

2016 국토교통 R&D 우수성과 20선



국토교통과학기술진흥원
경기도 안양시 동안구 시민대로 286 송백빌딩 2~7F | Tel, 031-389-6313 | Fax, 031-381-9922 | <http://www.kaia.re.kr>



발간 등록 번호
KAIA-2016-000001-10
2016 국토교통 R&D 우수성과 20선



2016 국토교통 R&D 우수성과 20선

행복한 내일을 위한 국토교통기술





행복한 내일을 위한
국토교통기술의 연구개발,
끝나지 않는 쉼표의 연장입니다.





- 6 발간사
- 8 사진으로 보는 2016 국토교통R&D 우수성과 20선
- 14 국토교통 R&D 사업투자 및 주요 성과 현황

세계일류기술 World Class R&D

핵심기술자립화 Core R&D

18 400km/h 고속철도 인프라 핵심기술, 한계를 넘어 세계로

친환경, 저비용, 안전운행을 위한 고속철도 인프라 핵심기술 개발로 세계 최고에 도전

24 시간 · 비용 줄이고 경쟁력은 높인 초고층빌딩 골조공사

4일에서 3일로 공기를 25% 줄여 경제성을 높인 가변형 테이블 폼 공법

30 첨단재료와 핵심설계기술의 융 · 복합으로 탄생한 슈퍼 콘크리트

초고강도, 고기능, 고품질의 슈퍼 콘크리트로 전세계 건설시장 선도

36 우리가 만들고 세계인이 이용할 유 · 무가선 하이브리드 저상트램

1회 충전으로 30km이상 무가선 주행이 가능하고 역사가 필요없는 유 · 무가선 하이브리드 저상트램

42 세계 최초의 블루댐 설치로 수재해 저감 및 수자원 확보

유역특성을 고려한 구조적 하천수량 확보로 수자원의 활용효과 극대화

50 물류자동화기술 선진화로 스마트 물류 실현

경량화물 취급에 편의성을 제공하기 위한 물류 자동화 장비 및 소프트웨어 개발

56 차로구분 정밀위치 서비스, 미래 교통산업을 주도한다

위성항법을 기반으로 차로구분 수준의 정확도와 위치정보의 신뢰도를 제공하는 정밀위치결정 기술개발

62 신재생에너지를 향한 도전, 신소재 해상풍력타워 기술개발

신형식 강-콘크리트 합성단면 풍력타워 및 복합소재 적용 풍력타워 개발

68 더욱 신속하고 안전한 고속자동 적재/반출장비 개발로 물류선진국 도약

고성능 선진기술의 보관물류장비(Mini-Load AS/RS) 개발로 물류장비 시장경쟁력 강화

74 우리가 만든 명품 열교환기로, LNG 플랜트 세계시장에 도전

천연가스 액화를 위한 핵심 고효율 열교환기 국산화 기술개발

공공복지기술 Welfare R&D

서비스R&D Service R&D

사업화 유망기술 Business R&D

82 주거시설의 트렌드 변화를 주도하는 모듈러 공공임대주택

저출산 · 고령화 시대에 따른 모듈러 공공 임대주택 기술개발

88 적정교통안전기술개발로 지역소도시 교통안전 증진

지역소도시 교통사고 저감을 책임질 센서기술 기반 차량 및 인명 상호인식 기술개발

94 주거취약계층 특성을 고려한 한국형 지원주택 개발

고령자, 장애인, 신혼육아, 빈곤가구 등 주거 취약계층을 위한 맞춤형 주거복지를 선도하는 공간모델 완성

100 한국형 스마트시티, 미래도시의 패러다임을 선도하다

한국형 스마트도시를 통해 기존 스마트도시 모델과의 차별화 및 우리만의 성장 방식 구축

106 더욱 안전해지고 믿음직해진 친환경 대중교통 '바이모달 트램'

온실가스 저감, 대기오염 감소를 위한 친환경 고효율 운송수단 바이모달 트램

114 이제 마음 편히 타세요! 자전거 및 이륜차(B2X) 안전서비스 개발

자전거 및 이륜차(B2X)안전서비스 개발을 통한 교통사고 감소에 노력

120 도로표지를 자동분석하는 첨단플랫폼 RRAP 개발

도로표지 영상정보 자동감지 및 분석 장비 개발로 국민안전 강화 및 국가예산 절감

126 도로 위의 숨은 위험, 과적차량 단속 위한 고속측중기

과적단속 활용을 위한 고속측중기의 성능평가 체계 개발

134 스마트폰으로 용수공급 제어 OK! 스마트 관수공급시스템 개발

수재생 지하 저류조를 이용한 스마트 관수공급 시스템 개발

140 엔터프라이즈급 오픈소스 공간정보 SW 기술개발로 세계시장 선도

공간정보 SW활용을 위한 오픈소스 가공기술 개발



발 간 사

국토교통R&D의 중심에는 항상 국민이 있습니다

올해로 여덟 번째 발간되는 '2016 국토교통R&D 우수성과 20선'은 휴일도 없이 때로는 안전을 담보하지 못한 상황속에서도 행복한 내일을 위한 기술개발을 위해 달려온 연구자들의 우수한 연구 성과를 담았습니다.

국토교통R&D는 신약개발이나 IT기술처럼 성공하는 순간 화려한 스포트라이트를 받거나 기술자체로 세상이 바뀌는 드라마틱한 결과를 내는 분야는 아닙니다. 그러나 우리가 개발한 건설기술은 자연재해로부터 안전한 국민들의 주거지를 만들고, 우리가 연구한 교통기술은 교통약자를 위한 편의를 제공해 국민복지향상에 기여합니다.

산업역군들이 해외건설현장에서 흘린 땀으로 경제성장의 기틀을 만들었던 시절부터, 고부가가치 핵심기술개발 연구로 국가의 미래 성장동력을 만드는 지금까지, 국토교통R&D의 중심에는 항상 국민이 있습니다. 국민이 안전하고, 국민복지에 기여하며 궁극적으로 국민이 행복한 기술. 국토교통R&D가 꿈꾸는 우리나라의 모습입니다.

국토진흥원은 잘 드러나지 않지만 국민의 행복을 위해 최선을 다하는 연구자들과 함께합니다. 국가전략프로젝트로 선정된 스마트시티와 공간정보, 해수담수화, 드론, 자율주행차 등 국토부의 7대 신산업 관련 대규모 연구 프로젝트를 기획하고 관리하면서, 연구자들이 국가의 미래를 이끌 우수한 연구성과를 도출하고 이를 실용화할 수 있도록 최선을 다해 지원하고 있습니다.

'2016 국토교통R&D 우수성과 20선'은 제4차 산업혁명의 도래, 증강현실의 대중화, AI의 발달까지 우리 삶에 큰 영향을 미치는 거대한 변화의 물결속에서, 우수한 연구 성과로 변화를 주도하겠다는 국토교통R&D의 의지와 약속의 산물입니다.

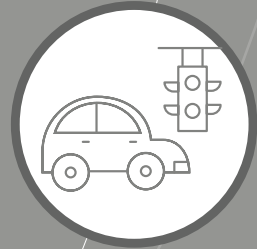
연구성과 창출까지 수없이 많은 도전과 실패를 거듭하면 서도 포기하지 않고 묵묵히 제 길을 걷고 있는 국토교통 R&D 연구자들에게 앞으로도 변함없는 지지와 격려 부탁 드리며, 우리 진흥원도 연구자들과 함께 국민들의 행복한 내일, 국가의 밝은 미래를 열어가는 기관으로 성장하겠습니다.

감사합니다.

2016년 11월
국토교통과학기술원장 김 병 수

김 병 수

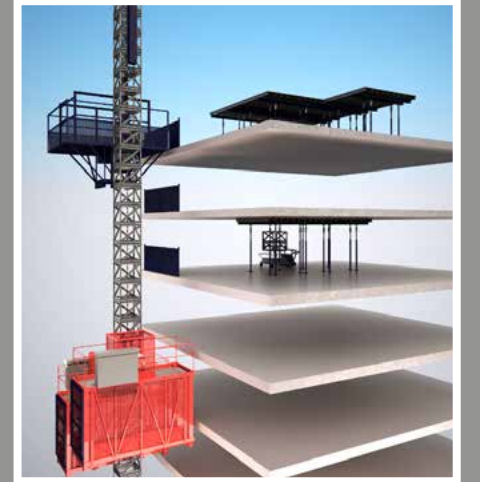
사진으로 보는
2016 국토교통 R&D 우수성과 20선



세계일류기술 | World Class R&D



▲ 400km/h 고속철도 인프라 핵심기술 개발



▲ 시간·비용은 줄이고 경쟁력은 높은 초고층빌딩 골조공사



▲ 초고강도, 고기능, 고품질의 슈퍼 콘크리트 개발



▲ 수재해 저감 및 수자원 확보를 위한 블루댐 설치

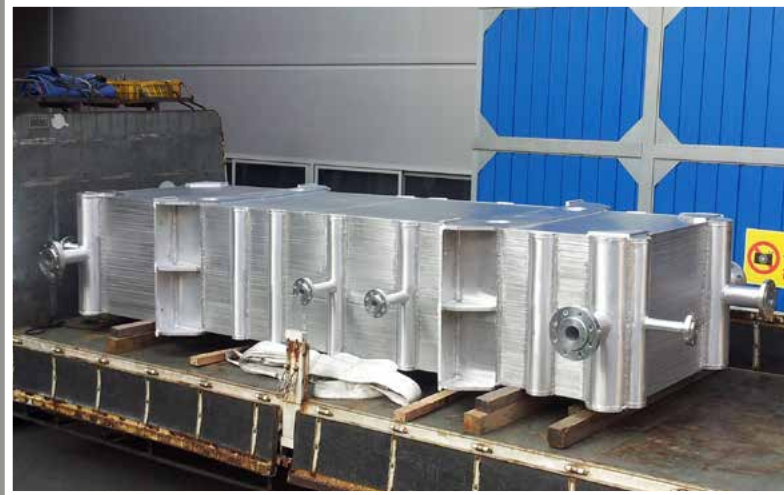


▲ 유·무가선 하이브리드 저상트램





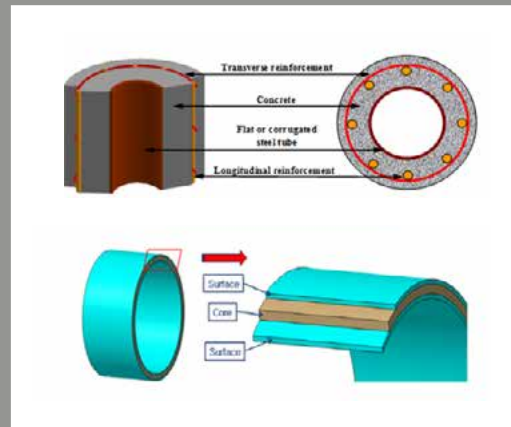
▲ 고성능 선진기술의 보관물류장비(Mini-Load AS/RS) 개발



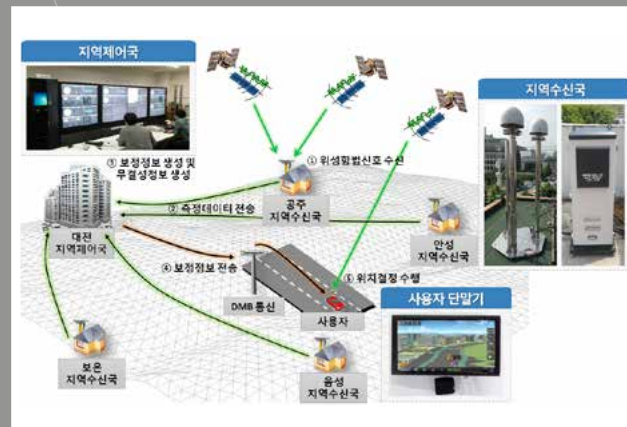
▲ 천연가스 액화를 위한 핵심 고효율 열교환기 국산화 기술개발



▲ 물류 자동화 장비 및 소프트웨어 개발



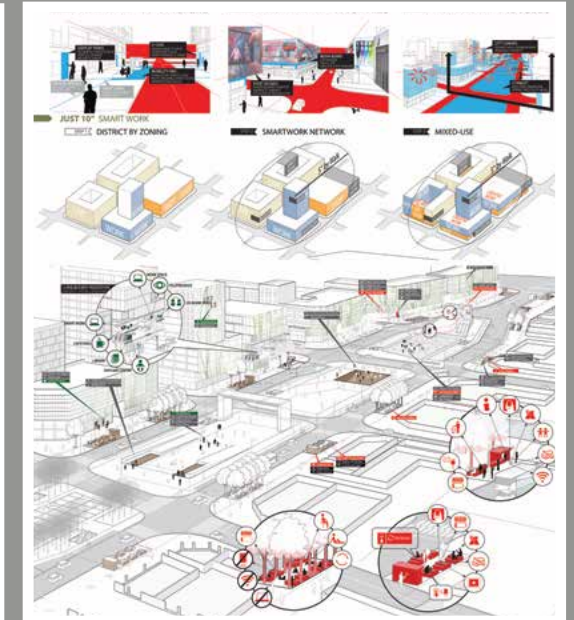
▲ 신소재 해상풍력타워 기술 개발



▲ 미래 교통산업을 주도하는 차로구분 정밀위치 서비스



▲ 저출산 · 고령화 시대에 따른 모듈러 공공임대주택 기술개발



▲ 미래도시의 패러다임, 한국형 스마트시티



▲ 더 안전해진 친환경 대중교통 '바이모달 트램'



