. 자율협력주행버스의 임시운행 및 상용화를 위한 법제도체계를 정비하고 개선하는데도 도움이 될 것으로 보입니다.



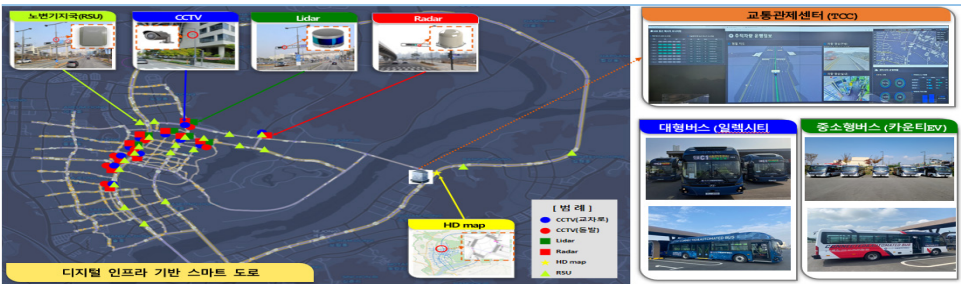
2021년 11월 세종시 BRT 구간 및 지선 구간 등 약 10km 구간에서 이루어진 최종 시연회

021년 11월 자율주행 기반 대중교통 실증 서비스 관련 보도

향후계획

❓ 기술 발전을 위해 앞으로 어떤 연구계획이 있나요? 필요한 지원사항이 있다면 어떤 것인가요?

자율주행 기반 대중교통서비스혁신(CAPTAIN) 시스템의 특징은 기존 대중교통시스템 구축·운영의 유무와 상관없이 적용할 수 있도록 개발 및 설계되었고, 실제 구축과 실증을 마쳤다는 것입니다. 이에 따라 정부와 여러 지자체의 자율주행 또는 대중교통관련 정책과 사업에서 CAPTAIN 기술, 더 나아가 스마트 모빌리티 서비스의 시범 적용·운영을 계획하고 있습니다. 특히, 대표적인 자율주행차 시범운행지구인 세종시는 BRT 순환도로(B0 노선), 오송역까지 BRT 구간에 유상서비스를 준비하고 있습니다. 앞으로 안전하고 안정적인 자율주행 서비스를 보장할 수 있도록 개발기술의 고도화가 필요하고, 이를 위해 산·학·연과 협력프로그램을 바탕으로 스마트 대중교통 모빌리티산업 생태계(ecosystem)가 조성될 수 있는 정책과 사업추진이 필요합니다.



대중교통시스템(세종특별자치시 BRT 구간 중 약 23km구간, 지선 약 54km 구간, TTC는 한국교통연구원 내 빅데이터모빌리티센터에 위치)

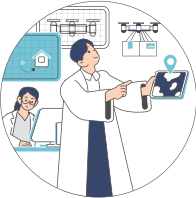
기존 고정노선기반 대중교통시스템 서비스 (카카오맵 App)		CAPTAIN 수요대응 대중교통시스템 서비스 (실시간 정보)		구 분	거리	정류장수	통행시간	환승/대기시간
기존 서비스	BRT 구간	2.9km	4개	5분	1분 33초	기존 서비스	34분	환승/대기시간
	지선구간	5.4km	8개	12분	9분 26초			
	2개(예측)	8.3km	12개	16분	9분			
	구 분	거리	정류장수	통행시간	환승/대기시간			
CAPTAIN 서비스	BRT 구간	2.9km	4개	5분	-	CAPTAIN 서비스	30분	환승/대기시간
	지선구간	5.4km	8개	12분	1분			
	2개(예측)	8.3km	12개	16분	7분			
	구 분	거리	정류장수	통행시간	환승/대기시간			
CAPTAIN 서비스	BRT 구간	2.9km	2개	5분	-	CAPTAIN 서비스	27분	환승/대기시간
	지선구간	5.4km	5개	12분	1분			
	2개(예측)	8.3km	7개	16분	7분			
	구 분	거리	정류장수	통행시간	환승/대기시간			

기존 대중교통시스템 서비스 및 CAPTAIN 수요대응 대중교통시스템 서비스 비교

* 예측시간 기준 기존 서비스 34분 걸렸던 것을 CAPTAIN 서비스 적용할 경우 19분까지 단축

** 실제 통행시간 기준 기존 서비스 적용시 소요시간 30분을 CAPTAIN 서비스로 27분으로 단축

현장목소리



본 과제는 승용차 중심의 자율주행기술관련 국가연구개발이 버스라는 대중교통수단, 나아가 인프라와 연계된 시스템 차원의 연구개발로 전환되는 기반을 마련했다는 점에서 의미가 큼니다. CAPTAIN 연구단은 영문명칭(CAPTAIN)에서도 알 수 있듯이, 자율협력주행기반 대중교통시스템 혁신(Connected & Automated Public TrAnsport INnovation)의 캡틴(CAPTAIN)이 되고자 노력하였습니다. 본 과제의 성과를 바탕으로 대중교통체계를 단계별로 자율주행기반 대중교통시스템으로 전환할 수 있는 로드맵을 마련하고, 산·학·연과 협력프로그램을 바탕으로 스마트 대중교통 모빌리티산업 생태계(ecosystem)가 조성될 수 있는 정책과 사업추진을 선도할 수 있도록 노력하겠습니다.



스마트시티 국가시범도시(부산 에코델타 스마트시티) 실증

주요 연구개발 성과물

» 사업화 현황

청와대 주변 자율주행 모빌리티 실증(기술(직접)실시)

» 법령반영

간선급행버스체계(BRT) 전용차량 중 신고통행 전용차량 종류 고시 (시행 2022.04.08)

한국형 항공위성서비스(KASS) 위성 발사 및 신호 1,2차 제공



사업명

항공안전기술개발사업



과제명

초정밀 GPS 보정시스템(SBAS) 개발·구축



연구기간

2014.10 ~ 2023.12
*9년 3개월

연구비

총 630억 3,700만원
*정부출연금 630.37억 원

연구자

한국항공우주연구원 SBAS사업단장 | 이병석

연구배경

❓ 한국형 항공위성서비스(KASS)위성 발사 및 신호 1,2차 제공 연구를 하게된 배경은 무엇인가요?

GPS와 같은 위성항법시스템을 이용해 항공기 운항의 정확성 및 신뢰성(무결성*)에 대한 요구기준이 나날이 높아가고 있습니다. 이를 반영하여 국제민간항공기구(ICAO, International Civil Aviation Organization)는 위성기반 위성항법 보정시스템(SBAS, Satellite-Based Augmentation System)의 구축을 표준권고안으로 제시하고 있습니다.