▲ 주거취약계층 특성을 고려한 한국형 지원주택 개발



▲ 센서기술 기반 차량 및 인명 상호인식 기술 개발



▲ 자전거 및 이륜차(B2X) 안전서비스 개발



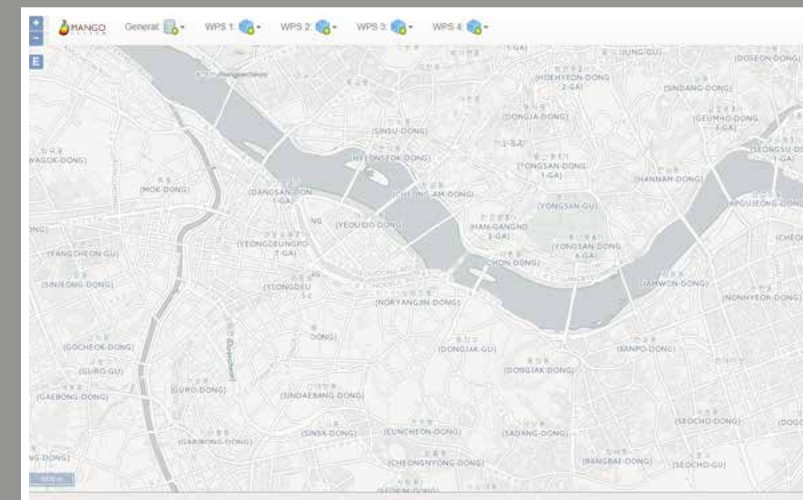
▲ 도로표지를 자동분석하는 첨단플랫폼 RRAP 개발



▲ 과적단속 활용을 위한 고속충종기의 성능평가체계 개발



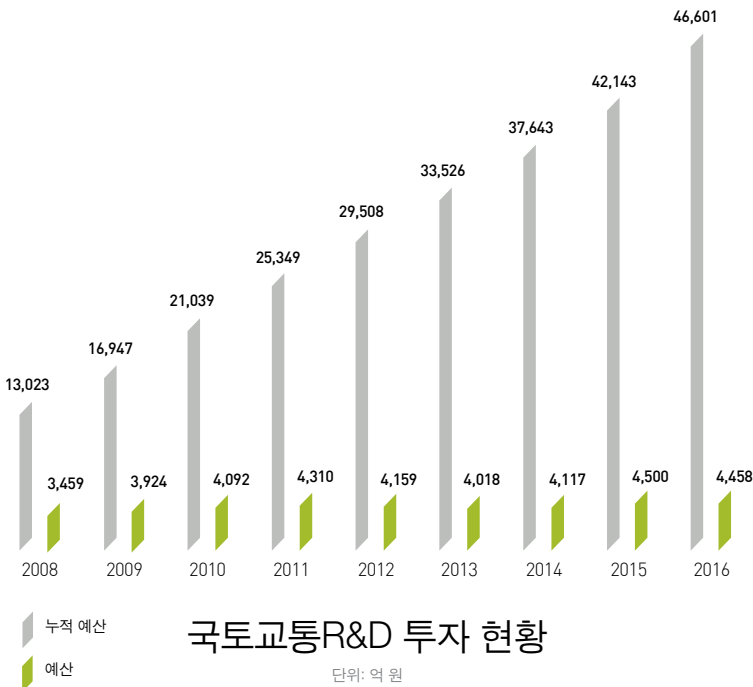
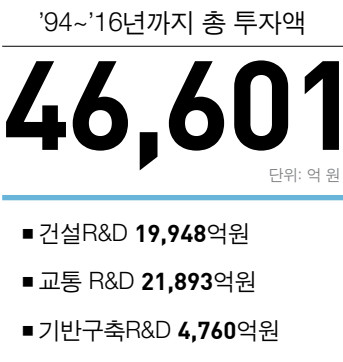
▲ 수재생 지하 저류조를 이용한 스마트 관수공급시스템 개발



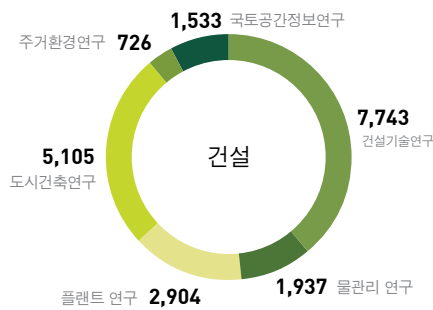
▲ 엔터프라이즈급 오픈소스 공간정보 SW 기술개발



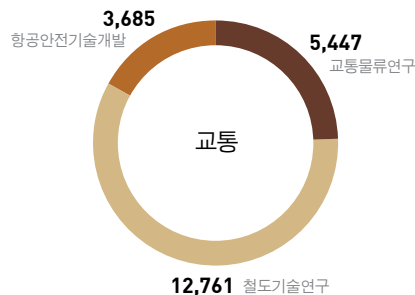
국토교통R&D 사업투자 현황



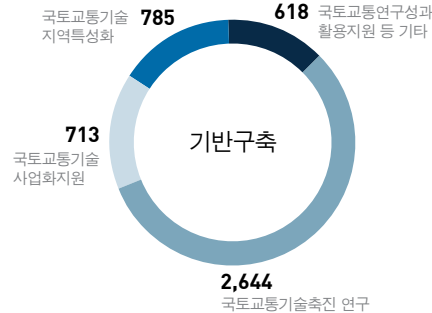
건설R&D 분야 단위: 억 원



교통R&D 분야 단위: 억 원



기반구축R&D 분야 단위: 억 원



국토교통R&D 사업별 투자 및 주요 성과 현황('10~'15)

	예산	3,142억원
	논문	1,022건
	특허출원 · 등록	1,113건
	기술실시계약	116건

	예산	1,873억원
	논문	388건
	특허출원 · 등록	365건
	기술실시계약	18건

	예산	382억원
	논문	143건
	특허출원 · 등록	83건
	기술실시계약	8건

	예산	2,930억원
	논문	383건
	특허출원 · 등록	927건
	기술실시계약	91건

	예산	2,532억원
	논문	108건
	특허출원 · 등록	136건
	기술실시계약	17건

	예산	458억원
	논문	49건
	특허출원 · 등록	200건
	기술실시계약	52건

	예산	1,359억원
	논문	636건
	특허출원 · 등록	325건
	기술실시계약	6건

	예산	2,715억원
	논문	1,179건
	특허출원 · 등록	960건
	기술실시계약	129건

	예산	676억원
	논문	186건
	특허출원 · 등록	181건
	기술실시계약	29건

	예산	6,658억원
	논문	309건
	특허출원 · 등록	890건
	기술실시계약	77건

	예산	1,739억원
	논문	656건
	특허출원 · 등록	733건
	기술실시계약	73건

	예산	425억원
	논문	330건
	특허출원 · 등록	197건
	기술실시계약	19건

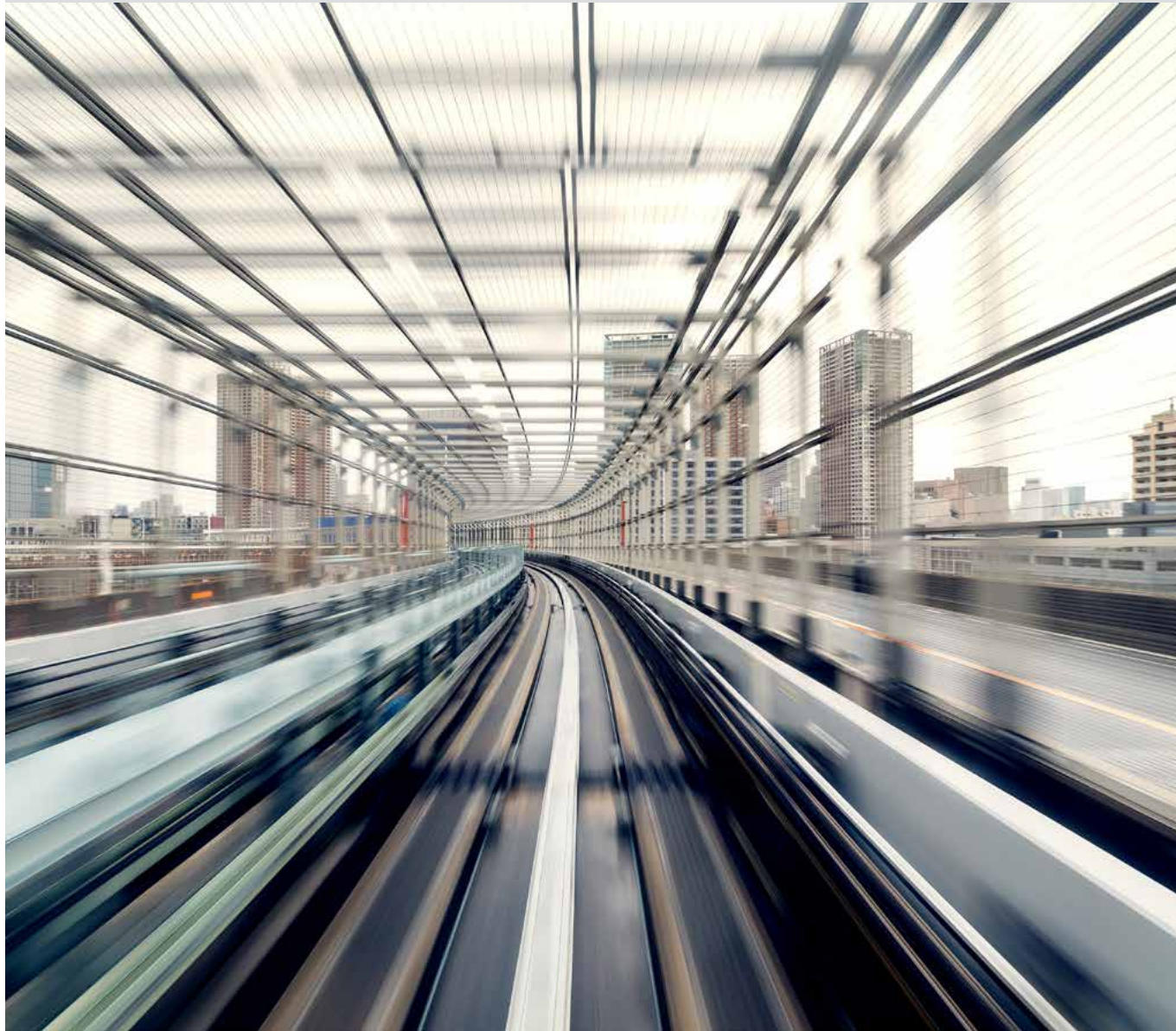
세계일류기술

W o r l d C l a s s R & D

- 400km/h 고속철도 인프라 핵심기술, 한계를 넘어 세계로
- 시간·비용 줄이고 경쟁력은 높은 초고층빌딩 골조공사
- 첨단재료와 핵심설계기술의 융·복합으로 탄생한 슈퍼 콘크리트
- 우리가 만들고 세계인이 이용할 유·무가선 하이브리드 저상트램
- 세계 최초의 블루댐 설치로 수재해 저감 및 수자원 확보

400km/h 고속철도 인프라 핵심기술, 한계를 넘어 세계로

! 친환경, 저비용, 안전운행을 위한 고속철도 인프라 핵심기술 개발로 세계 최고에 도전 !



2016 국토교통
R&D 우수
성과
선



연구책임자
소속기관
연구기간
전화번호

엄기영
한국철도기술연구원
2010.12 ~ 2015.3
031-460-5680

연구진

장강석 ((주)유니슨테크놀로지)
이용희 (한국철도시설공단)
조용현 (한국철도기술연구원)
이시빈 (한국철도공사)

“이제 고속철도 차량 뿐만 아니라 인프라 시스템에서도
진정한 400km/h급의 기술력을 확보하였다.”

우리나라 고속철도 발전사에서 400km/h급 고속철도 인프라 핵심기술 개발은 새로운 기술적 도약을 의미한다. 단순히 속도를 300km/h에서 400km/h로 증속시킨다는 의미가 아니라, 환경소음 저감기술, 전차선로시스템, 선로구축물 기술, 열차제어기술 등 인프라를 구성하는 다양한 세부기술들의 발전을 통해서 400km/h라는 속도를 구현할 수 있기 때문이다.

특히 본 연구는 호남고속철도 건설사업과 연계하여 400km/h급 Test-bed를 구축하였다. 이 과정에서 연구성과품의 성능검증을 완료했을 뿐만 아니라 400km/h급 전차선로시스템 등의 실용화를 통해 우리나라 고속철도의 속도경쟁력 향상에 획기적으로 기여하였다.

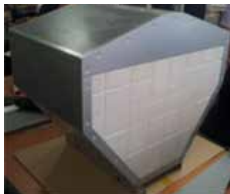
철도선진국으로 도약하기 위한 기술적 도전

최근 선진국들은 거대도시(Mega-city)간 유기적 연계와 시너지 창출을 위해 고속철도망 건설에 집중투자하고 있다. 일본은 신간선 2,387km 외에 1,173km를 추가 건설할 예정이며 중국은 1.7만km 고속철도망 건설에 3년간 360조원을 투자하기로 했다. 미국은 240km 이상의 11개 고속철도망 사업을 확정했고, 유럽은 5,764km의 고속철도망을 2020년까지 21,180km로 확충하겠다고 밝혔다.

우리나라는 2010년 전국을 KTX망으로 연결해 지역균형발전을 추구한다는 골자의 'KTX 고속철도망 구축전략'을 발표했으며, 2016년 6월에는 기존 철도교통의 경쟁력 강화를 위한 '제3차 국가철도망 구축계획'을 확정했다. 그러나 고속철도 차량기술은 나날이 발전하고 있지만 궤도·노반·교량·전차선 등 선로구축물을 포함한 인프라 기술개발은 부진한 실정이다. 고속철도 안전운행에 필요한 인프라 기술을 확보하게 된다면 철도 선진국으로 도약하는 전기를 마련하는 것은 물론 세계시장에서의 기술경쟁력을 확보할 수 있을 것이다.

400km/h급 인프라 핵심기술의 개발과 테스트베드 구축

고속철도의 속도향상을 위해서는 차량 개발뿐만 아니라 인프라시스템의 개발이 반드시 뒷받침되어야 한다. 열차가 안전하게 운행할 수 있는 선로구축물을 건설하고 고속철도 차량에 안정적인 전력공급을 가능하게 하는 전차선로시스템을 구축하는 등 인프라기술이 전제되어야만 진정한 고속철도 속도향상을 달성할 수 있다.



[방음벽 상단장치]



[슬라브 도상용 흡음블록]



연구단은 우리나라의 미래 고속철도 기술의 주도권을 확보하기 위해 2010년 12월 기술개발에 첫 발을 내딛은 후 3년여에 걸쳐 환경소음, 선로구축물, 전차선, 열차제어 등 크게 4가지 분야로 나누어 핵심기술을 개발하였다. 먼저 환경소음 분야에서는 환경소음 예측, 주파수 튜닝 등의 핵심원천기술을 개발하고, 이를 바탕



으로 실제 고속철도 노선에 설치 가능한 방음벽 상단장치와 슬라브 도상용 흡음블록을 개발하였다. 방음벽 상단장치는 250~400km/h의 고속열차가 내는 소음을 3dB 이상 낮출 수 있는 성능을 확보하였으며, 슬라브 도상용 흡음블록은 해외의 동등한 제품과 비교하여 생산비를 20% 이상 절감할 수 있는 기술력을 확보하였다.



[선로구축물 모니터링시스템]

선로구축물 분야에서는 350km/h 이상을 대상으로 속도민감 파라미터의 안정성 검토를 하고, 궤도, 노반, 교량 등 세부분야별로 계측 및 모니터링 시스템을 구축하였다. 호남고속철도 테스트베드 구축 이후에는 선로구축물 거동 모니터링 및 하중데이터 분석을 통해 400km/h급에 최적화된 설계기준을 개발하였다.



[전차선로시스템 핵심부품]

전차선로 분야에서는 속도가 증가함에 따라 이선율, 가선 진동(압상량), 집전계 소음 등이 증가하는 문제를 해결하기 위해 전차선로시스템 설계기술을 개발하였다.

또한 전차선로를 구성하는 전차선과 핵심부품 7종(조가선, 곡선당 김금구, 인류애자, 단말금구, 균압드로퍼, 장력조정

장치, 가동브래킷)을 개발하였다. 핵심부품은 400km/h급 속도에서도 안정적으로 전력을 공급하고 유지보수가 편리한 단순구조와 고내구성을 지닌 것으로 평가받고 있다.

마지막으로 열차제어 분야에서는 ETCS-L2를 구성하는 차상 및 지상 ATP 장치, 지상 인터페이스 시스템, 무선안전전송모듈 등의 핵심기술을 개발하고 실험실 성능시험을 진행하였다.

이렇게 각 기술분야별로 개발된 핵심기술은 2014년 호남고속철도 테스트베드 구간에 설치되었다. 테스트베드 구간은 TPS 분석과 국토부, 한국철도시설공단 등 관계기관 협의를 통해, 상행선(정읍→익산) 100k~128k와 하행선(공주→익산) 54k~82k 구간이 선정되었다. 그리고 2014년 4월에는 KTX-호남을 대상으로 60-170-270-300km/h를 대상으로 성능시험을 진행했으며, 2014년 11월 부터 2015년 2월까지 HEMU-430X를 대상으로 300~400km/h까지의 성능시험을 완료하였다. 이를 통해 핵심기술의 통합성능평가와 모니터링 및 DB구축 등이 진행되었다.

세계일류기술 | World Class R&D



[호남고속철도 400km/h급 테스트베드]

연구성과의 실용화를 통한 경제적 가치의 실현

본 연구는 국가R&D와 호남고속철도 건설사업을 긴밀히 연계하여 상호 시너지 효과를 냈다는 점에서 기존의 연구개발과 차별성을 갖는다. 국가R&D를 통해 호남고속철도 건설사업을 지원하고, 호남고속철도 건설사업의 협조를 받아 400km/h급 테스트베드가 구축될 수 있었다.

실제로 연구단은 환경소음, 전차선, 궤도노반 등 각 분야별로 구축된 계측시스템을 이용하여 KTX-호남의 증속시험을 지원했으며, 연구성과품인 전차선로시스템 56km(약 54억원)를 실용화하였다. 환경소음 예측모델은 상용화되어 현재 한국철도시설공단의 '환경영향평가'에 활용되고 있다.

이러한 기술적·경제적 성과를 통해 2014년 산업통상자원부로부터 '대한민국기술대상 우수상'을 수상했으며, 한국공학한림원이 선정하는 '2014년 한국을 빛낸 산업기술'로도 선정되는 등 가치를 인정받고 있다.

이제 고속철도 차량 뿐만 아니라 인프라 시스템에서도 진정한 400km/h급의 기술력을 확보하였다. 앞으로 기술력을 바탕으로 우리나라의 고속철도 기술이 세계 시장을 선도하고, 국가 경제 발전을 견인하는 그날을 기대해 본다.



400km/h급 고속철도 인프라 기술개발은 국내에서 처음 시도된 것으로, 해외에서도 유사사례를 찾을 수 없어 각 전문분야의 역량을 종합해야만 했다. 토목·환경·전기 등 국내의 각 분야 최고전문가 300여명이 연구에 참여했고, 이들이 원활하게 정보를 교류할 수 있도록 인터페이스 체계를 구축했다. 연구진들은 매달 공정회의에 참석해 의견을 교환했으며, 연구단 홈페이지 '리서치 커뮤니티'를 통해 정보를 공유했다.

테스트베드를 구축하는 작업 역시 만만치 않았다. 호남고속철도 건설일정에 맞춰 익산-정읍 간 테스트베드를 구축해야했기 때문에 바쁜 시간을 쪼개 관계기관과 의논하고 일정을 조율해야 했다. 그렇다보니 야간이나 일요일에 현장작업을 진행하는 경우가 다반사였고, 건설현장의 작업차와 시험운행중인 고속열차로부터 연구진의 안전을 확보해야하는 어려움이 있었다. 그러나 아무도 가지 않는 길을 간다는 것, 아무도 하지 않은 일을 한다는 자부심으로 계속 정진할 수 있었고, 특별한 사고없이 우수한 연구성과를 도출하게 된 것을 너무나 다행으로 생각하고 있다.

주요 연구 개발 성과

논문	· SCI 논문 게재 4건, 국내 논문 게재 37건, 미국전기전자학회(IEEE) 논문 1회
지식재산권	· 특허출원 23건, 특허등록 24건, 소프트웨어등록 14건
기술적용	· 400km/h급 전차선로 핵심부품 7종 기업체 기술이전 · 환경소음 저감기술 2종 기업체 기술이전
실용화	· 400km/h급 전차선로 핵심부품 7종 호남고속철도 테스트베드 56km 구간 상용화, 54억 원 · 환경소음 예측모델 한국철도시설공단 환경영향평가에서 철도소음예측에 활용 · 400km/h급 고속철도 설계기준 8건 한국철도시설공단 기준에 활용

시간·비용 줄이고 경쟁력은 높인 초고층빌딩 골조공사

14일에서 3일로 공기를 25% 줄여 경제성을 높인 가변형 테이블 폼 공법



연구책임자
소속기관
연구기간
전화번호

강경인
고려대학교
2009.4 ~ 2015.7
02-3290-4956

연구진

조훈희 (고려대학교)
김태훈 (조선대학교)
임현수 (고려대학교)



“본 공법을 통해 초고층 공사의 자동화공법을 선도하고
향후 세계시장에서 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 기대한다.”

세계 도심에 속속 들어서고 있는 초고층빌딩은 형태가 날로 복잡해지는 추세다. 건물이 복잡할수록 공사에 많은 시간과 비용이 투입된다. 본 연구를 통해 개발된 '가변형 테이블 폼 공법'은 기존 공사기간을 25% 단축하고, 거푸집 공사비용을 약 20% 이상 절감하는 것은 물론 스마트폰 기반 공사관리 시스템 적용으로 품질향상과 안전사고도 예방할 수 있어 세계시장에서 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 기대된다.

도시를 대표하는 랜드마크 초고층 건축물

최근 중동과 중국 등을 중심으로 초고층빌딩 건축경쟁이 가속화되고 있다. 초고층 건축물은 도시의 미관을 좌우하고 랜드마크(Landmark)로서의 상징성을 띄기 때문에 그 형태가 날로 복잡해지는 추세다. 형태가 정해지지 않은 비정형 건물일수록 거푸집 공사 시 추가 자재와 인력투입 등으로 많은 비용이 발생한다. 거푸집은 건물의 형태를 갖추기 위해 설치하는 구조물로, 건물의 모양에 영향을 많이 받는다. 거푸집 시스템의 선두업체인 독일의 P사와 D사는 초고층 공사의 생산성 향상을 위해 대형화 거푸집인 '테이블 폼'을 사용하고 있다. 테이블 폼은 생산성이 높은 반면 형태가 대개 사각형으로 고정되어 있어 모양이 맞지 않는 부분에는 거푸집을 매번 별도 제작해야하고, 중량의 테이블폼을 이동하기 위한 장비설치 및 운영비용 또한 만만치 않다. 이에 연구단은 비정형 형태의 초고층 거푸집 공사의 기간단축 및 비용절감을 위해 '고속시공 통합플랫폼 및 자가진단형 시스템거푸집 개발' 과제를 수행했고, 형태에 따라 변화가 가능한 가변형 테이블 폼 공법 개발에 성공했다.

핵심기술 확보로 가변형 테이블폼 공법 개발 성공

연구진은 가변형 테이블폼 공법 개발을 위해 핵심기술 연구에 돌입했다. 그 결과 가변형 테이블 폼, 테이블 폼을 인양하는 자동인양플랫폼, 테이블 폼의 해체시기를 관리하는 USN 기반의 거푸집 공사관리 시스템, 가변형

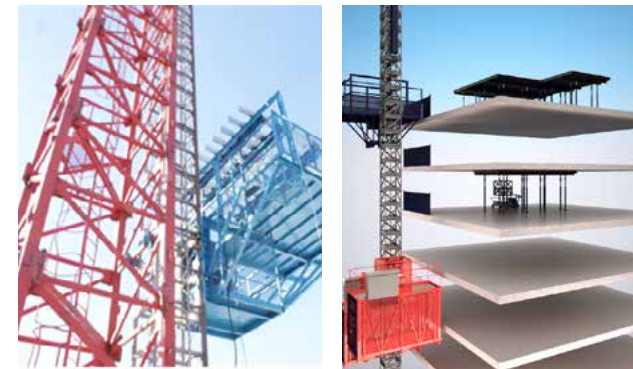


[가변형 테이블 폼 공법 핵심기술]

테이블 폼의 배치계획 수립 지원을 위한 바닥거푸집 최적배치 프로그램 등 4가지 핵심기술을 확보했다.

첫 번째 핵심기술인 '가변형 테이블 폼'은 도면에 맞춰 형태를 바꿀 수 있어 추가 작업을 최소화할 수 있고 층별 평면 변화에도 쉽게 대응할 수 있는 기술이다. 거푸집 공사 자재비의 24%를 절감하고 공사기간의 10%를 단축할 수 있다. 동등한 제품과 비교하여 생산비를 20% 이상 절감할 수 있는 기술력을 확보하였다.

두 번째 핵심기술인 '테이블 폼 자동인양플랫폼'은 타워크레인 없이도 리프트 마스트에 지지해 독립적으로 거푸집을 인양하는 장비다. 거푸집 설치시간을 30% 단축할 수 있고, 타워크레인 양중부하를 36% 줄일 수 있으며 기존의 호이스트 마스트를 지지대 삼아 테이블 폼 해체충과 설치충을 이동하기 때문에 추가비용이 들지 않아 해외시스템 대비 약 50%의 비용을 절감할 수 있다.



[테이블 폼 자동인양플랫폼]

세 번째 핵심기술은 'USN 기반 거푸집 공사관리 시스템'이다. USN(Ubiquitous Sensor Network)은 사물에 전자태그를 부착해 사물과 환경을 인식하고, 네트워크를 통해 실시간 정보를 구축·활용하는 통신망을 일컫는다. 연구단은 테이블 폼에 온도센서를 부착하여 콘크리트 강도를 추정해 해체시기를 측정했다. 직접 콘크리트 샘플을 깨지 않아도 온도센서가 콘크리트 강도를 추정해 결과를 작업자의 스마트폰으로 알려주기 때문에 품질향상 및 안전사고 예방효과가 있다. 실제로 본 시스템을 적용한 결과 시스템 구축 소요시간이 21% 줄었으며, 비용의 31%를 절감할 수 있었다.



[USN 기반 거푸집 공사관리 시스템]

'바닥거푸집 최적배치 프로그램'은 수리모형을 기반으로 거푸집 배치계획의 의사결정을 지원하는 프로그램이다. 거푸집과 평면의 크기, 형태 등을 모형으로 검토할 수 있기 때문에 배치계획수립에 소요되는 시간과 노력을 최소화할 수 있고 배치의 일관성은 물론 경험부족으로 인한 오류를 줄일 수 있다. 실제로 본 프로그램을 적용했을 시 거푸집 자재비의 6%가 절감됐으며, 거푸집 배치 소요시간은 54% 절약됐다.

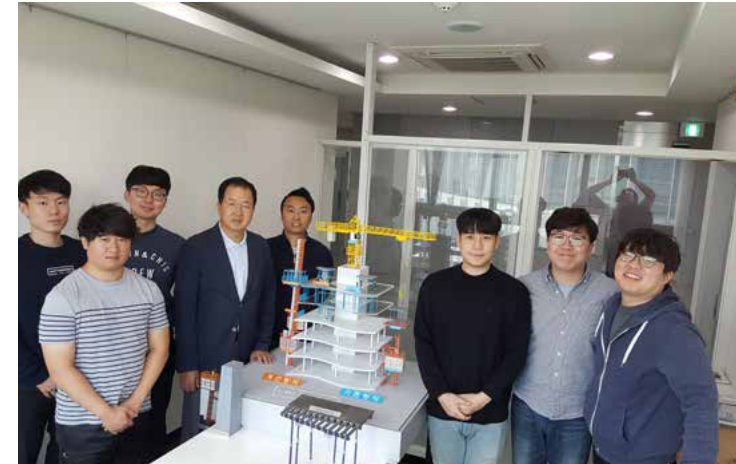


[바닥거푸집 최적배치 프로그램]

초고층 공사의 자동화공법을 선도하다

본 기술의 가장 큰 성과로 비정형 초고층건물 시공의 경제성 확보에 기여한 점을 들 수 있다. 한 층을 지을 때 4~5일 걸렸던 공사기간을 25% 단축해 3일로 줄인 것은 물론 약 20%의 공사비용 절감 효과를 거둔 것으로 나타났다. 센서 부착으로 테이블 폼 해체시기를 정확히 예측할 수 있어 콘크리트의 품질향상은 물론 안전사고를 예방하는 효과도 얻었다.

초고층 거푸집 기술의 국산화를 이룬 것도 대표성과 중 하나다. 그동안 국내 초고층 거푸집 공사에 필요한 자재와 장비는 대부분 경험 많은 해외업체에서 수입해 썼다. 그러나 본 기술을 확보한 덕분에 국내 자재 및 장비를 활용할 수 있게 되었고 외화 절감은 물론 국내 거푸집 업체의 활성화 및 관련 산업의 발전도 꾀할 수 있게 됐다. 초고층 공사의 자동화 공법을 이룬 것도 눈여겨 볼만하다. 자동시스템으로 테이블 폼을 이동·인양·설치·해체할 수 있는 본 공법을 통해 초고층 공사의 자동화공법을 선도하고 향후 국제시장에서 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 센서와 자동화장비를 융합한 본 공법을 통해 IT 및 USN, 금속기계 장비산업 등 새로운 기술 분야를 개척할 수 있을 것으로 보인다. 본 연구는 한국건축시공학회 최우수 학술상(2015.05) 및 우수학술상(2015.11), 한국건설관리학회 우수학술상(2015.10), 국가건축정책위원회 위원장 표창(2015.10) 등을 받으며 학문적 가치와 실용화 가능성을 모두 인정받았다.



2012년 4월 연구진들은 가변형 테이블 폼의 현장적용을 위해 직접 발로 뛰며 기술설명과 홍보에 매진했다. 그러나 많은 이들이 생소한 공법을 대형 프로젝트에 적용하는 것을 부담스러워했다. 각고의 노력 끝에 공동주택 현장에 본 공법을 적용할 기회를 얻었고, 프로토타입 유닛을 제작해 파일럿 테스트 계획을 수립한 후 현장으로 향했다. 하지만 현장에 도착해서야 현장치수가 도면과 다르다는 것을 알게 됐다. 현장관리자가 실수로 설계 전 도면을 우리에게 보낸 것이다.

모든 준비가 물거품이 될 아찔한 상황에서 우리는 가변형 테이블 폼의 가장 큰 장점이 형태 변화라는 점을 떠올렸다. 그 즉시 현장에 맞춰 테이블 폼을 변형·개조했고, 조립·설치·타설·해체 등을 순조롭게 진행하여 구조적 안정성과 현장 적용성을 인정받았다. 연구개발 과정을 통틀어 가장 위기의 순간이었지만 문제를 해결하면서 오히려 가변형 테이블 폼의 특성을 활용하고 변형 효과까지 확인할 수 있었던 잊지 못할 경험이었다.