SBAS는 GPS 자체만으로 만족할 수 없는 정확성, 신뢰성, 연속성을 보장하는 보정정보와 무결성 정보를 제공할 수 있는 시스템입니다. 위성항법보정시스템을 이용하면 공역**의 활용도를 높이고, 항공기 운항 시 연료 사용과 탄소 배출을 줄이고 항공기 연착을 감소시킬 수 있습니다. 또한 정지궤도위성***을 통한 보정정보와 무결성 정보를 방송할 수 있으므로, 항공기를 위한 서비스 뿐만 아니라 SBAS 신호를 받을 수 있는 모든 지역의 사용자들이 GPS 단독항법보다 더 정확하고 신뢰성 높은 서비스를 제공받을 수 있습니다. 이에 한국항공우주연구원은 보다 정확하고 신뢰성 높은 GPS 신호 사용 목적으로 국내 SBAS 정보 제공을 위한 시스템 구축을 위해 연구개발에 착수했습니다.

* 무결성: SBAS 신호를 통해 제공받는 정확성(오차) 정보가 믿을만 한 정보인지, 문제 발생 시 경고를 줄 수 있는지가 포함된 신뢰의 척도. SBAS 시스템의 무결성 요구사항은 500백만분의 1로써 이는 항공기가 500백만 번 착륙 시 한 번 오류가 날 수 있을 정도의 매우 낮은 사고 발생확률을 갖는 요구성능.

** 공역(空域): 항공기, 초경량 비행장치 등의 안전한 활동을 보장하기 위하여 지표면 또는 해수면으로부터 일정 높이의 특정범위로 정해진 공간

*** 정지궤도 위성(GEO위성 GEOstationary orbit satellite): 정지궤도상(적도 상공으로부터 고도 약 36,000Km 상공)의 궤도에 위치하여 지구와 같이 움직이는(즉, 지상에서는 정지한 것처럼 보이는 공전주기 약 24시간인) 인공위성



KASS 하위시스템 배치 및 동작원리

연구목표

❓ 연구가 이루고자 한 목표는 무엇인가요?

국제민간항공기구(ICAO) 표준권고안에서 제시하는 운항등급 중 APV급에 해당하는 항공용 서비스(SoL* service)를 위한 SBAS 시스템을 개발하고, 시스템 개발 상위 등급이자 현재 SBAS 기술로 구현할 수 있는 최고 등급인 CAT-1 급 SBAS 기술 기초를 연구하는 것이 목표입니다.

*SoL : Safety of Life (생명구난)

성과개요

❓ 연구성과는 어떤 것이며 기술수준은 어느 정도인지 소개해주세요.

1 성과소개

» 위성항법 보정시스템(SBAS, Satellite-Based Augmentation System)이란 GPS의 오차를 바로잡아 정확한 위치를 파악하게 해 주는 시스템입니다. GPS 오차는 위성궤도 및 위성시계 오차와 GPS 신호가 전리층과 대류층을 지나면서 생기는 오차 때문에 일어납니다. SBAS는 지상의 기준국에서 GPS 오차 정보를 처리해 중앙처리국에서 오차를 보정한 정보를 만들고 무결성과 관련된 정보가 생성되면, 위성통신국에서 중앙처리국에서 생성한 정보를 선택하여 정지궤도 위성에 보냅니다. 정지궤도 위성에서 GPS와 동일하게 사용되는 대역으로 보정정보와 무결성 정보가 포함된 SBAS 신호를 제공하게 됩니다.

한국항공우주연구원은 2014년 국제민간항공기구(ICAO)의 요구성능을 만족하는 한국형 SBAS인 KASS(Korea Augmentation Satellite System)를 개발 하고 구축하는 사업에 착수하였습니다. 2018년엔 국제민간항공기구에 세계에서 7번째로 SBAS 서비스 제공자 ID(6번)를 획득하여 국제무대에서 한국의 위상을 드높였습니다.

2022년 6월 23일에는 프랑스령 기아나 우주센터 쿠루발사장에서 드디어 KASS 항법탑재체를 실은 항공위성 1호(Measat-3D)를 발사하여 정지궤도안착에 성공했으며 2022년 12월 15일 시험방송(KASS 신호 1차)을 공식적으로 개시하였습니다. 또한 2023년 7월 26일부터는 신호 1차보다 더 안정된 KASS 신호 2차를 방송하고 있습니다.

성과창출과정

② 기술수준

» 현재 미국(WAAS), 유럽연합(EGNOS), 일본(MSAS), 인도(GAGAN)가 항공용 인증을 획득하여 항공용 서비스를 위한 SBAS 신호를 방송 중입니다. 우리나라(KASS)와 중국(BDSBAS), 러시아(SDCM)에서는 개발 구축 완료단계에 있으며, 호주-뉴질랜드(South PAN), 아프리카(ANGA)는 SBAS시스템 개발구축을 위한 설계 단계에 있습니다. 우리나라가 곧 개발구축을 완료하고 항공용 인증을 획득한다면 미국, 유럽연합, 일본, 인도에 이어 세계 다섯 번째로 항공용 SBAS 서비스를 제공하는 국가가 될 것입니다.

② 연구개발을 성공적으로 마칠 수 있었던 요인은 무엇이고, 장애요인을 극복할 수 있었던 방안은 무엇이었나요?

① 성공요인

» 9년 2개월 (2023년 12월 31일 개발기간 종료 가정) 동안의 긴 시간 동안 본 사업의 성공을 위해 애썼던 참여 연구진들 및 그들이 속한 주관기관(한국항공우주연구원, 이하 항우연)과 협동기관(한국전자통신연구원, 항공안전기술원)의 노고, 정부 부처(국토교통부, 해양수산부)의 지원, 전문기관(KAIA)의 세심한 R&D 과제 관리가 모두 어우러진 결과라고 생각합니다. 또한, 국내외 공동개발업체들의 참여연구진이 밤낮 없이 노력한 결실이라고 할 수 있겠습니다.

② 장애요인

» 연구 개발 기간이 긴 만큼 어려움도 많았습니다. 2020년 태풍 마이삭과 하이선의 피해로 울릉도 해안도로 등이 유실되었을 때는 KASS 하위시스템 설치 일정에 차질을 빚지 않기 위해 헬리콥터까지 사용하여 기준국 장비를 운송하기도 했습니다. 10분 정도 사용에 수천만 원을 넘는 비용을 써야 했지만, 덕분에 지금도 우리나라에 설치된 기준국 중 본토와 가장 멀리 떨어져 있는 위치에서 GPS 신호를 원활히 수신하고 있습니다.

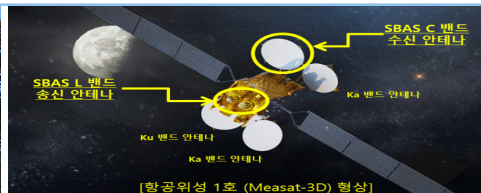
프랑스와 남미에 수시로 출장을 가야 했던 기간에 코로나 팬데믹으로 고생을 했고 임차하기로 한 정지궤도위성을 업체의 번심으로 다른 나라(호주)에 빼앗기는 등 우여곡절도 겪었습니다.