주요 연구 개발 성과

논문	· SCI(E) 논문 게재 4건, 국내 논문 게재 7건
지식재산권	· 특허출원 9건, 특허등록 6건, 소프트웨어등록 3건
기술적용	· 기술이전을 통해 고려대학교 하나과학관 신축현장에 적용

첨단재료와 핵심설계기술의 융·복합으로 탄생한 슈퍼 콘크리트

! 초고강도, 고기능, 고품질의 슈퍼 콘크리트로 전세계 건설시장 선도 !



연구책임자
소속기관
연구기간
전화번호

김 병 석
한국건설기술연구원
2013.12 ~ 2018.12
031-910-0124

연구진

고경택(한국건설기술연구원)
최정욱(한국콘크리트학회)

“슈퍼 콘크리트의 고내구성·고강도를 통해 구조물 주요부재의 수명은 100% 증가, 구조물 중량은 30% 이상 줄어드는 것은 물론 공사비 10%, 탄소배출량 30% 이상을 절감할 수 있다.”

SOC(사회간접자본) 시설물이 주로 콘크리트로 건설되는 이유는 경제성 때문이다. 국내 콘크리트 교량의 평균수명은 선진국에 비해 상대적으로 짧다. 해외 건설시장에서 가격경쟁력을 갖추고 국가 예산을 절감하는 콘크리트 시설물 건설을 위해서는 혁신적인 콘크리트 재료개발과 구조 활용기술이 필요하다. 본 연구를 통해 개발된 슈퍼 콘크리트는 내구수명이 길고 압축강도가 매우 크며 비용도 상대적으로 저렴해, 국내는 물론 미국과 미얀마에도 기술이 적용되는 등 그 우수성을 인정받고 있다.



신성장 동력으로 부각되고 있는
초고성능 콘크리트

국내의 SOC 관련 국가예산은 점점 감소하는 반면, 동남아시아를 비롯한 개발도상국과 중동지역의 건설시장은 확대되는 추세다. 국내 건설업 침체를 타계하고 해외 수주를 늘리기 위해서는 세계시장을 선도할 경쟁력 있는 기술력을 갖추는 게 중요하다. 우리나라의 해외 건설수주는 2011년 591억 달러, 2012년 649억 달러, 2013년 652억 달러, 2014년 660억 달러, 2015년 461억 달러, 2016년 6월기준 152억달러로 전체적으로 성장하고 있지만, 그 내용을 보면 플랜트 분야에 80%가 편중되어 있고 순이익률도 저조한 실정이다. 국내 SOC 기술력은 선진국 대비 80% 수준¹⁾으로, 고부가가치 시장인 엔지니어링 분야에서의 세계시장 점유율은 2011년 기준 1.9%에 그친다. 초고성능 콘크리트(UHPC)²⁾는 이러한 건설업의 위기를 돌파할 '황금열쇠'로 불리는 기술이다. SOC 시설물의 품질과 기능, 수명에 대한 기대가 점점 커가는 지금, 프랑스·독일·일본·미국 등 선진국들은 UHPC 재료 및 구조물의 활용기술을 미래 성장동력으로 인식하고 국가 지원을 아끼지 않고 있다. 우리나라는 이미 UHPC 분야의 최고 수준 기술을 확보하고 있고 세계적으로도 유관기술들이 많이 활용되고 있지만 국제기준 정비는 미흡한 상태다. 첨단재료와 핵심 설계·제작·시공기술을 개발하고 글로벌 기준에 부합하는 국제 기준 작성을 주도한다면 UHPC 기술은 해외 건설 수주를 견인하는 신성장동력이 될 것이다.

1) 제1차 건설기술진흥기본계획 수정계획(국토교통부, 2009. 7)

2) UHPC (Ultra-High Performance Concrete) 초고강도(기존 콘크리트 압축강도의 4배), 고내구성(200년 수명), 고유동성(물처럼 흘러내림)의 특성을 지닌 초고강도콘크리트. 흔히 '슈퍼콘크리트'라 불림

슈퍼 콘크리트 제조기술 및 구조설계지침 개발,
국내 교량 현장 적용

본 연구단은 세계 최고의 콘크리트 구조물 건설기술 개발을 위해 먼저 UHPC를 포함하는 (초)고성능 콘크리트 제조기술과 재료모델 및 지침을 개발했다. 그 결과 제조비용의 20~50%를 절감하고 내구수명을 100% 증진시킨 압축강도 80~180MPa급의 성능맞춤형 슈퍼 콘크리트를 개발했다. 현재 슈퍼 콘크리트의 프로토타입 배합(SC80, SC100, SC120, SC120f, SC150f, SC180f)은 모두 완성되어 부재 제작에 활용되고 있으며, SC180f 등은 이미 현장에 적용되고 있다. 2015년 7월 강원도 춘천 레고랜드 진입교량에 본 기술을 적용하여 2017년에 완공 예정이며, 이는 세계 최초의 초고성능 콘크리트 도로 사장교로 기록될 것이다. 2015년 10월에는 미국 아이오와주 노후교량 교체사업 수주에 성공해 미국 최초로 한국기술을 적용한 교량 'Hawkeye UHPC Bridge'를 건설했다. 또한 같은 시기에 미얀마에서도 양곤~만달레이 구간의 고속도로 확장공사 구간에 슈퍼 콘크리트 기술을 적용한 교량을 건설했다.



[춘천 레고랜드 진입교량 UHPC 도로사장교 조감도]



[미국 아이오와주 뷰캐넌 카운터의
Hawkeye UHPC Bridge]

[미얀마 고속도로 상 교량]

현재 개발된 SC120f, SC150f, SC180f 구조설계지침은 일반 설계사와 시공사에서도 활용가능하다. 특히 SC180f 구조설계지침은 영문판으로 작성되어 미국 아이오와주 'Hawkeye UHPC Bridge'와 미얀마 고속도로 교량 건설에 적용되었다. 슈퍼 콘크리트 프로토타입 배합은 국·내외 제조비용의 50~80% 이하로 매우 경제적인 것이 특징이다. 일반 콘크리트를 사용한 경우에 비해 200~800m급 사장교에 SC80~SC100을 적용하면 상부구조 공사비의 최대 16%, 전체 공사비의 10% 내외를 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 150m급 프리캐스트 뿔력타워의 경우 SC80 적용 시 강재타워 대비 제작비의 최대 77%를, 부잔교는 SC100 적용 시 일반 콘크리트 대비 최대 18%, 건축 구조요소는 기존 대비 건설비용 약 10%를 절감할 수 있다. 현재 연구단은 1000m급 사장교 구조시스템의 개발과 경제성 향상, 현장적용 기술개발 등 슈퍼콘크리트 기술의 실용화 연구에 초점을 맞추어 연구를 수행중이다.

미국과 미얀마 수주 성공, 기술력 인정받아

본 연구를 통해 세계 최고 수준의 80~180 MPa급 콘크리트 재료 및 구조기술을 개발했으며, 이를 토대로 설계 · 시공 · 유지관리 · 사업관리 기술을 패키지로 해외 진출하는 모범사례를 만들고자 한다. 또한 춘천 레고랜드 진입교량 실적을 바탕으로 국내 건설사가 해외 장대교량 사업을 수주할 수 있도록 하고, 국제적인 가이드라인 작성을 통해 글로벌 리더의 지위를 확보하고자 한다. 슈퍼 콘크리트의 고내구성을 통해 구조물 주요 부재의 수명은 100% 증가, 구조물 중량을 30% 이상 줄이는 것은 물론 공사비의 10%, 탄소배출량의 30% 이상을 절감할 수 있다. 본 연구성과는 2015년 한국콘크리트학회에서 기술상을 수상했으며, “국제 교량 및 구조공학회(International Association for Bridge and Structural Engineering) ”국제학술대회와 “제1회 아시아콘크리트연합(ACF, Asian Concrete Federation)” 국제회의, "제1회 UHPC 재료 및 구조" 국제학술회의에 주요 연사로 초청되는 등 국내외에서 기술력을 인정받고 있고, 한강 교량(제2경부고속도로), DMZ 횡단 교량(평화의 다리) 등에 적용할 수 있는 기술이 개발되는 등 실용화가 확산되고 있다.



[DMZ 횡단 교량 (평화의 다리)]



기존 콘크리트보다 내구성과 작업성이 뛰어난 슈퍼 콘크리트 재료를 만드는 연구는 구조물에 대한 해석과 설계, 이것을 실현하는 제작 · 시공기술 개발도 포함해야만 한다. 늘 해오던 대로 재료개발, 구조 · 설계기술개발, 시공기술개발 순으로 연구를 진행하면 편할 수 있었지만, 이번에는 이 모두를 융 · 복합형으로 동시에 개발하는 전략을 택했다. 치열한 해외건설시장에서 기술경쟁력을 갖추기 위해서는 하루라도 빨리 기술개발을 해야 했고, 인력과 기간이 늘어나는 순차연구로는 해결할 수 없다고 판단했다. 그리고 기본적인 타당성 검토를 통해 가장 경쟁력 있는 시설물을 선정하고 시설물 맞춤형의 재료와 기술을 개발하는 “목적지향형연구(Object Oriented Research)”로 방향을 잡았다.

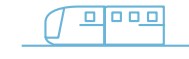
기본적으로 불확실성이 어느 정도 내재되어 있으므로 이를 보완하기 위해 연구기간 중에 필요시 계획을 수정해 나가는 “롤링 플랜”으로 진행했다. 이러한 전략 덕분에(?)에 원래 계획대로 비교적 빠른 시간 안에 필요한 기술개발에 성공할 수 있었지만 연구자들은 정말 고생이 많았다. 그래서 2015년 미국 아이오아주 뷰캐넌카운티의 노후교량 교체작업에 국내 슈퍼 콘크리트 기술을 적용하고, "Hawkeye UHPC Bridge" 준공소식이 NBC방송과 16개 신문사를 통해 미국 전역으로 널리 알려졌을 때 “한국기술로 미국에 건설한 최초의 교량”이라는 타이틀이 주는 감동이 매우 컸고 더 기억에 남는 것 같다.

주요 연구 개발 성과

논문	· SCI 논문 게재 7건, SCI(E) 논문 게재 6건, 일반학술지 논문 73건
지식재산권	· 특허출원 23건, 특허등록 16건, 소프트웨어등록 10건, 디자인등록 1건
시설·장비 구축	· 대형부재 또는 실제 구조물을 건설하기 위해 국 · 내외 현장 어디에서나 대량의 슈퍼 콘크리트를 효율적으로 제조하기 위한 이동식 제조 시스템 구축(90백만원) · 대형부재 또는 실제 구조물을 건설하기 위해 국 · 내외 현장 어디에서나 대량의 슈퍼 콘크리트를 효율적으로 제조하는 데 필요한 재료를 저장 · 공급하는 이동식 사일로 시스템 구축(60백만원)

우리가 만들고 세계인이 이용할 유·무가선 하이브리드 저상트램

| 1회 충전으로 30km이상 무가선 주행이 가능하고 역사가 필요없는 유·무가선 하이브리드 저상트램 |



연구책임자
소속기관
연구기간
전화번호

황현철
한국철도기술연구원
2013.9 ~ 2016.12
031-460-5747

연구진

이수형(한국철도기술연구원)
명묘희(도로교통공단)

“우리나라는 무가선 저상트램의 핵심기술인 배터리기술이
다른 나라보다 앞서있어, 세계시장을 선도할 수 있는
가능성이 매우 높다.”

고압전기선 없이 배터리로 주행가능하고 이산화탄소 배출이 적은 트램(Tram, 노면전차)이 도심 속 친환경 교통수단으로 떠오르고 있다. 현재 세계 각국의 무가선 저상트램 기술개발은 걸음마 단계로, 우수한 배터리기술력을 보유한 우리나라에게는 시장을 선점할 수 있는 절호의 기회다. 본 연구를 통해 1회 충전시 35km 주행가능한 세계최대 용량의 배터리를 탑재하고 외부 전력공급 없이 운행할 수 있는 트램이 개발되었으며, 교통약자를 배려한 저상 대차기술과 매립형 궤도시스템 등 다수의 핵심기술이 확보됐다. 우리나라가 무가선 저상트램 해외시장에서 기술우위를 선점하고, 친환경 녹색도시의 대표모델이 될 날이 머지않아 보인다.



도심지 교통체증·대기오염 극복할 차세대 교통수단 트램

20세기 교통수단을 대표해온 자동차가 대기오염과 교통체증의 주범으로 지목되면서 프랑스, 홍콩, 호주 등 세계 각국은 차세대 교통수단으로 트램을 적극 도입하고 있다. 트램은 도시 미관과의 조화, 자동차 이용 억제, 교통약자에 대한 배려, 이산화탄소 절감 등 도시가 직면한 난제들을 해결할 친환경 교통수단으로 손꼽힌다. 특히, 건설·운영비가 지하철의 1/8, 고가경전철의 1/3수준으로 경제적이어서 재정자립도가 취약한 지자체에서 도입하기에 알맞다. 현대식 무가선 저상트램은 기존의 경전철과 달리 별도의 전용주행로(고가·지하)와 역사건물을 갖추지 않아도 되므로 매우 경제적이다. 기존 도로에 레일을 설치하면 다른 차량과 동시에 운행할 수 있고, 출퇴근시간에 맞춰 차량을 추가투입하는 탄력운행이 가능하므로 인구밀도가 높은 도시에 매우 적합하다.

최근 우리나라에서도 무가선 저상트램을 도입하려는 움직임이 본격화되고 있다. 위례신도시와 대전에 트램 설치가 가시화되고 있고, 수원 역시 트램 도입을 적극 추진하고 있다. 경량전철 세계시장(연1.4조, 연6% 성장)에서 트램점유율은 80%로, 400여개 노선을 운영하고 있어 사업화 전망도 밝은 편이다. 현재 세계 무가선 저상 트램 기술은 연구초기 단계로 기술 선점도 가능한 상황이며, 특히 우리나라는 무가선 저상트램의 핵심기술인 배터리기술이 다른 나라보다 앞서있어, 세계시장을 선도할 수 있는 가능성이 매우 높다.

구 분		일본	프랑스	한국
기술수준	1회 충전 주행거리	· 30 km (1량 1편성, 27.4 톤)	· 1 km (5량 1편성, 40 톤)	· 35 km (5량 1편성, 43.1 톤)
	2차 전지시스템 용량	· 中 (72 KWh)	· 小 (약 27 KWh)	· 大 (196 KWh)
	저상화 수준 (레일상면에서 출입문 높이)	· 고상	· 100% 저상	· 100% 저상
장점		· 2차 전지 기술 高	· 有가선 저상트램 기술 高 · 기존 有가선 저상트램 시장 다수 진출 및 확보	· 고용량 2차 전지 기술 高 · 한국형 고속전철 등 철도 차량 개발 기술 보유 · 국내 지자체 수요 증가
약점		· 고상형의 구형 차량을 개조하여 개발	· 2차 전지 기술 低	· 연구개발이 늦어질 경우 선진국의 저상 트램이 국내 시장 독식 우려

1회 충전시 35km 주행가능한 세계최대 고용량 배터리팩 개발

무가선 저상트램을 실용화하기 위해서는 넘어야할 산이 많다. 차량시스템의 신뢰성 증명은 물론, 도심지 운행에 필요한 인프라와 신호·운영기술을 확보해야 하며, 최장시간 달릴 수 있는 대용량배터리도 개발해야 한다. 이를 위해 연구단은 2012년 4월 각종 시험평가를 수행할 시제차량을 제작했으며, 같은 해 11월 한국철도시설공단 오송차량기지 내에 시험선을 구축했다. 시제차량은 노약자, 어린이, 휠체어 및 유모차 승객의 탑승편의를 위해 출입문 높이를 35cm이하로 제작했으며, 세계 최대용량(162kwh) 리튬폴리머 배터리를 탑재해 1회 충전 시 25km를 주행할 수 있다. 트램을 도입하려는 지자체의 요구로 2012년 여수 Expo, 2013년 수원 세계생태교통 홍보관에 전시돼 큰 호응을 얻었고 러시아 철도청을 비롯한 국·내외 기관에서 1,000여명이 방문해 시승을 마쳤다.