③ 극복방안

» 돌발 상황 하나하나가 개발 일정을 지연시키는 요인이 되었지만 그 때마다 항공우주연구원을 비롯하여 참여 기관 및 국내외 개발업체, 전문기관(KAIA) 그리고 국토교통부의 KASS 담당부처(항공위성정책과)가 머리를 맞대고 고민하며 방법을 찾았습니다. 수개월 동안 참여 기관과 연구진 모두가 일정표를 세부적으로 살피면서 지연을 최소화할 수 있는 작업들을 해 나가며 목표에 한걸음씩 다가갈 수 있었습니다.



2020년 태풍 마이삭, 하이선의 영향으로 울릉도에 해안도로 및 방파제 등이 파손되자 도동등대 기준국에 헬리콥터로 장비 운반



국내최초 정지궤도위성(Measat-3D)에 탑재한 항법탑재체

연구성과의 차별성

연구성과의 파급효과

② 연구성과가 다른 기술과 차별되는 우수성은 무엇인가요?

국내 최초로 항법 탑재체(Navigation Payload)를 실은 정지궤도위성(GEO위성)을 쏘아올려 위성항법보정정보 및 무결성 정보를 제공할 수 있게 되었습니다. KASS 항공용 서비스를 위한 SBAS 신호는 국제민간항공기구의 표준권고안을 만족하는 APV-I 등급으로, 일본에서 방송 중인 NPA 등급보다 높은 등급입니다. 이로써 SBAS 신호 수신 및 처리만 가능하다면 누구나 신호수신을 위해 비용 없이, 하드웨어적인 변경 없이 위치, 항법 및 시각 정보(PNT; Positioning, Navigation and Timing)를 얻을 수 있는 국가인프라를 구축할 수 있게 되었습니다.

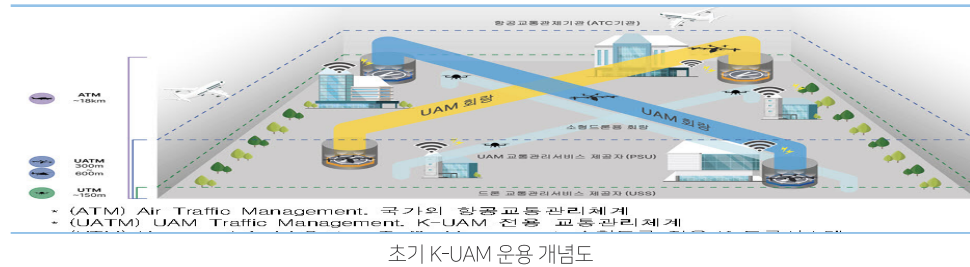
② 연구성과가 기술 및 경제/사회에 미치는 파급효과는 무엇인가요?

① 기술적 파급효과

» 항공위성서비스(KASS) 시스템은 향후 개발 및 구축될 한국형 위성항법시스템(KPS*)의 지역위성군을 활용하면 연속성과 가용성면에서 더욱 강력한 위성항법보정시스템으로 발전할 수 있을 것입니다.

또한 최근 상용화에 가까워진 도심항공모빌리티(UAM, Urban Air Mobility)의 안전한 도심지 비행을 위해 가장 적합한 위성항법신호가 될 것입니다.

* KPS : Korea Positioning System, 한국형 GPS (한국형 위성항법시스템)



초기 K-UAM 운용 개념도

② 경제/사회적 파급효과

» 한국형 항공위성서비스(KASS)는 항공용(민간항공, 도심항공교통 포함)은 물론 비항공용(육상교통, 철도, 위치기반서비스, 해양, 농업, 긴급구난, e-Call 등) 사용자들에게 위치정확도 및 신뢰성 면에서 타 시스템보다 월등한 서비스를 무료로 제공할 수 있습니다. 예를 들면 드론이 비행할 때 정확한 위치 정보를 제공할 수 있으며, 오차 3m 이내의 정확한 내비게이션도 가능할 것입니다. 실종자의 정확한 위치를 파악하거나 최단거리, 최저연료를 사용하는 경제적인 비행로를 설정하는 데도 활용할 수 있습니다.

한국형 항공위성서비스(KASS)는 이처럼 다양한 분야에 활용되는 국가인프라로서 역할을 충분히 수행할 수 있습니다. 향후 신사업창출, 위치기반 산업발전은 물론 산업간 융합으로 국가경쟁력을 강화할 것입니다.

위성항법보정정보 및 무결성 정보 제공(서비스 방송)과 관련한 전세계 위성항법(GNSS, Global Navigation Satellite System) 시장은 2019년 기준 208조 원 규모였습니다. 앞으로 GNSS 활용을 위한 부품개발(후방시장)과 이를 활용하는 서비스 산업(전방시장) 모두 수익적 가치가 향상될 것으로 예상됩니다. 한 예로 위성항법 수신기 사용자는 2021년 65억 명에서 연평균 10%씩 성장할 것으로

전망되며, 2021년 장치와 서비스의 전체 시장은 1,990억 유로에서 2031년까지 연평균 9.2% 성장하여 4,290억 유로의 시장을 형성할 것으로 기대됩니다.

또한 KASS 운영을 통해 항법분야 국제회의활동으로 국가위상을 드높일 수 있을 것입니다.

구분	내용
 농업(Agriculture)	- 최소한의 투자로 수확량 최적화, 노동 생산성 향상, 운전자 피로 줄임 - 정밀 농업(미터급 이하 : sub-meter)을 위한 저렴한 솔루션 제공 - 식량 공급 증가 및 친환경 농업 (삼포, 수확 농업활동 효율화)
 항공(Aviation)	- 더 많은 유럽지역과, 기업 및 항공 사업자들이 이미 발표된 절차를 활용 할 수 있도록 EGNOS 지원 항공안전 장치 장착 - 항공기의 활주로 접근에 정확한 정보 제공 - 무료로 사용 가능한 LPV-200은 항공기를 활주로 상공 200ft까지 지상과의 시각적 접촉 없이 최종 접근 가능
 사용자 요구 만족, 관광, 건강 (Consumer Solutions, Tourism and Health)	- 전리층에 의한 오차를 줄여 향상된 정확도의 위치정보 제공을 통해 라이프 스타일, 관광, 건강 등 사용자들의 여러 요구를 충족하도록 지원 - GNSS, 5G, Wi-Fi와 사물인터넷(IoT) 기술과 접목하여 최종 사용자의 건강과 생활방식을 용이하게 하는 새로운 애플리케이션을 가능케 함
 지도제작 및 측지측량 (Mapping and Surveying)	- 미터급 이하의 정확도를 제공하여 지도제작이나 측지측량에서 가성비 좋은 엔트리 레벨의 솔루션 제공 - 무료 제공되는 EGNOS 서비스로 향상된 GNSS 위치정보가 필요한 지도 제작 애플리케이션 요구 충족 - 관련하여 EGNOS 성능 수혜 대상 : 지자체, 임업 당국, 기타 사용자들
 해양(Maritime)	- 해상 및 내륙 수로에서 내비게이션, 위치 지정 애플리케이션 지원 - 국제해사기구(IMO)의 요구사항 (안전 항행 정확성 요구사항과 외부 항행 구역에 대한 수평경고한계에 대한 요구사항)에 대한 호환성 입증 - 자동식별검색 및 조난신호기(AIS-SART) 비관에도 활용(안전성 및 사회적 이익에 기여)
 철도(Rail)	- 조밀한 선로측면(trackside) 장비, 부대시설이 필요 없이 열차 위치 결정 - 안전관련 애플리케이션에 대한 기대 성능 수준을 특성화하기 위해 조사 진행 중 - 대중교통 우선신호체계 (Transit Signal Priority)와 같은 안전성과 관련 없는 일부 애플리케이션에 사용
 도로(Road)	- GNSS 신호의 정확도 향상 및 위치정보의 신뢰성 정보 제공 - 위험물 추적 - 범유럽(Pan-European) eCall 계획 내에서 차량의 위치측정 지원을 위한 다양한 애플리케이션 계획에 사용
 시각 동기 (Timing and synchronization)	전 세계 컴퓨터와 통신 네트워크에 필요한 매우 정확한 시계기준을 위해 EGNOS는 전례 없는 정확도로 신뢰할 수 있는 시간 표준을 방송