연구를 통해 개발된 저상 트램은 배터리를 주동력으로 무가선과 유가선 모두 사용가능한 하이브리드 방식으로 운행한다. 배터리로 달리는 노면전차인만큼 대용량 에너지를 저장하는 핵심기술 확보가 중요해, 연구단은 배터리 성능향상을 위한 연구에 매진했다. 그 결과 2016년 배터리의 용량을 196kwh로 향상시켰으며, 1회 충전으로 35km 주행에 성공하면서 세계 최대 고용량 배터리 기록을 또 한 번 갱신했다.

대용량 배터리를 탑재한 시제차량은 2016년 말까지 총 6만Km 누적시험주행을 목표로 10월까지 5.5만km를 달성하였다. 연구단은 이 외에도 트램 인프라 실용화 기술개발을 통해 도심지 안전운전을 지원하는 통합연계 신호시스템 개발을 비롯해 급속시공이 가능하고, 소음 및 진동을 저감할 수 있는 매립형레도 등 도심지에서의 친환경적이고 효율적인 트램 운영을 위한 핵심기술 등을 확보했다.



[잔디 마감형]

[시험선 잔디/석재 연결 및 승강장]

[성능향상 배터리팩 시제품]

매립형 철도궤도시스템 핵심기술 보유로
기술경쟁력 갖취

본 연구성과는 이미 가시화되고 있다. 국내 최초로 철도차량의 초저상 대차기술을 확보했으며, 차량정비·주행안전 기술개발 등의 가이드라인을 마련해 무가선 저상트램을 안전한 대중교통으로 정착시키기 위한 준비를 마쳤다. 매립형 철도궤도시스템을 독자개발한 것도 큰 성과 중 하나다. 돌출된 철도궤도를 도로와 일체형으로 매립해 통행편의성을 제공하는 ‘연속패드(PURailstrip)’, ‘레이고정수지(Polycork)’의 핵심기술을 확보하여 향후 국내 트램노선의 건설이 국내기술로 가능하게 되었다. 이를 통해 45조원 규모로 성장하고 있는 국내 경량전철 시장의 수요에 적극 대응할 수 있게 된 것은 물론 신성장동력으로서의 가치를 인정받는 계기를 마련하게 됐다. 실제로 2014년 8월 국내 처음으로 트램 선진국인 터키와 유가선 저상트램 수주계약을 체결했으며, 독일의 지멘스, 프랑스 알스톰, 캐나다의 봄바디어가 장악하고 있는 세계 철도시장의 10위권에 당당히 진입하게 됐다.

도심지 안전운전을 위한 신호체계 및
법적 근거 마련

대중에게 생소한 트램이 대중교통수단으로 성공적으로 자리잡기 위해서는 도로주행 특성으로 우려되는 안전과 표정속도 확보가 절대적이다. 표정속도 향상을 위한 우선신호와 안전을 위한 도로교통연계 신호연동제어, 주행안전을 위한 안전운전지원을 구현한 트램신호시스템이 개발완료되었으며 오송시험선에서 ‘16년말 성능 검증이 완료된다. 트램이 도로를 주행하기 위해 트램과 관련된 도시철도법, 철도안전법, 도로교통법 개정안을 마련하였으며 담당 부처와의 협의를 통해 ‘16년말 제도를 기대하고 있고, ‘18년에 착공을 예정하고 있는 지자체의 트램 사업 추진을 위한 법적 제도도 마련될 예정이다.

무가선 저상트램의 실용화로 공사비 절감 및 경제성, 유지보수성 향상의 성과를 거뒀으며 도시 이미지 개선, 승객편의성 확보 등 운영효율성은 물론 대용량 2차전지 기술 등 관련산업의 활성화를 꾀할 수 있게 됐다. 본 연구성과는 국내외의 인정을 받아 ‘UIC(International Union of Railways) Innovation Awards 2014’ 수상, 2013년 한국기계기술단체총연합회가 선정한 ‘올해의 10대 기계기술’, 한국공학한림원이 선정한 ‘2020년 대한민국산업을 이끌 미래 100대 기술’, ‘2016년 국가연구개발 우수성과’로 뽑힌 바 있다.



제작완료된 무가선 저상트램은 세계에서 3번째로 개발된 무·유가선 하이브리드 트램으로, 대용량 2차전지를 적용해 트램 시장에서 요구하는 장거리 무가선 주행을 달성한 데 의의가 있다. 본 기술은 세계적으로 인정받는 국내 배터리 기술과 철도차량 기술을 통합한 시스템 인터페이스의 체계적인 결과물로, 현재 세계 여러나라에서 트램 운영노선이 없는 한국에서 개발한 성능좋은 무가선 트램에 주목하고 있다.

트램의 주 제작사이자 KTX-1 공급사인 프랑스 알스톰社에서 협력을 제안한 것에 이어 2015년 한 해에만 터키, 온두라스, 네팔, 탄자니아, 파라과이 등 해외 철도관계자들을 포함한 지자체, 철도유관기관 등 72개 기관 1,000여명이 국내 무가선 시험선 기지를 방문했다. 우리가 만들고 세계인이 이용할 무가선 저상트램이 철도강국 대한민국의 성장동력이 되는 그 날을 기다리며, 오늘날 연구실의 불은 꺼지지 않을 것 같다.

주요 연구 개발 성과

논문	· 국내 논문 게재 9건, 국외 논문 게재 1건
지식재산권	· 특허출원(국내 25건, 국외 2건), 특허등록 6건, 소프트웨어등록 8건
기술적용	· 무가선 트램용 대용량 배터리팩 설계 기술 기업체에 기술이전하여 64백만원 매출기록
상용화	· 터키 이즈미르시에 저상트램 차량 38편성(유가선방식, 5량1편성) 및 예비품 ‘17년 3월 납품완료예정 · 터키 안탈리아시에 저상트램 차량 18편성(유가선방식, 5량1편성) 납품해 초도품 ‘16년 안탈리아 엑스포에서 운행 및 ‘17년 납품완료 예정
기술료	471백만원(‘17년 6월 납부예정)

세계 최초의 블루댐 설치로 수재해 저감 및 수자원 확보

| 유역특성을 고려한 구조적 하천수량 확보로 수자원의 활용효과 극대화 |



2016 국토교통
R&D 우수
성과
선



연구책임자
소속기관
연구기간
전화번호

추태호
부산대학교
2012.6 ~ 2017.6
051-510-7643

연구진

윤관선, 권용빈, 심수용,
안시형, 양다운, 박상진
(이상 부산대학교)

“블루댐은 수질 오염총량제 등의 각종 환경규제를 극복할 수 있는
가장 확실한 대안으로 거론되고 있으며 지역경제
활성화에도 크게 기여할 것으로 기대된다.”

물 산업이 21세기를 선도할 ‘블루골드(Blue Gold)’ 산업으로 부각하고 있다. 극심한 기상변화와 인구증가, 산업발달로 인해 물의 수요가 증가하면서 세계 각국은 지속적이고 안정적인 수자원관리체계 구축에 힘쓰고 있다. 수자원을 확보하는 가장 좋은 방법은 댐을 설치하는 것이나 적지 감소, 환경·문화재 훼손 등의 문제로 패러다임의 전환이 요구되고 있다. 본 연구를 통해 제안된 블루댐은 기존 댐의 하도에 설치하기 때문에 건설비가 저렴하고 환경훼손 우려가 적다. 또한, 홍수기에 방류된 물을 저장하고 홍수저감 효과까지 거둘 수 있어 신개념 수자원 확보방법으로 주목받고 있다.



물 문제 해결할
신개념 수자원 관리기술 필요

전 세계가 홍수, 가뭄 등의 물 문제로 홍역을 치르고 있다. 최근 유엔 기후변화정부간협의체(IPCC)는 이러한 이상기후현상이 지속될 것이라고 발표했다. 미국, 유럽 등의 선진국들은 일찍이 수자원 관리기술의 중요성을 알고 막대한 연구개발비를 투자해왔다. 우리나라도 최근 가뭄과 홍수, 이례적 지진을 번갈아 겪으며 수자원 확보 및 관리의 중요성을 절감하고 있는 중이다.

수자원을 확보하는 방법은 댐, 저수지, 지하댐, 강변여과수, 오프라인 댐 등을 이용한 구조적 방법과 하수처리수 재이용, 댐 혹은 저수지 사이의 연계운영, 운영률 향상 등 비구조적인 방법으로 나눌 수 있다. 그중 수자원을 확보하는 가장 적극적이고 효과적인 방법은 댐 건설이다. 그러나 적지 감소, 환경 및 문화재 훼손 문제, 지역 주민의 반대, 대형 토목사업에 대한 부정적인 여론 등으로 신규 댐건설 추진은 쉽지 않은 실정이다.

우리나라의 연평균 강수량(1,245mm)은 세계 평균(880mm)보다 1.4배 많지만, 높은 인구밀도 때문에 1인당 연평균 사용 가능량(2,591m³)은 세계평균(19,635m³)의 13%에 불과하다. 또한 강우의 60% 이상이 여름철에 발생하고 특정지역에 집중되는 등 수자원 관리에 매우 불리한 조건을 갖고 있다. 이런 지리·문화적인 조건을 가진 나라 일수록 하드웨어적인 대책과 함께 주민 동의가 바탕이 된 친환경적인 수자원 개발을 진행해야 한다.

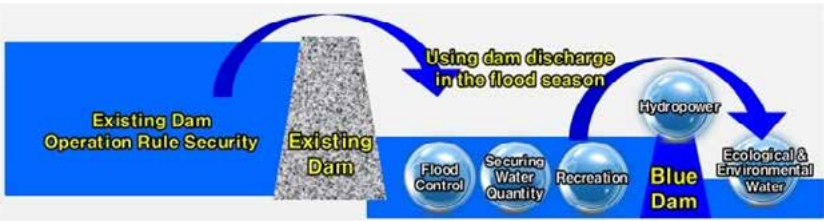
세계최초 블루댐 개념 도입해
수자원 확보기술 개발

그동안 우리나라의 수자원 관련 연구는 댐 운영률 조정, 보와 댐 연계운영, SWG(Smart Water Grid)¹⁾, LID(Low Impact Development)²⁾ 등 주어진 조건에서 최대한 물을 확보하는 것이 목표였다. 반면 선진국은 한정된 수자원의 효율적 활용을 목표로 저수지 운영률을 결정하기 위한 최적화연구 및 댐과 보의 연계운영률 개발에 관한 연구를 주로 수행했다. 본 연구단은 하천유역의 특성을 고려한 구조적 수자원 확보기술 개발을 목표로 세계 최초로 블루댐 개념을 도입했으며, 댐 설치 및 평가기법 요소기술 개발을 위한 연구에 매진했다. 연구단은 저수지 모형 (HEC-ResSim:reservoir system simulation) 프로그램을 통해 블루댐의 효과를 검증하고 평가기법을 개발했다. 이를 위해 경북 금호강 유역의 영천댐과 밀양강 유역의 밀양댐을 연구대상으로 정한 후, GIS분석, 인공위성 사진, 현장 답사, 수치지형도 등을 바탕으로 지형적인 요소를 파악했고 영천댐 및 밀양강에서 하천으로 방류되는 하류방류량을 산정해 무의미하게 방류되는 잉여물량을 파악했다. 이러한 정보를 모두 모형에 적용한 후, 마침내 영천댐 하류에 블루댐을 가상 설치했다. 연구단은 두 댐에서 공급하는 생

1)
SWG(Smart Water Grid)
기존 수자원 관리 시스템의
한계를 극복하기 위해 첨단
정보통신 기술을 이용해
실시간 물 수요와 공급량을
관리하는 고효율 차세대 물
관리 인프라 시스템

2)
LID(Low Impact
Development)
저영향개발기법. 강우 유출
발생지에서부터 침투·저류
등 개발로 인한 수생태계
변화를 최소화해 개발 이전
의 상태에 최대한 가깝게 만
들기 위한 토지이용계획 및
도시개발 기법

공용수, 관개용수, 하천유지용수를 만족시키면서 추가로 생태환경을 고려하여 하류하천의 유황을 개선시키기 위한 추가
용수의 공급가능 여부도 평가했다.



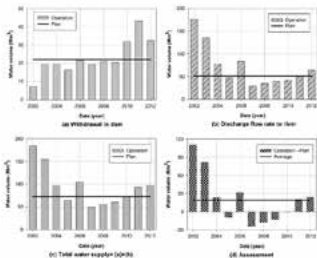
[블루댐의 5가지 순기능]

블루댐 설치 평가기법

1 단계	2 단계	3 단계
IPET Installation Possibility Evaluation Technique	CLDT Capacity and Location Determination Technique	VT Verification Technique
과거 댐 운영실적 자료 중 홍수기에 본 댐의 용량을 초과하여 무의미하게 하류로 방류되는 물량을 산정	GIS 분석, 인공위성 사진 혹은 현장답사, 수치지형도를 분석하고 지형적인 요소와 사회문화적으로 문제 발생 제기가 가장 적은 가능성을 지닌 지역을 우선적으로 지정	댐 제원, 월별 댐방류량, 용수공급량 및 일별 댐유입량을 저수지운영 모의수행
홍수기에 방류되는 물량이 크면 클수록 이는 직하류 블루댐의 설치가 가능함을 판단할 수 있는 근거가 될 수 있음	댐의 확률방류량과 블루댐 대상지의 준설량을 고려하여 블루댐의 용량을 정량적으로 산정	댐 하류에 온라인으로 블루댐을 가상으로 설치한 후 본댐에서 기존에 공급하였던 생공용수, 관개용수, 하천유지용수를 만족시키면서 추가로 블루댐의 5가지 목표 기능의 수행여부 평가



[블루댐 적용 지역]



[블루댐 설치 가능성 평가]

각종 환경규제 극복하고 생태안전성에 일조해

본 연구에서 처음 제안된 블루댐은 기존의 조정지댐에서 아이디어를 가져왔으나 개념은 정반대다. 조정지댐은 이수기간 동안 물을 가두어놓았다가 전력공급이 필요한 상황이 발생했을 때 24시간에 걸쳐 하류로 균등하게 방류하는 역할만을 수행한다. 그러나 블루댐은 취수기간(홍수기) 동안 무의미하게 하류로 방류되었던 수량을 거둬들여 홍수지감 효과는 물론 유역 내 수자원 확보를 위한 물그릇을 제공하는 것이 특징이다. 또한 단순한 하천유지유량(다양한 자연자원 보호와 보전을 위해 하천에 남아야 하는 물)의 개념을 넘어 생태환경 보존유량을 하류로 균일하게 방류하여 냉해피해를 방지하고 생태계 안정성에 일조한다. 뿐만 아니라 자체 발전을 통한 전력수급 및 담수된 물을 지역 레크리에이션에 활용하는 등 많은 순기능을 갖고 있다.

블루댐의 경제사회적 파급효과 또한 주목할 만한 내용이다. 자체 발전을 통한 전력수급이 가능하고 담수된 물을 지역에 활용할 수 있을 뿐만 아니라, 기존의 본댐에 건설되어 있는 하도를 그대로 활용하기 때문에 건설비가 저렴하고 공사기간이 빠르다는 장점이 있다. 신규댐 건설 시 환경이나 문화재 훼손 등의 이유로 환경단체나 지역주민들의 반대가 많으나 블루댐은 기존에 건설되어 있는 본댐의 하류에 설치되므로 환경·문화재 훼손 우려가 적어 부정적 여론형성이 적다. 그래서 수질 오염총량제 등의 각종 환경규제를 극복할 수 있는 가장 확실한 대안으로 거론되고 있으며 지역경제 활성화에도 크게 기여할 것으로 기대된다. 연구진은 이러한 연구성과를 “‘블루’ 개념에 의한 수자원 확보방안”이라는 논문으로 발표했고, 이 논문은 2014년 11월 산학기술학회 춘계학술대회에서 우수논문상을 받아 그 우수성을 인정받기도 했다.



블루댐은 21세기에 대두되고 있는 깨끗한 물과 친환경 이미지를 나타내는 ‘블루’와 수자원확보의 대표적 시설인 ‘댐’을 조합한 용어이다. 대형토목구조물인 댐이 갖고 있는 딱딱한 이미지에 청정에너지와 친환경을 상징하는 블루를 결합해 긍정적이고 친근한 이미지를 만들고자 했던 연구진의 오랜 고심끝에 나온 신조어였다.

연구과정은 처음부터 순조롭지 않았다. 많은 전문가들이 블루댐을 기존의 조정지댐으로만 인식하고 있어 블루댐의 개념을 알리고 이해시키는데 많은 어려움이 있었다. 연구단은 이를 극복하기 위해 SCI논문에 도전했고, 결국 SCI논문등재에 성공하고 특허도 출원했다. 학계를 시작으로 마침내 ‘블루댐’이라는 개념이 새로운 구조적 수량확보 구조물로 인식되기 시작한 것이다. 물론 블루댐의 본격적인 실용화까지 세부적인 추가 연구가 필요하지만 앞으로 관련된 요소기술들을 다듬고, 세부연구를 통하여 상용화 기술들을 제안할 수 있을 것으로 판단된다. 우리 연구진은 블루댐이 한정된 수자원 확보를 위한 확실한 대안이라는 믿음과 수자원의 효율적 활용이 국가의 미래를 좌우한다는 신념으로 연구에 매진하고 있으며, 블루댐이 상용화되는 그 날까지 최선을 다할 것을 다짐해본다.

주요 연구 개발 성과

논문 · SCI 논문 게재 1건, 국내 논문 게재 9건

핵심기술자립화

C o r e R & D

- 물류자동화기술 선진화로 스마트 물류 실현
- 차로구분 정밀위치 서비스, 미래 교통산업을 주도한다
- 신재생에너지를 향한 도전, 신소재 해상풍력타워 기술개발
- 더욱 신속하고 안전한 고속자동 적재/반출장비 개발로 물류선진국 도약
- 우리가 만든 명품 열교환기로, LNG 플랜트 세계시장에 도전



물류자동화기술 선진화로 스마트 물류 실현

! 경량화물 취급에 편의성을 제공하기 위한 물류 자동화 장비 및 소프트웨어 개발 !



연구책임자
소 속 기 관
연 구 기 간
전 화 번 호

장 윤 석
한국항공대학교
2013.05 ~ 2016.10
02-300-0371

연 구 진

정성채(신흥기계)
이기중(일양엔지니어링)
이준제(제팩)
우승순(솔트웍스)
송병윤(CJ대한통운)
박기환(스타츠칩팩코리아)

“경량화물 취급업체를 대상으로 테스트베드를 구축하여
실제 유통·물류창고에서의 실용화 테스트 및 성능검증 등
현장적용을 수행할 예정이다.”

전자상거래 발달로 다품종 소량화물이 증가함에 따라 물류를 신속하게 처리하는 기술개발의 요구가 커지고 있다. 또한 무인점포와 매장·창고를 통합한 신개념 유통매장이 유럽과 미국에서 보급되면서 화물반출이 용이한 스마트 물류장비에 대한 수요가 점점 늘고 있다. 경량화물용 물류자동화장비 기술을 확보하고 운영 소프트웨어를 개발한 본 연구 성과를 토대로 국산기술이 해외 물류시장을 선점하는 것은 물론 물류 자동화기술 선진국으로 도약하는 전기가 마련될 것으로 기대한다.



다품종 소량화물 처리하는
첨단물류장비 수요 증가

‘스마트 물류’가 신성장동력으로 떠오르고 있다. 스마트 물류란 물류산업과 정보통신기술(ICT)이 융합된 것으로 전자상거래 발달, 해외직구족 등장, 한·중 자유무역협정(FTA) 확대 등으로 급부상하고 있다. 특히 최근에는 유통과 물류가 융합하면서 다품종·소량·다빈도에 신속함을 더한 서비스가 물류산업의 중요한 축으로 떠오르고 있다. 또한 물동량의 급격한 증가와 인건비 상승으로 인해 물류작업의 효율을 향상시키기 위한 자동 피킹 시스템, 자동 반출입 시스템 등 첨단 물류장비에 대한 수요가 덩달아 증가하고 있다. 외국에서는 차별화된 기능을 갖춘 물류 자동화장비 기술개발이 이뤄지고 있으며, 장비 성능에 초점이 맞춰졌던 과거와 달리 작업환경을 고려한 인체공학적 기술개발이 활발히 진행되고 있다. 국내의 경우 AGV(무인운반차), 지게차 등에 대한 기술개발은 활발한 반면 노동집약적 작업인 피킹에 대한 자동화장비 기술개발은 전무한 실정이다.

우리나라의 물류시장은 가공 및 환적 비중이 높고 열악한 작업환경으로 인해 종사자가 줄어들면서 무역산업 뿐만 아니라 제조산업에도 악영향을 초래하고 있다. 이를 극복하고 기존의 물류 물동량을 원활히 처리하기 위해서는 자동화된 작업설비 구축을 위한 기술개발이 선행되어야 한다.

구 분	국외 기술수준	국내 기술수준(연구산출물)
고속자동 피킹시스템	작업처리량 · 단일화물 : 1800 order/hr · 복합화물 : 1200 order/hr	작업처리량 · 단일화물 : 1800 order/hr · 복합화물 : 1200 order/hr 복층 적재형태, 연속 필링구조 개발 · 작업안정성 확보(채널 변환, 토출 안정화) · 작업 신속성 확보
고속자동화물 반출입시스템	수평이송부 속도 및 가속도 · 속도 : 4m/s · 가속도 : 2m/s ² 적재중량 · 최대적재중량 : 50kg	수평이송부 속도 및 가속도 · 속도 : 3m/s · 가속도 : 2m/s ² 적재중량 · 최대적재중량 : 35kg Mobile Device를 이용한 장비 제어 기술 개발
유연제함기	제함속도 · 최대 : 30 ea/min · 운영 시 : 8-10 ea/min 박스 규격 변경방식 : 수동	제함속도 · 최대 : 25 ea/min(규격변환가능) · 운영 시 : 8-10 ea/min 박스 규격 변경방식 : 자동 · 3가지 규격의 박스 자동 제함 가능

경량화물용 물류장비 기술개발로
작업 효율성 개선 개선

본 연구는 경량화물용 물류장비 기술개발을 통해 물류작업의 효율을 높이는 것을 목표로 총 4개의 물류자동화장비 및 운영 소프트웨어가 개발됐다. ‘고속자동피킹시스템(APS: Automatic Picking System)’은 A자 형태의 프레임 채널에 화물을 적재, 보관했다가 고객주문에 따라 자동으로 토출(피킹)하고 분류하는 시스템이다. 복층 화물 적재부, 고속 토출기, 2단 필링장치 개발을 통해 작업의 신속성과 유연성을 확보했다.



‘고속자동화물반출입시스템(GDS: Goods to Destination System)’은 화물을 전용 용기에 적재하여 수평이송체인 서틀로 랙에 보관하였다가 오더에 맞춰 출고하는 복합 자동화 물류 장비이다. 고속 서틀, 리프터, 보관 랙, 피킹스테이션으로 구성되어 있으며, 물류창고의 보관 작업부터 출고 작업까지 자동화장비를 통해 한 번에 처리할 수 있다. 보관 작업을 자동화하여 작업자에게 주문에 따른 개별상품의 하역정보를 정확하고 신속하게 전달할 수 있으며, 기존의 자동화 랙 시스템에 비해 높은 처리량과 확장 용이성, 낮은 구축비용이 장점이라고 할 수 있다. 시스템 운영 소프트웨어인 ‘스마트 운영시스템’을 통해 신속한 물동량 처리 및 효율적인 물류 장비 운영도 가능하다. 본 연구의 2차년 개발 기술인 ‘언더피크 방식의 서틀 및 관련시스템’은 반도체를 취급하는 S社에 판매되었으며 2015년 11월부터 상용화되어 기업 매출 12여억 원 발생에 일조했다.

‘유연제함기(Flexible Case Erector)’는 제품 외포장에 사용되는 박스 용기 제함 작업을 자동화하고 박스 규격 변화에 유연하게 대응할 수 있는 장비이다. 유연제함기는 박스 공급부, 박스 이송부, 박스 제함부로 구성되어 있으며, 다양한 크기의 박스를 신속하게 처리할 수 있는 것이 특징이다. 각 모듈별 세팅 규격 변환 시간은 10초 전후로, 일반적인 제함 장비의 세팅 규격 변환 시간이 5분에서 10분인 것을 감안했을 때 작업 속도에 큰 차이가 생기는 것을 알 수 있다. 또한 유연제함기는 고객의 요구에 따라 커스터마이징이 가능한 장비로, 현재 현작적용이 진행 중인 C社의 경우 기존의 3가지 크기의 박스가 아닌 4가지 크기 박스를 처리할 수 있게 설치되었다.

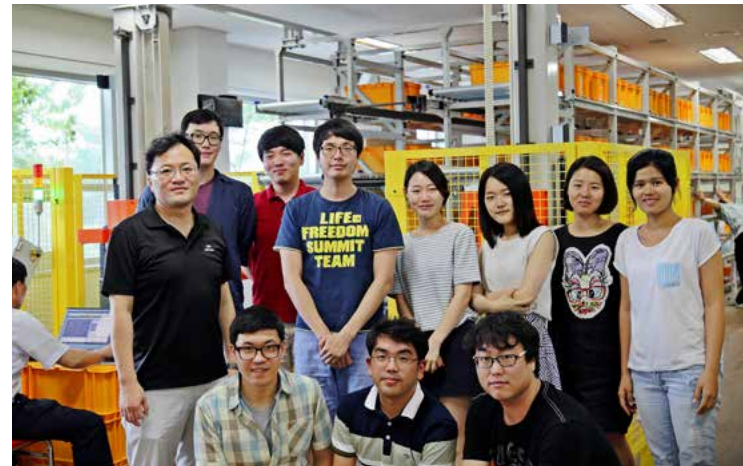
핵심기술자립화 | Core R&D

‘SMART Mach service’는 물류 자동화 장비의 재고, 고장여부 등을 실시간으로 제어하는 통합소프트웨어다. 장비를 제어하고 운영하는 Smart WCS(Warehouse Control System)와 고도화된 유지보수 서비스를 제공하는 SMART Maintenance System으로 구성되어있다. Smart WCS는 물류 현장에 설치된 자동화 장비를 효과적으로 운영하고 관리하기 위한 소프트웨어로 기존 ECS(Equipment Control System)를 개선하여 상세한 장비 모니터링 및 능동적 유지보수 서비스를 제공하는 것이 특징이다. SMART Maintenance System은 고도화된 성능 모니터링 서비스, 능동적 유지보수 서비스 등을 클라우드 기반으로 제공하는 신개념 응용 어플리케이션이다.

국내최초 GDS 장비개발로 물류자동화 국가경쟁력 제고

본 연구의 대표성과는 국내 최초로 GDS장비를 개발해 물류자동화 시장에서 국가경쟁력을 끌어올렸다는 점이다. 또한 물류화물 프로세스를 간소화해 물류비를 절감한 한편 물류 자동화장비를 보존하는 소프트웨어 기술개발을 통해 장비의 유지보수 비용을 절감한 것도 큰 성과 중 하나다. 특히 물류자동화장비 유지보수시스템 개발은 관련 산업의 경제성을 제고하고 시장을 활성화시켰다는 점에서 큰 성과가 있다. 학술적 측면에서는 서들의 스케줄링 및 제어기술, 작업자의 작업환경을 고려한 IoT기술기반의 피킹스테이션 기술개발을 통해 기술 및 학술발전에 긍정적인 영향력을 미쳤다.

연구팀은 개발 장비를 2015년 개최된 ‘제5회 국제물류기기전’에 전시해 해외 바이어들의 주목을 받았으며, 2016년 6월에는 독일에서 개최된 ‘하노버국제물류운송박람회’에 참가해 물류장비들을 원격제어하는 시연행사를 진행했다. 또한 장비 유지보수 관련 세계적 연구기관이자 미국 NSF 지정 Intelligent Maintenance Center인 신시내티 대학교(University of Cincinnati)와 협력연구를 진행했으며, 2015년 9월부터는 독일의 디자인전문기업과 상용화를 위한 공동연구를 수행 중이다. 연구팀은 앞으로 경량화물 취급업체를 대상으로 테스트베드를 구축하여 실제 유통·물류창고에서의 실용화 테스트 및 성능검증 등 현장적용을 수행할 예정이다.



선행기술을 습득하고 새로운 아이디어를 도출하기 위해 연구진은 다양한 국제전시회를 견학하고 국내 전시회도 참가하였다. 그리고 최종 연구 성과물 홍보를 위해 세계적인 물류전시회인 ‘하노버국제물류운송박람회(CeMAT 2016)’에 참가하기로 결정했다. 전시회 대비 TFT(Task Force Team)를 구성하여 효율적인 전시방안을 모색하던 중, TFT는 본 연구과제의 키워드인 ‘스마트 기술’을 구현하는 것을 목표로 독일에서 모바일로 장비에 명령을 내리면 한국에 있는 장비가 이를 처리하는 영상 시나리오를 구성했다.