항공위성서비스(KASS)활용 가능 분야예시

향후계획

❓ 앞으로의 연구계획과 필요한 지원사항은 무엇인가요?

SBAS 서비스 커버리지는 가장자리에서 성능이 떨어지는 ‘열화’가 나타납니다. 우리나라는 SBAS 신호가 제공되는 나라들 중 영토가 작은 편이어서 현재 설치된 기준국의 배치로는 가장자리 열화가 서비스 영역에 미치는 영향이 큼니다. 따라서, 서비스의 연속성이나 가용성 범위를 확보하기 위해서는 앞으로 백업 기준국을 구축하면서 현재 구축된 기준국을 동서 방향으로 더 넓게 퍼뜨려 설치해야 합니다.

또한, 현재 제공하고 있는 APV-I급 항공용서비스보다 더 정확하고 신속한 최상위 등급(CAT-I급) 서비스를 제공하려면 이중주파수(L1, L5*)와 다중위성군**을 사용할 수 있는 시스템을 연구개발해야 합니다. CAT-I급 서비스는 관련 기술을 선도하는 미국이나 유럽에서도 한창 연구개발 중인 기술로, 우리도 하루빨리 착수하여 차세대 KASS를 위해 발돋움해야 합니다. 이를 위해 단발성이 아닌 정기적인 로드맵과 충분한 예산지원 및 연구인력 확보를 통해 기술 자립화를 높이고 앞으로 시장규모가 증가할 것으로 예상되는 위성항법과 관련된 선진국과의 기술격차를 좁히는 기회로 만들어야 할 것입니다.

* L1 : 항법메시지를 전송하는 민간용 신호 반송파(carrier) 주파수로써 중심주파수 1575.42MHz / L5 : 민간용, 항공용으로 사용가능한 반송파 주파수(carrier frequency)로써 중심주파수는 1176.45MHz 임

** 다중위성군 : GPS를 포함한 GLONASS, GALILEO, BeiDou 등 GNSS 즉, 글로벌 위성항법시스템 혹은 QZSS (일본), NavIC(인도), KPS(한국) 같은 지역위성항법인 RNSS 즉, 지역위성항법시스템

현장적용사례



항공위성 1호(Measat-3D)발사 장소 남미 기아나 우주센터
쿠루발사장 위치 및 발사체 Arian5호 모습(아리안스페이스社)

항공위성 1호(Measat-3D) 3D렌더링



KASS 하위시스템 배치 위치 및 사이트

현장목소리



KASS 시스템의 설계 마무리가 얼마 남지 않았던 2019년 말~ 2020년 초에 코로나 팬데믹이 절정에 이르렀습니다. 프랑스와 남미로 잦은 출장을 다녀야 했기 때문에 격리면제신청 승인을 얻고 매일 PCR 검사를 받아가며 연구개발 및 사업이 조금이라도 지연되지 않도록 분투했습니다. 이 외에도 수많은 어려움이 있었지만 참여 연구진은 극복할 수 없는 어려움은 그대로 남겨두고도 목표를 달성할 수 있도록 피땀 어린 노력을 기울여 왔습니다. 앞으로 똑같은 어려운 상황이 되지 않기 위해서는 장기적인 로드맵 속에서 꾸준한 예산 투자와 연구개발에 장기 투입 가능한 인력 확보 및 쌓은 헤리티지를 이어 나갈 수 있는 연구개발 환경 등의 노력이 필요하다고 생각합니다. 이를 통해 점진적으로 국산화 비율을 높여서 마침내 기술적인 자립을 해 나가야 할 것입니다.



2016년 12월 KASS착수회의에서 국외공동개발업체의 발표자료를 응시하는 한국의 기술진들

주요 연구개발 성과물

- » 논문 총 2건(SCI(E) 학술지 1건, 일반학술지 1건)
- » 지식재산권 무인 비행장치 및 그의 동작 방법, 10-246223(특허등록) 외 S/W 1건
- » 현장시험 및 검증 SBAS 실증(정지궤도 위성 - 지상시스템 간 연동 시험 검증 및 실증)

14 교통분야

친환경 수소전기동차 핵심기술개발



철도기술연구사업



수소연료전지 하이브리드 동력시스템
(1.2MW 이상)을 적용한 철도차량
추진시스템 최적화 및 운용 기술개발



2018.04 ~ 2022.12
*4년 9개월



총 131억 3,000만원
*정부출연금 124.96억 원, 민간부담금 6.34억 원



한국철도기술연구원 실장 | 류준형

연구배경

? 친환경 수소전기동차의 핵심기술을 개발하게 된 배경은 무엇인가요?

파리 기후변화협정(15.12.)에 따라 정부는 온실가스 감축 목표를 제시하였고 대표적인 친환경 교통수단으로 인식되고 있는 철도 분야에서도 탄소배출량 저감을 위해 비전철화 노선 등에서 여객/화물을 수송하고 있는 내구연한 도래 노후 디젤철도차량을 친환경 철도차량으로 대체하려는 계획을 세우고 있습니다. 디젤철도차량은 연간 기준 자동차 대비 300배 이상의 대기오염물질을 배출하고 있다고 하며* 현행법상 열차 주행 시, 미세먼지 관리 종합대책에 따라 새로 발표된 대기오염물질 배출허용기준을 준수해야 합니다. 새로운 규제에 따른 새로운 열차동력 방식 개발이 시급한 상황이었습니다.

또한 2021년 기준 우리나라는 세계 7위의 에너지 소비국이나 에너지·자원 소비량의 92.9%를 수입에 의존하고 있는 에너지 빈곤국입니다. 에너지 전체 사용량 중 수송부문은 약 16.8%를 점유하고 있습니다. 수송부문을 수소 에너지로 전환한다면 에너지 해외 의존도를 크게 줄이고 에너지 자립도 가능할 것입니다. 이에 본 연구를 시작하게 되었습니다.