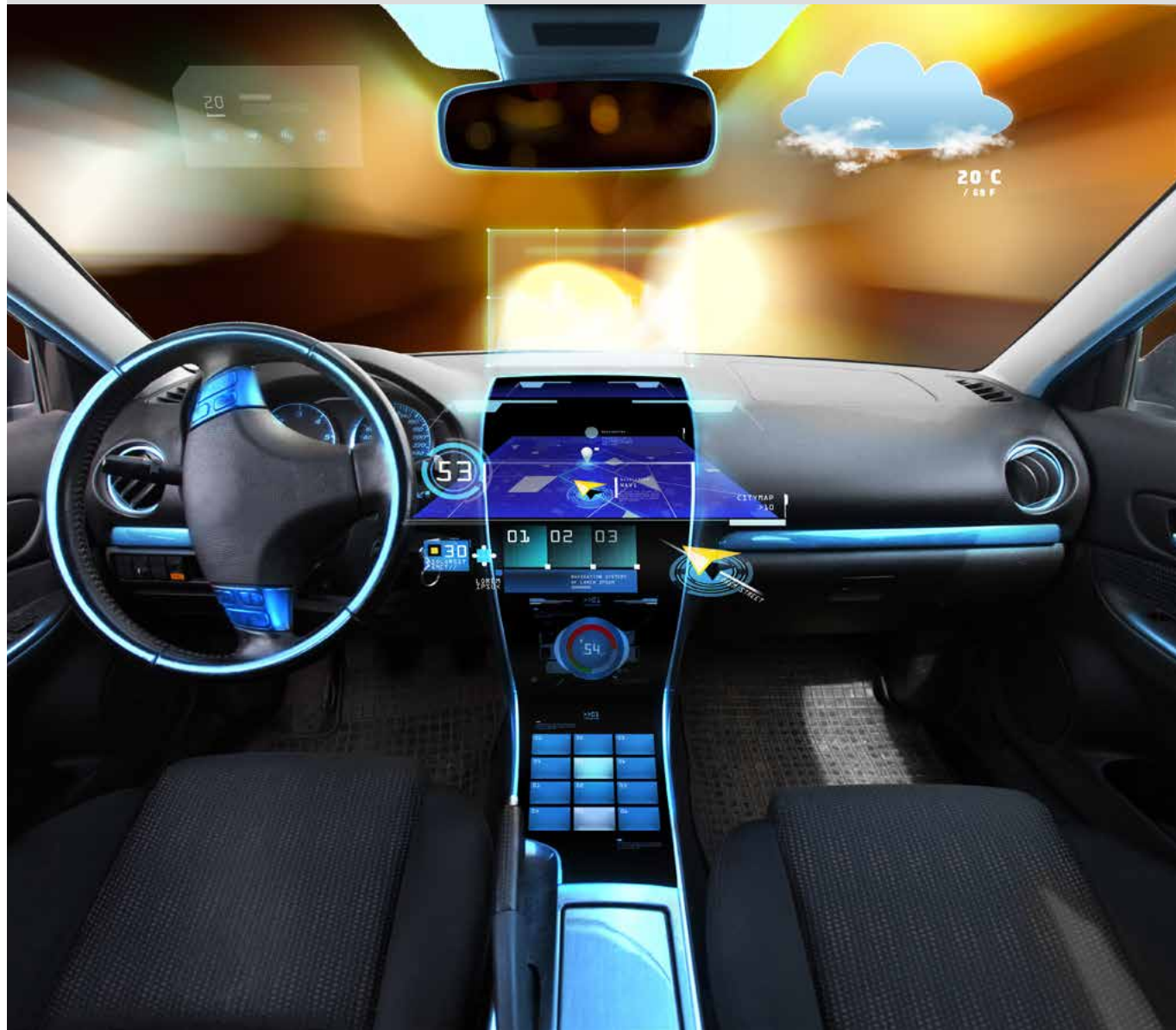
전시회 기간동안 삼성전자로부터 52인치 모니터 4대를 지원받아 시연을 진행했고, 시연은 세계 각국의 기업과 연구진들의 관심 속에 성공적으로 진행됐다. 이를 계기로 중국, 이탈리아, 중동의 기업들로부터 GDS 장비도입에 긍정적인 평가를 받았고, 일부 기업과 파트너십을 준비하고 있다. ‘CeMAT 2016’ 참가를 통해 그동안 흘린 땀방울에 대해 보상받은 것은 물론 해외시장에서의 기술경쟁력을 확인하며 연구진은 우리 기술에 더욱 자부심을 갖게 되었다.

주요 연구 개발 성과

논문	· 국내외 학술지 게재 4건, 국내외 학술회의 발표 10건
지식재산권	· 특허출원(국내 33건, 국외 2건), 특허등록 10건(23건 심사중), 프로그램등록 9건, 디자인등록 8건
기술이전 및 사업화	- 총 5건의 기술이전 및 창업으로 약 286백만원의 기술료 징수 ‘자동 화물 반출입 시스템의 보관존 기술-확장형 화물적재부, 수직이송부 및 이송체 선정 알고리즘’의 기술이전을 통해 공동연구기관인 (주)일양엔지니어링의 GDS 자체 사업화 지원 ‘박스 공급부 및 이송부 기술’의 기술이전을 통해 공동연구기관인 (주)제팩의 제함기 자체 사업화 지원 ‘고속 자동 피킹 시스템 1, 2차년 개발 기술’의 기술이전을 통해 공동연구기관인 (주)신흥기계의 APS 자체 사업화 지원 ‘자동화물시스템용 화물리프트 장치 및 동기화 장치’의 기술이전을 통해 공동연구기관인 (주)일양엔지니어링의 고속 팔렛타이저 자체 사업화 지원 ‘자동 화물 반출입 시스템 하드웨어, 소프트웨어, 디자인’의 기술이전을 통해 본 연구과제를 통해 창업한 중소기업인 (주)랩투마켓의 GDS 사업화 지원

차로구분 정밀위치 서비스, 미래 교통산업을 주도한다

! 위성항법을 기반으로 차로구분 수준의 정확도와 위치정보의 신뢰도를 제공하는 정밀위치결정 기술개발 !



연구책임자
소속기관
연구기간
전화번호

허문범
한국항공우주연구원
2006.10 ~ 2015.10
042-860-2266

연구진

조득재(한국해양과학기술원)
지규인(건국대학교)
황동환(충남대학교)
기창돈(서울대학교)
김원규(한국항공대학교)
임기택(전자부품연구원)

“차량항법시스템으로, 복잡한 교통상황에서 사용자가 원하는 목적지까지 빠르고 정확하게 도달할 수 있도록 개발되었다.”

위치결정 오차 범위 1m 이내의 ‘육상교통용 정밀 위성항법기술’ 탄생으로, 자율주행자동차 실현에 한 걸음 더 다가갈 수 있게 됐다. 본 연구를 통해 개발된 차세대 육상교통용 정밀 위성항법기술은 이동 중에도 실시간으로 차로구분 수준으로 위치를 파악할 수 있고, 기존의 저렴한 GPS 수신기 사용으로 단말기 가격을 낮출 수 있어 빠른 상용화가 예상된다. 세계 최고의 기술을 보유한 우리나라가 4차 산업혁명 기반요소인 공간정보 분야의 판도를 바꿀 게임체인저로서 활약할 모습이 기대된다.



미래 교통체계를 위한
차세대 정밀 위성항법 개발 필요

21세기에 들어서면서 위치 및 시간 정보를 제공하는 GPS(Global Positioning System)의 역할은 점점 더 중요해지고 있다. 자동차, 기차, 선박, 항공기 등의 교통체계는 물론 휴대전화 서비스에도 GPS를 사용하고 있으며, 정보기술(IT)의 발달로 GPS를 활용한 위치기반 상업서비스가 보편화되고 있는 추세다. 현재 GPS가 가장 활발하게 응용되고 있는 분야는 차량항법시스템으로, 복잡한 교통상황에서 사용자가 원하는 목적지까지 빠르고 정확하게 도달할 수 있도록 개발되었다. 자동차용 내비게이션이나 스마트폰에서 사용하는 위성항법(GNSS)은 오차가 약 15~30m 수준으로, 실시간 차로구분 수준의 위치결정을 요구하는 자율주행자동차 및 차세대 지능형 교통체계(C-ITS)에 적용이 불가함에 따라, 보다 정밀한 위성항법 개발이 요구되고 있다. 미국의 경우 2009년부터 차세대 지능형교통시스템인 ‘Connected Vehicle Research’ 프로그램을 통해 위성항법에 기반을 둔 위치결정기술 개발과제를 수행하고 있으며, 유럽에서는 2010년부터 유럽연합의 연구개발 프로그램 ‘GENEVA(Galileo/EGNOS Enhanced Driver Assistance)’를 통해 GPS기반 차로구분 위치결정 기술을 개발 중이다. 일본의 JAXA(Japan Aerospace Exploration Agency)는 2007년부터 자국의 QZSS(Quasi-Zenith Satellite System) 위성을 활용해 연구를 진행하고 있으며 도심에서의 위치결정 가용성을 76%까지 향상시켰다. 이처럼 전 세계적으로 차로구분 수준의 위치결정 기술개발이 활발히 이루어지고 있지만 정확도, 동적운행에 따른 신뢰성, 높은 단말기 가격문제 등의 문제가 여전히 남아 있는 상황이다.

구 분	본 연구	미국	유럽	일본
사용자 단말기 가격	수십만원	수천만원	수천만원	수천만원
위치결정 정확도	개활지에서 수 cm	개활지에서 수 cm	개활지에서 수 cm	개활지에서 수 cm
도심 대상 실험 결과	가용성 90%	없음	없음	가용성 76% (GPS 단독 57%)
특징	도심환경 반영	도심환경 연구 필요	도심환경 연구 필요	독자 위성 사용

[위성항법기반 차로구분 수준의 위치결정 기술 동향]

미래위성항법기술,
정확도 · 신뢰도 확보가 우선

미래 육상교통 시스템의 안정성과 효율성을 증대하기 위해서는 위성항법기술의 정확도와 신뢰도가 확보돼

야 한다. 이를 위해 연구단은 도로주행 중 차로구분이 가능하고, 위치정보의 신뢰성(무결성)을 판단할 수 있는 위성항법 기반 교통인프라 원천기술 확보에 돌입했다.



연구진은 2010년 GPS 데이터와 기상정보 수신이 가능한 이동형 지역수신국을 제작했고, 이듬해 준실시간 연구용 지역제어국 시스템과 사용자 시스템을 제작했다. 또한 이동형 지역수신국을 설치하고, 시험지역에서 운전자의 준실시간 차로구분 위치성능을 확인했다.

2012년에는 지역수신국과의 거리 60km 이내의 실시간 정보생성 기술을 개발하고, 육상교통사용자의 위치결정 신뢰성 향상을 위해 다중경로, 사이클슬립 등의 위성항법 신호이상 요인을 검출·제거했다. 같은 해 실시간 장비를 1차 제작하여 성능 평가도 마쳤다.

2013년에는 좀 더 앞선 기술들이 개발됐다. 실시간 처리능력 향상 및 안정화 기술을 비롯해 지역수신국 거리 70km 이내에서 실시간 보정정보를 생성하는 기술을 개발했으며, 위성항법신호 불량지역에서 사용자 위치결정 향상을 위한 센서 융합기술을 개발했다. 상용 네비게이션급 단말기를 개발해 성능평가를 마쳤으며, 실시간 장비의 2차 제작 및 성능평가를 진행했다.

테스트베드를 구축해 다양한 위성항법 수신환경에 따른 차로구분 수준의 위치결정 기술을 시험하고 평가했다. 본 과제를 통해 구축한 테스트베드는 4곳의 지역수신국(안성, 공주, 보은, 음성)과 1곳의 지역제어국(대전), 그리고 사용자 기술을

핵심기술자립화 | Core R&D

시험평가하는 오창으로 구성됐다.

오창 테스트베드는 GPS 전파수신에 장애가 되는 아파트와 개활지가 적절하게 혼재되어 실제 자동차 주행시의 주변상황을 모사할 수 있는 도로환경을 구축한 곳이다. 연구진은 시험평가를 위해 오창의 정밀 전자지도를 구축했으며, 2013년 8월에는 시험평가 장비의 성능평가를 위한 위성신호환경별 통합시험을 수행했다.

2015년 5월에는 다중수신국 기반의 보정정보 신뢰성 검증기술을 개발했으며, 육상교통 사용자의 정확도 향상을 위한 다중센서(GPS, 저가관성센서, 차속계, 영상센서) 통합기술 등을 개발했다. 이어 통합기술 시험평가를 위한 테스트베드를 구축했으며, 성능평가를 거쳐 개선점을 반영했다.

차로구분 위성항법기술 개발과 미래 교통산업에서의 역할

연구진은 현행 네비게이션 제품들이 사용하는 GPS 코드 대신, GPS반송파(carrier)를 사용함으로써 이동 중인 상황에서도 실시간으로 정밀 위치 정보를 파악할 수 있는 기술을 개발했다. 반송파는 코드를 실어 나를 수 있는 높은 주파수의 전자기파를 말한다. 반송파의 파장 주기가 코드 주기에 비해 짧아 코드 기반 기술보다 높은 정확도를 달성할 수 있다. GPS 등 현행 네비게이션이 사용하는 위성항법(GNSS)은 코드만을 사용해 오차가 15~30m이다. 차량이 도로를 벗어나 달려도 지도상에는 본선을 달리는 것으로 표시된다. 새로 개발한 기술은 통상 오차가 0.2~0.9m, 최대 허용오차가 1.5m에 불과하다. 오차 범위가 1m 수준이어서 차로구분이 필요한 자율주행 자동차는 물론 도로와 앞선 차량의 위험상황 등을 알려주는 차세대 지능형 교통체계(C-ITS)에 사용할 수 있고, 정확한 착륙지점과 장애물 정보가 필요한 상업용 드론과 스마트폰, 골목길·시각장애 인 보행 안내 등에도 활용가능하다. 더불어 기존의 저렴한 GPS상용칩(수신기)을 사용함으로써 현재의 네비게이션 등 단말기 가격과 큰 차이가 없어 상용화와 보급이 빠를 것이라 전망된다. 본 개발 기술이 보급된다면 운전자에게 주행경로 중 최적 차로까지 제시할 수 있는 네비게이션 제품이 생산되는 등 파급효과가 클 것으로 예상된다. 뿐만 아니라 육상교통환경에서 위성항법활용 차로구분 기술을 선점할 경우 세계 시장을 선도하는 것은 물론 국내 육상교통 인프라의 핵심기술로 이용됨에 따라 차량, 항법, ITS(Intelligent Transport Systems), 텔레매틱스 등의 산업발전에도 기여할 수 있을 것이다. 본 기술은 올해 본격적인 사업에 착수해 단말기 기술을 민간에 이전하게 된다. 수도권에 GPS를 보정하는 인프라를 구축하여 2018년부터 시범운영에 나설 예정이다.