* 2019년 기준 디젤철도차량(기관차, 동차) 대기오염물질 배출은 직접배출(PM10, PM2.5) 671.2톤/년, 간접배출(CO, NOx, SOx, VOC, NH3) 8,637.2톤/년

연구목표

? 연구개발의 목표는 무엇인가요?

비전철화 노선이나 전철 전력 설비 유지보수 구간에서 운행하고 있는 디젤철도차량을 대체할 수 있는 친환경 수소전기동차의 핵심기술을 개발하는 것이 목표입니다.

성과개요

? 연구성과는 어떤 것이고 기술주준은 어느정도인가요?

1 성과소개

» 친환경 수소전기동차는 수소를 연료로 사용하여 산소와의 화학반응을 통해 만들어진 전기 에너지를 주행에 필요한 동력으로 활용하는 열차를 말합니다. 대기 오염물질인 탄소와 미세먼지를 전혀 발생시키지 않고 오직 물만을 배출시키는 친환경 차세대 운송시스템입니다.

본 연구진은 국내 최초로 철도차량용 수소연료전지 기반 추진시스템을 개발하고 수소전기동차 시험차량에 개발된 시스템을 적용하여 철도차량 기술기준을 준용한 완성차시험, 예비주행(5,000km), 시운전시험 등으로 성능 검증을 완료하였습니다. 수소전기동차 시험차량은 1.2MW급의 수소연료전지와 2차전지의 하이브리드 동력시스템*을 적용하였고, 운행 최고속도 110km/h 이상, 1회 충전 주행거리 600km 이상을 달성하였습니다.

세계 최초로 철도차량용 수소충전시설 구축 및 운영을 시작했고 주요 핵심 전장품의 성능을 향상시키고 현차 적용 시험을 마쳤습니다. 철도안전법에 따른 철도차량 형식승인을 위한 수소전기동차 철도차량 기술기준(안) 및 수소철도 운영·유지보수 매뉴얼을 마련하였습니다.

* 수소연료전지와 2차전지의 하이브리드 동력시스템: 수소를 에너지원으로 사용하여 전기 에너지를 만드는 연료전지와 잉여 및 회생 에너지를 저장할 수 있는 배터리를 함께 사용하여 구성된 동력시스템



수소 철도의 미래상



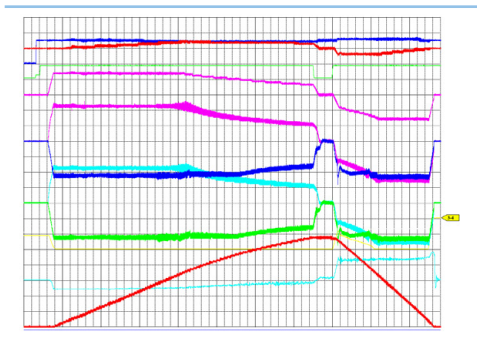
2차전지 시스템



고압수소 저장용기

② 기술수준

» 수소전기자동차의 글로벌 시장은 초기 단계로 미국, 일본, 영국 등에서 개발하고 있으며 상용화 사례는 프랑스(A社, 독일에서 영업운행 중)가 유일합니다. 본 연구진이 개발한 수소전기자동차는 국내 최초로 개발되는 수소연료전지 기반 철도차량이며, 프랑스 A사의 수소열차의 동력시스템보다 배터리 용량이 더 클 뿐 아니라 동력시스템과 추진시스템이 더 우수합니다. 다만 수소 저장용량은 다소 작습니다.



수소전기자동차 시험차량 주행시험(설계최고속도 121km/h 검증 시험)

성과창출과정

② 연구개발을 성공할 수 있었던 요인은 무엇이고, 장애를 극복할 수 있었던 방안은 무엇인가요?

① 성공요인

» 한국철도기술연구원이 주관하여 수소전기자동차의 핵심기술(수소연료전지-2차전지 하이브리드 동력시스템, 수소저장용기 시스템, 추진시스템 및 전력변환시스템, 에너지관리시스템 등)을 개발하고 협동/공동기관이 제작을 지원하여 국내 최초로 수소전기자동차 시험차량을 제작 하였습니다. 한국철도기술연구원과 협동/공동기관의 적극적인 협력으로 이를 수 있었던 성과입니다. 운행을 위한 수소충전설비는 규제샌드박스를 활용하여 구축하여 주행 성능검증을 진행할 수 있었습니다.

연구성과의 차별성

연구성과의 파급효과

② 장애요인

» 2019년 1월 수소경제활성화 로드맵이 발표되면서 철도를 포함한 수소 모빌리티 분야에서 많은 연구개발이 진행되습지만 철도 분야에서 수소를 에너지원으로 사용하기 위한 규제/법령 등 제도적인 기반이 전혀 갖추어지지 않은 상황이었기 때문에 어려움이 많았습니다. 수소연료전지, 수소저장용기, 배터리 등 철도차량에 새롭게 적용되는 시스템에 대한 기술기준, 안전 관련 검토가 필요했습니다.

③ 극복방안

» 규제샌드박스를 신청하여 문제를 해결할 수 있었습니다. 실증을 위한 규제특례 확인서를 받은 후 자동차 분야에 적용되고 있던 기술기준을 기반으로 수소전기자동차와 충전설비의 위험도 분석 등을 통한 추가 안전기준을 수립하여 수소전기자동차 시험차량과 수소 공급을 위한 충전설비를 구축할 수 있었습니다.

② 연구성과는 다른 기술과 비교할 때 어떠한 차별성을 가지나요?

본 과제는 철도차량에 수소연료전지를 기반으로 한 추진시스템을 적용하기 위한 최적화 기술개발을 목표로 하였고 제안요청서(RFP)에는 도시철도급의 성능이 제시되었습니다. 하지만 개발된 기술을 실용화하기 위해서 기존 차량을 개조하는 것보다 새로운 수소전기자동차 시험차량을 제작하는 것이 낫겠다는 판단을 하게되었습니다. 결과적으로 운행 중인 디젤 철도차량을 대체할 수 있도록 운행 최고속도 150km/h로 성능을 상향하여 개발 완료하였으며, 수소전기자동차 운영을 위한 충전시설 구축, 철도차량 기술기준(안) 및 수소철도 운영 매뉴얼 개발 등을 진행했습니다.

② 연구성과는 어떠한 파급효과를 기대하나요?

① 기술적 파급효과

» '2020년 기술수준 평가(KISTEP)'에 따르면 에너지·자원 분야 중 수소·연료전지 기술의 경우 국내 기술수준 및 기술격차는 최고기술 보유국(일본) 대비 각각 75%, 3년으로 평가됩니다. 본 연구를 통해 개발된 대용량 수소연료전지 응용·기술은 철도 분야뿐만 아니라 중장비 차량, 선박 등 다양한 분야에 확대 적용할 수 있습니다. 이를 통해 해외 선진기술과의 기술 수준 격차를 해소하고 수소 모빌리티 선도국가로 발돋움하는 데 이바지할 것으로 기대됩니다.

② 경제/사회적 파급효과

» 2021년 기준으로 국내 디젤동차(기대수명 20년, 도입단가 9억/량) 121량 전량이 내구연한에 이르렀습니다. 디젤동차는 그간 도입부터 유지보수까지 해외 기술에 전적으로 의존해왔으나 노후화된 디젤동차를 친환경 수소전기동차로 대체한다면 1,089억원 규모의 수입대체에 따른 경제적 효과가 기대됩니다.

철도 신규노선을 적용할 때 구축비용 중 높은 비율을 차지하는 것은 전력인프라 구축 및 유지보수 비용입니다. 수소전기동차는 '독립전원' 방식으로 전차선, 변전소 등의 전력인프라 시설이 필요하지 않습니다. 따라서 인프라 구축비용이 필요없고 유지보수 비용도 낮으며, 전기 안전사고도 예방할 수 있습니다.

수소는 에너지효율이 높고 에너지비용이 낮기 때문에** 철도 운영기관의 에너지비용을 절감할 수 있습니다. 또한 대기오염물질을 전혀 배출하지 않는 청정에너지이기 때문에 철도 부문 탄소중립을 실현하는 데 크게 기여할 것입니다.

** 에너지효율 : 가솔린 내연기관 16%, 전기기관 21%, 수소연료전지 36%, 에너지비용 : 디젤 3,000원/km, 수소 1,730원/km(디젤 1,200원/L, 수소연료 6,000원/kg 기준)

향후계획

② 앞으로 기술발전을 위해 어떤 연구가 필요하며 필요한 지원사항은 무엇인가요?

친환경 수소전기동차 핵심기술은 국가 R&D를 통하여 개발이 완료된 상태이며, 민간에서 사업화를 주도할 수 있도록 수소 전기동차의 성능 보완과 개선, 철도차량 및 철도시설의 기술기준 고시, 시범노선 운행 등을 수행할 수 있는 실증사업이 필요합니다. 수소 철도는 대량의 승객과 화물을 운송하는 공공 교통수단이어서 안전을 담보할 수 있는 추가 연구개발이 필요합니다. 더불어 국내 최초로 도입되는 수소 철도 운행을 위한 철도 운영기관 측면에서의 검토도 해야 합니다. 따라서 '친환경 수소전기동차 실증사업'을 위한 `24년 국가 R&D 신규사업 예산을 요청 중입니다.

현장적용사례



수소전기자동차 시험차량 : 철도차량 제작 공장(㈜우신산전)



수소전기자동차 시험차량에 수소를 공급하기 위한 국내 최초의 철도차량용 충전시설 'K-수소철도 오송충전소'

현장목소리



세계 최고 수준의 수소연료전지와 배터리 기술을 국내에서 보유하고 있고, 수소전기차가 상용화된 시점이어서 기술적으로 어렵지 않은 접근일 것으로 판단했지만 막상 과제를 시작하고 보니 그렇지 않았습니다. 철도차량에 적용할 수 있는 대용량 수소연료전지는 해외에서 수입해야했고, 배터리는 직접 설계하고 제작해야 했습니다. 수소저장용기는 국내 인증을 받은 제품을 적용해야만 했고 제어시스템을 추가해야 했습니다. 수소충전시설은 규제샌드박스를 신청한 끝에 1년6개월 만에 구축할 수 있었습니다. 이 중 구축기간은 3개월에 불과하며 나머지 기간은 규제샌드박스에 대응하는 기간이었습니다. 이렇듯 많은 어려움이 있었지만 협동/공동기관과 참여연구원들의 헌신으로 친환경 수소전기동차 핵심기술을 성공적으로 개발완료 할 수 있었습니다.

주요 연구개발 성과물

- » 논문 총5건(SCI(E) 학술지 2건, 일반학술지 3건)
- » 지식재산권 배터리 모듈의 셀 밸런싱 장치, 10-2373716(특허등록) 외 출원특허 2건, 등록특허 4건, S/W 11건

AR/VR 기반 철도차량 모바일 유지보수 지원 프로그램 사양서 개발



사업명

철도차량 스마트
유지보수 기술개발사업



과제명

철도차량 지능형 자가진단 기반
능동 유지보수



연구기간

2019.04 ~ 2023.12
*4년 9개월



연구비

총 129억 4,800만원
*정부출연금 78.70억 원, 민간부담금 50.78억 원



연구자

한국교통대학교 교수 | 김철수

연구배경

❓ AR/VR 기반 철도차량 모바일 유지보수 지원 프로그램을 연구개발하게 된 배경은 무엇인가요?

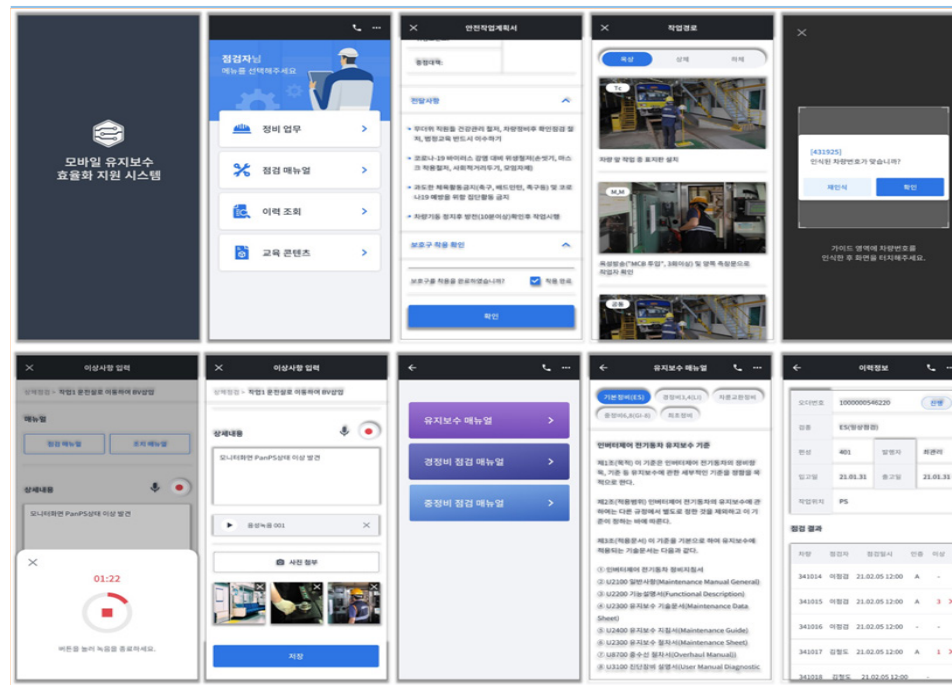
철도차량의 설계수명은 25년 정도지만 국내 도시철도차량의 경우에는 이를 초과하여 운행하는 노후 차량 비율이 점차 높아지고 있는 실정입니다.

한편 철도정비의 경우 외주화, 노령화, 4D(Difficult, Dangerous, Dirty, Dull)작업 기피현상으로 비숙련자에 의한 정비가 이루어질 가능성이 있습니다. 이 경우 사고 발생 시 책임소재가 불분명할 뿐 아니라 정비가 부실화될 위험도 있습니다.

철도 운영 조직의 전기동차, 즉 우리가 흔히 알고 있는 '지하철'에 대한 유지보수 교육은 일반적으로 각 조직의 지침에 따라 유지 보수 매뉴얼 및 작업 비디오를 사용하여 수행됩니다. 하지만 소책자 형태의 매뉴얼은 유지보수 작업자가 휴대하기 어렵고 불편하다는 단점이 있습니다. 이를 극복하기 위하여 유지보수 절차를 3차원 공간으로 시각화한 교육 콘텐츠가 요구되었습니다.

연구목표

성과개요



모바일 유지보수 지원시스템

❓ 연구개발의 목표는 무엇인가요?

가상현실 기술인 VR/AR 기반의 모바일 유지보수 지원시스템을 개발함으로써, 경정비(일상, 주간, 월간 및 반년 주기) 유지보수 업무를 효율적으로 수행할 수 있도록 지원하는 것이 목표입니다.

❓ 연구개발 성과는 무엇인가요? 성과의 기술수준은 어느 정도인가요?

1 성과소개

» 스마트폰, 태블릿 기기 등 휴대가 간편한 모바일 기기만으로도 철도차량 유지보수 업무를 손쉽게 효율적으로 수행할 수 있도록 하는 모바일 유지보수 지원시스템을 개발하였습니다. 모바일 유지보수 지원시스템은 VR/AR 등 가상현실 기술을 기반으로 하며 음성인식 및 원격지원을 적용하여 양방향 통신도 가능합니다. 다자간 음성 및 영상통화, 채팅, AR 포인팅, 문서/사진 공유 등의 다양한 기능을 통해 철도차량 유지보수를 정확하고도 효율적으로 수행할 수 있습니다.

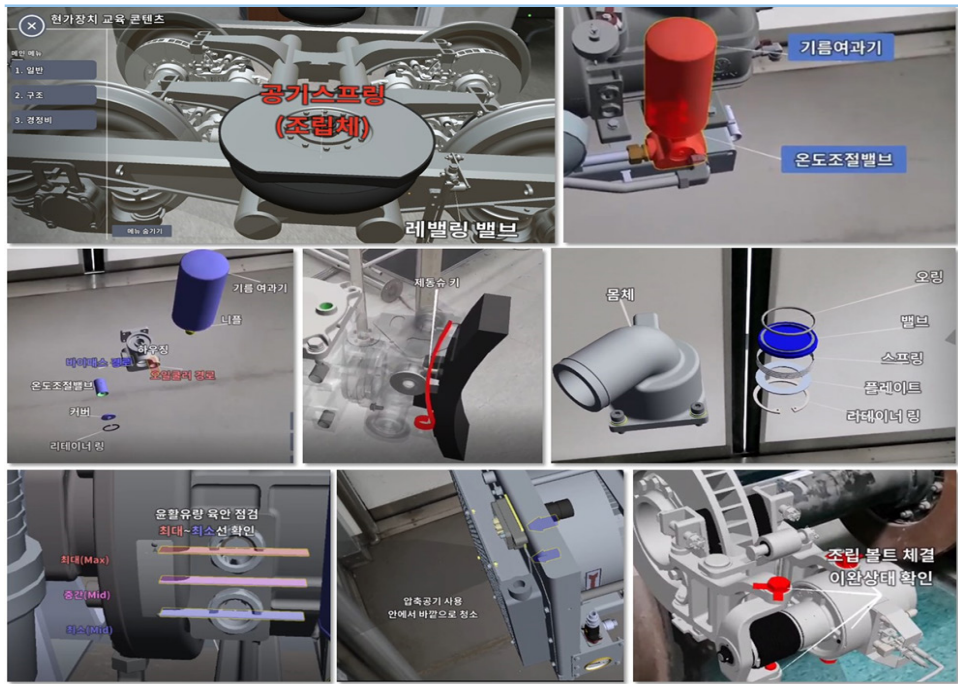
연구진은 철도차량 정비콘텐츠 10종과 교육콘텐츠 8종을 개발하였으며 6대 도시철도 운영기관 임직원을 대상으로 모바일 기반 유지보수 콘텐츠 개발 관련 기술지도 및 교육을 수행했습니다. 또한 철도차량 모바일 유지보수 지원 프로그램의 현장 적용을 위해 AR/VR 기반 모바일 정비/교육콘텐츠 사양서를 개발하고 철도운영기관의 신조차량 발주 사양서에 적용하도록 한국철도공사, 서울교통공사 및 (주)에스알 등의 철도운영기관과 논의하였습니다.

▶ 휴대용 모바일 기기를 이용해 AR/VR을 기반으로 하여 유지보수 교육을 하는 것은 해외 선진국에서 항공 등의 분야에서는 적용된 예가 있으나 도시철도 분야에서는 이번 성과가 최초입니다.

모바일 유지보수 효율화 시스템은 한국정보통신기술협회(TTA)의 소프트웨어 품질인증을 획득했습니다. (GS인증 1등급, 인증번호 22-0286(`22.6.13))



한국정보통신기술협회(TTA)GS 인증 1등급



AR 기반 경정비 및 VR 기반 중정비 교육콘텐츠 8종 개발

성과창출과정

⑦ 성과창출과정에서 장애요인은 없었나요? 있었다면 어떻게 극복하고 연구개발 성공에 이룰 수 있었나요?

① 성공요인

» 현장에서 정말 필요로하는 실용적인 유지보수 지원 시스템을 개발하기 위해서 심층 인터뷰를 진행했습니다. 기존 베테랑 정비원들의 노하우를 탑재하기 위해 여러 운영 기관의 임직원들에게 조언을 구하고 기술 전수를 받았습니다. 또한 누구나 쉽게 이용할 수 있도록 신입사원이나 초보 정비원들의 피드백을 받고 지속적으로 수정했습니다. 이러한 심층적인 인터뷰를 바탕으로 차별화된 시스템을 제작할 수 있었습니다.

2 장애요인

» 철도차량은 수많은 부품으로 구성되어 있으며 매우 복잡한 구조로 이루어져 있습니다. 따라서 AR/VR 콘텐츠로 제작하기 위해서 필요한 많은 종류의 부품과 그에 따른 하위 구성품의 모델링 확보가 상당히 어려웠습니다.

3 극복방안

연구진은 정확한 정보 전달과 콘텐츠의 현실감을 높이기 위해서 철도차량 정비 업무를 수행하는 산업현장에 직접 방문하여 3D 스캐너로 형상 데이터를 수집하였습니다. 이러한 형상 데이터를 바탕으로 3D 모델을 생성한 뒤 압축 과정을 거쳐 원본보다 약 85% 이상 압축된 저용량 파일을 제작하였습니다.

연구성과의 차별성

❓ **연구성과는 다른 기술과 어떠한 차별점과 우수성을 가지고 있나요?**

가상현실 기술인 VR/AR 기반의 모바일 유지보수 지원시스템을 개발함으로써, 경정비 유지보수 업무를 효율적으로 수행할 수 있도록 하였습니다. 기존 소책자 형태 매뉴얼과 비교하여 학습 점수는 34% 향상, 작업 부하는 28% 감소하였으며, 위의 내용에 관해 IEEE Access, Applied Science 등의 SCI 등재 저널에 투고하여 정당성을 증명하였습니다.



SCI 등재 논문

연구성과의 파급효과

? 연구성과는 어떠한 파급효과가 있나요?

1 기술적 파급효과

» 철도차량의 주요부품을 실시간으로 고장검지하고 예측하며, 철도차량 유지보수 이력을 관리하고 상태기반 유지보수 체계를 확보하는데 필요한 IoT 센서기술, 빅데이터 분석기술 등 4차 산업혁명에 따른 기술을 확보할 수 있습니다.

2 경제/사회적 파급효과

» 해외기술에 의존하던 철도차량 유지보수 플랫폼을 국산화함으로써, 대 당 20억 원이던 해외제품 최초 도입비용을 대 당 10억 원까지 50% 절감할 수 있을 것으로 보입니다. 또한 매년 지출되는 철도차량 유지보수비도 연간 도입비x 22.5%에서 도입비x 8%로 64% 가량 낮출 수 있을 것으로 기대됩니다.

유지보수 자원의 최적화로 철도차량 정비체계가 개선되고, 현장 작업자의 편의를 향상시킨 AR유지보수 교육 콘텐츠 활용으로 철도차량 유지보수 비용 또한 줄일 수 있습니다. 예를 들어 모바일 유지보수 지원시스템을 적용할 경우 연간 115억 원이던 지하철 7호선의 인력기반 유지보수비용(서울교통공사, '14년 기준)을 연간 50억 원으로 56.5% 낮출 수 있을 것으로 보입니다.

개발한 시스템으로 매 3~7일마다 이루어지고 있는 일상 또는 월상검수 절차를 효율화한다면 유휴인력을 경정비 및 중정비에 투입할 수 있어 정비 외주화를 감소시키는 효과도 기대됩니다.

향후계획

? 기술발전을 위해 앞으로 어떠한 연구가 필요한가요?

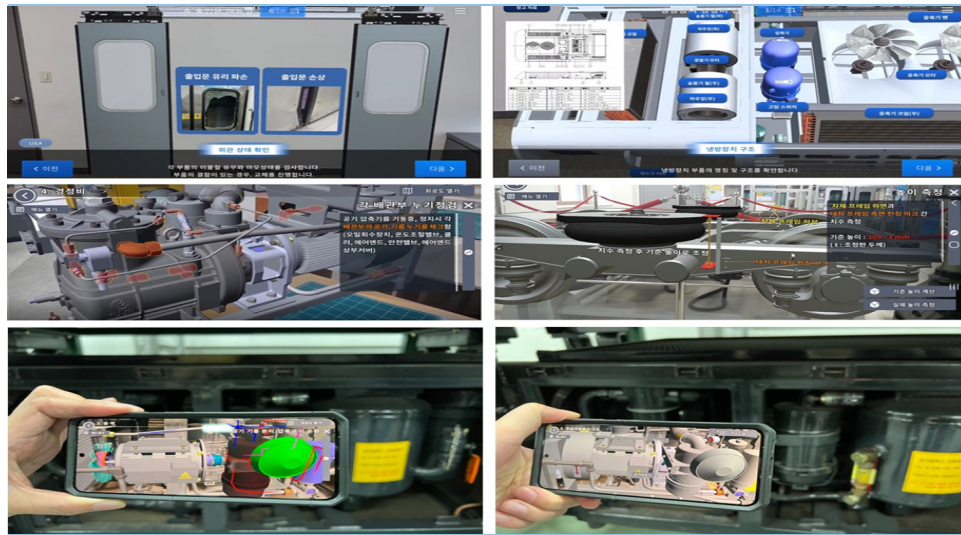
향후에는 운영기관 임직원들을 대상으로 평가 및 환류를 심층적으로 진행하여 개선사항을 반영하고 VR/AR 전문가들의 의견을 바탕으로 콘텐츠를 보완할 예정입니다. 또한 철도차량 신조차량 발주시 모바일 유지보수 지원 프로그램을 적용할 수 있도록 노력중이며, 여러 기관에서 상용화가 될 수 있도록 적극적으로 기술지도 및 교육을 할 예정입니다.

현장적용사례

다음 사진은 실제 차량 사업소에서 유지보수 작업 시작 전, 작업 중, 작업 후 콘텐츠를 활용하는 모습입니다. 모바일 유지보수 효율화 시스템은 개인별 모바일 기기를 활용하여 시간, 장소 등의 물리적 제약을 받지 않고 자유롭게 활용할 수 있습니다. 이처럼 개인별로 원하는 학습 과정을 선택하여 반복적으로 학습할 수 있습니다.



현장 적용 사례



AR 경정비 지원 콘텐츠 10종 개발

현장목소리



모바일 유지보수 지원시스템은 국내 철도차량 유지보수 분야의 디지털화를 위한 핵심적인 기술이 될 것입니다. 개발 초기 단계부터 최종 완성까지 6대 도시철도 운영기관 임직원들의 목소리를 경청하고 의견을 적극 반영했습니다. 수많은 시행착오를 겪었지만 완성도 높은 콘텐츠를 개발했으며, 교육 효과도 검증하였습니다. 향후에는 현장에서 이 시스템이 본격적으로 상용화 될 수 있도록 다방면으로 노력할 예정입니다.



운영기관 임직원들과의 기술 세미나

주요 연구개발 성과물

» 논문

총 7건(SCI(E) 학술지 2건, 일반학술지 5건)

» 지식재산권

전동차 공기식 출입문 고장진단 서비스 제공 방법,
10-2379957(특허등록) 외 출원특허 6건, 등록특허 3건, S/W 4건

» 설계기준(설명서, 시방서, 지침, 안내서) 반영

철도용품 특수설명서(반영 2022.11.30)



발 행 인 박승기

발 행 처 국토교통과학기술진흥원

발 행 일 2023년 11월

퍼 낸 곳 (사)한국지식서비스연구원

디 자 인 동진문화사

이 책에 수록된 내용 중 문의사항이 있으시면 아래로 연락주시기 바랍니다.

국토교통과학기술진흥원

14066 경기도 안양시 동안구 시민대로 286(관양동 1600) 송백빌딩 2~7, 9F

TEL 031-389-6373 **FAX** 031-381-4994

* 이 책의 저작권은 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-B552989-000889-01

2023년
국토교통 R&D
주요성과



국토교통부



국토교통
과학기술진흥원

국토교통과학기술진흥원

14066 경기도 안양시 동안구 시민대로 286(관양동 1600) 송백빌딩 2~7, 9F

TEL 031-389-6407 FAX 031-381-4994



9 791192 252148

ISBN 979-11-92252-14-8

비매품/무료
03500