위성항법기반 교통인프라 기술 개발 연구를 하면서 가장 많이 느낀 것은 연구원들의 ‘협동’과 ‘열정’의 중요성이다. 과제 특성상 인프라 시스템 구축과 테스트베드 실험을 위한 장거리 출장이 많았다. 그때마다 2~3인조 팀으로 일을 하면서, 연구원이 직접 공구를 사용하여 합체를 확인하거나 운전하는 일도 많았다. 혼자라면 힘들 수 있는 수많은 일들을 함께, 서로 도우며 이겨낼 수 있었다. 특히 실수를 할 때도 질책보다는 격려와 대책을 강구했던 동료 연구원들의 모습이 기억에 많이 남는다.

늘 부족한 연구기간과 도전과제에 대한 부담속에서도 팀워크를 바탕으로 항상 즐거운 분위기에서 연구를 진행했고, 연구진 모두의 열정이 합쳐져 좋은 결과를 낼 수 있었다. 협동, 열정 그리고 성과는 언제나 함께하는 것이라는 진리를 이번 연구를 진행하며 확인할 수 있었고, 그런 ‘진리’의 산물인 육상교통용 정밀 위성항법기술 연구 성과가 더욱 값지게 느껴진다.

주요 연구 개발 성과

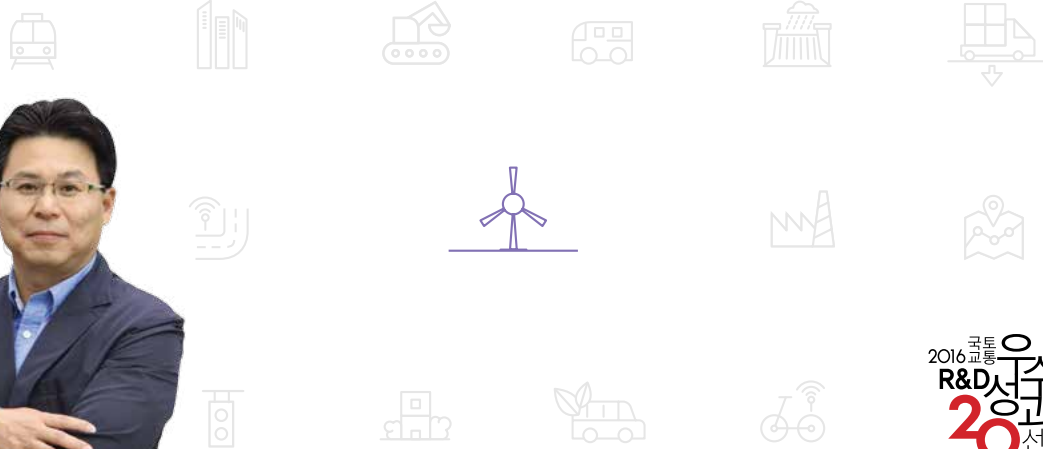
논문	· SCI 논문 게재 17건, 국내외 논문 게재 60건, 국내외 학술회의 발표 212건
지식재산권	· 특허출원(국내 18건, 국외 11건) 특허등록(국내 25건, 국외 7건) 소프트웨어등록 27건
기술이전	· 네비게이션 업체에 기술이전 1건
기타	· 시작품 제작 7건, 현장시험 및 검증 1건

신재생에너지를 향한 도전, 신소재 해상풍력타워 기술개발

| 신형식 강-콘크리트 합성단면 풍력타워 및 복합소재 적용 풍력타워 개발 |









연구책임자	한택희	연구진	이선호 ((주)도담이앤씨)
소속기관	한국해양과학기술원		구분호 (항도엔지니어링)
연구기간	2012.11 ~ 2017.7		
전화번호	031-400-7735		

“안전성과 경제성을 갖춘 신소재 풍력타워 기술은
유망산업인 신재생에너지 분야에서 우리나라의 기술경쟁력을
향상시킬 것으로 기대된다.”

2020년 신기후체제가 가동되면서 현실성 있는 청정에너지원으로 해상풍력이 각광받고 있다. ‘바다 위의 발전소’인 해상풍력발전기는 점점 대형화되고 있는 추세로, 소재 특성상 안전에 취약하고 비용이 비싸다는 단점이 있다. 이러한 때 안전성과 경제성을 갖춘 신소재 풍력타워 기술개발 소식은 국내 해상풍력발전 시장에 활기를 불어넣고 있다.

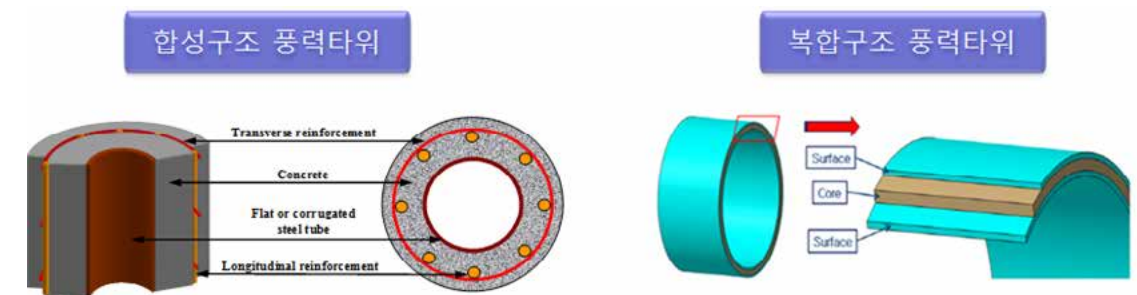
해상풍력 발전단지 건설로 신재생에너지 확보

화석연료의 고갈과 원자력에너지에 대한 불안감이 높아지면서 세계 각국은 앞다투어 신재생에너지 개발에 앞장서고 있다. 이중 풍력에너지는 생산성이 높은 분야로 이미 선진국들은 해상풍력 발전단지 건설에 뛰어 들고 있다. 한국신재생에너지협회 자료에 따르면 유럽은 현재 총 13개의 해상풍력단지를 건설중으로 완공 시 전체 설비용량 규모가 4.2GW를 넘을 것으로 예상되며 영국, 독일, 핀란드, 덴마크 4개국은 총 3.7GW 규모의 해상풍력 프로젝트 7개에 총 140억 유로(약 17조 5,471억원)를 투자한 것으로 나타났다. 중국은 2010년 상하이에 아시아 최초로 해상풍력발전소를 전면 가동한 데 이어 2020년까지 장쑤, 산둥, 저장성 등에 대형 해상풍력단지를 건설할 계획이다. 우리나라는 2010년 세계 3대 해상풍력 강국으로 도약하겠다는 비전을 내걸고 '해상풍력발전 산업 추진 로드맵'을 발표했으며, 현재 2.5GW 규모의 서남해 해상풍력사업을 추진하고 있다. 육상풍력발전과 달리 바다 한 가운데에 풍력발전기를 세우는 공사는 매우 복잡하며, 수심의 깊이와 발전 용량에 따라 지지구조의 비중이 커지므로 많은 비용이 발생한다. 해상풍력타워의 주재료는 '강재'로, 진동에 취약하고 부식이 빠른 특성 탓에 안전성에 문제가 있으며 유지보수비용도 만만치 않다. 이를 해결하기 위해서는 해상풍력발전 기초구조물의 혁신기술 개발을 통해 경제성과 안전성을 확보해야 한다.

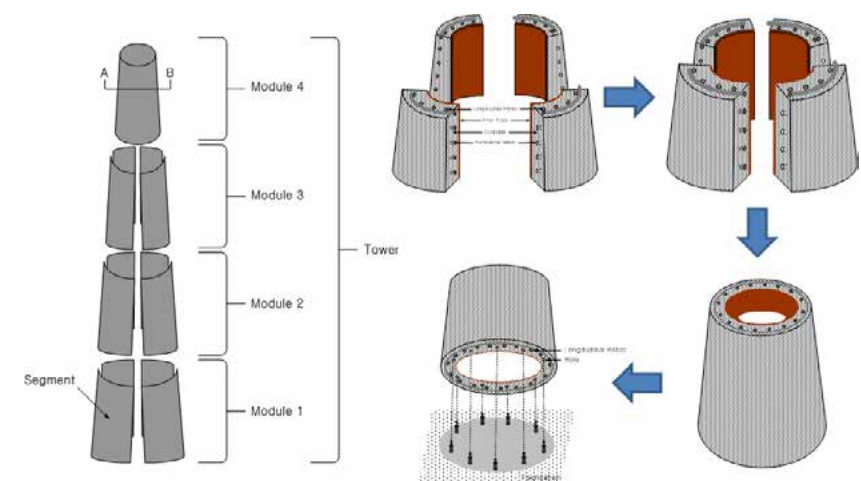
해상풍력타워의 설계기술 확보 위해 설계가이드 제작

풍력에너지 산업성장에 발 빠르게 대처하고 기존 강재 풍력타워의 문제점을 해결하기 위해 본 연구팀에서는 'ICH RC' 구조와 'FRP'를 적용한 'DSCT 구조'의 신형식 풍력타워 개발을 수행했다. ICH RC 구조는 콘크리트와 강재를 결합한 합성구조로, 철근 콘크리트 기둥의 중공면에 내부 강관을 설치하여 기둥의 강도와 연성을 향상시켰다. 섬유보강 폴리머인 FRP(Fiber Reinforced Polymer)는 현재 항공기나 자동차에 사용되는 고강도 복합재료로 내부식성이 강해 해양환경에 적합하다. 연구팀은 FRP관 사이에 콘크리트를 채우는 DSCT 구조를 통해 신형식 복합구조타워를 개발했으며, 개발된 기술의 실용화를 위해 다수의 국내외 특허를 출원하고 등록했다. 아울러 신형식 풍력타워의 실제 적용을 위한 이론의 정립과 실험적 검증을 수행하여 연구결과를 세계저명학술지에 게재해왔고 비선형 해석프로그램(CoWiTA)과 유한요소해석 프로그램을 통해 복합구조 풍력타워의 거동을 분석했으며, 그 결과 안전성을 갖췄다는 평가를 받았다. 신형식 풍력타워의 설계기술 확보를 위해 설계가이드도 제작했으며, 관련 프로그램도 개발했다.

FRP는 섬유의 보강 각도에 따라 성능의 차이가 발생하기 때문에 최상의 보강각도를 찾아내는 것이 중요하다. 연구팀에서는 이를 위해 최적의 보강각도를 산출하고 생산방법을 정립했다. ICH RC 구조는 크게 콘크리트부와 내부강관, 종·횡방향 철근으로 이뤄지며, 풍력타워 개발 시 4~5개의 모듈이 하나의 타워를 구성하여 무게에 따라 3~4개의 세그먼트가 하나의 모듈을 구성한다. 각 모듈의 내부강관과 철근이 연결되어 타워가 구성되며 모듈 접합부의 내부강관은 볼트나 용접으로 연결된다. 이렇게 조립된 풍력타워의 상부에 풍력터빈이 설치되어 계통연계가 이뤄지면 풍력발전시스템이 완성된다. 연구진은 개발기술이 산업화될 수 있도록 관련 기업에 기술이전을 적극 추진하고 정기 자문회의를 통한 실무자의 요구사항 반영을 통해 실무적용 효율성 및 현장 활용성을 높이고 있다.



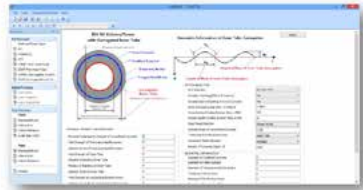
[신형식 풍력 타워 개념도]



[신형식 풍력타워 모듈 및 시공 방안]

핵심기술자립화 | Core R&D

- CoWiTA
 - Wizard (orTool) for Column / Tower Analysis
- User Inputs
 - Dimensions for column sections
 - Material properties for both steel / concrete
- Section types
 - RC
 - Hollow RC
 - CFT
 - ICH RC
 - Corrugated inner tube available
 - DSCT
 - Corrugated inner tube available



[신형식 풍력타워 비선형 해석 프로그램]

[개발 프로그램 공인 인증서
(설계적합 확인서)]

내부식 · 고내구성 갖춘 복합 신소재 풍력타워 기술 확보

본 연구를 통해 개발된 풍력타워는 강도와 내구성이 탁월하여, 기존 풍력타워보다 작은 직경으로도 더 큰 용량의 풍력발전기를 지지할 수 있다. 복합 합성구조 풍력타워는 초기에 3MW급 대응으로 개발이 시작되었으나, 대응량 터빈에 적합한 합성구조를 갖추에 따라 5~7MW급의 대형 터빈을 대상으로 적용할 수 있도록 연구가 수행되었다. 신형식 합성타워 기술은 국내 해상풍력발전단지 프로젝트의 기본자료이자 해양플랜트 핵심기술 개발에 필요한 기초자료로 제공되는 것은 물론 국제 공인인증을 획득한 비선형 해석 프로그램 (CoWiTA)의 보급을 통하여 실제 설계에 활용가능할 것으로 보인다. 내부식 · 고내구성을 갖춘 복합 신소재 풍력타워 기술은 기존재료로 만들어진 모든 구조물에 대체가능하기 때문에 기술을 갖춘 벤처기업의 성공을 이끌 수 있다. 특히 해상풍력 기초 및 파일과 바닥판, 보 등 항만구조물 까지 확장하여 적용할 수 있다는 장점이 있다. 연구팀은 개발된 기술의 실용화를 위해 다수의 국내외 특허를 출원하고 등록했으며, 신형식 풍력타워의 실제적용을 위한 거동이론을 정립하고, 실험적 검증을 수행하여 연구결과를 세계 저명학술지에 게재했다. 정립이론을 바탕으로 해석 프로그램과 설계 프로그램을 개발해 향후 신기술의 보급에 크게 기여하고, 유망산업인 신재생에너지 분야에서 우리나라의 기술경쟁력을 향상시킬 것으로 기대된다.



'더 높고 튼튼한 타워를 만들자!' 연구진은 기존에 없는 우수한 성능의 타워를 개발하기 위해 과연 어떤 구조가 가장 적합할 것인지에 대한 탐구를 시작했다. 기존 풍력 타워와는 전혀 다른, 완전히 새로운 타워였기 때문에 참고자료는 많이 부족했지만, 선행연구가 많지 않은 덕분에 연구하는 주제가 모두 새로운 성과로 이어지는 장점도 있었다. 연구를 통해 새로운 이론을 완성하고 이를 적용한 해석 프로그램을 개발하였고, 타워분야 최초로 설계인증을 받아 연구결과의 신뢰성도 확보했다.

연구된 이론의 검증을 위한 실험을 수행할 때는 실험용 재료를 구할 수가 없어서, 재료설계부터 가능한 공장을 수소문해 재료를 제작해야 했다. 추운 겨울날 공장에서 재료의 생산과정을 지켜보고, 어렵게 만들어진 재료로 시험체를 만들어 실험을 수행하는 과정을 거쳐 다수의 논문과 특허가 도출되었다. 힘든 과정을 이겨내는 힘도, 우수성과라는 결과도 모두 연구진의 열정이 있었기에 가능했다. 남은 연구기간 동안에도 이 열정 그대로 개발기술의 완성도를 높이는데 전력을 다해 우리나라의 대표기술이 될 수 있도록 최선을 다할 것이다.

주요 연구 개발 성과

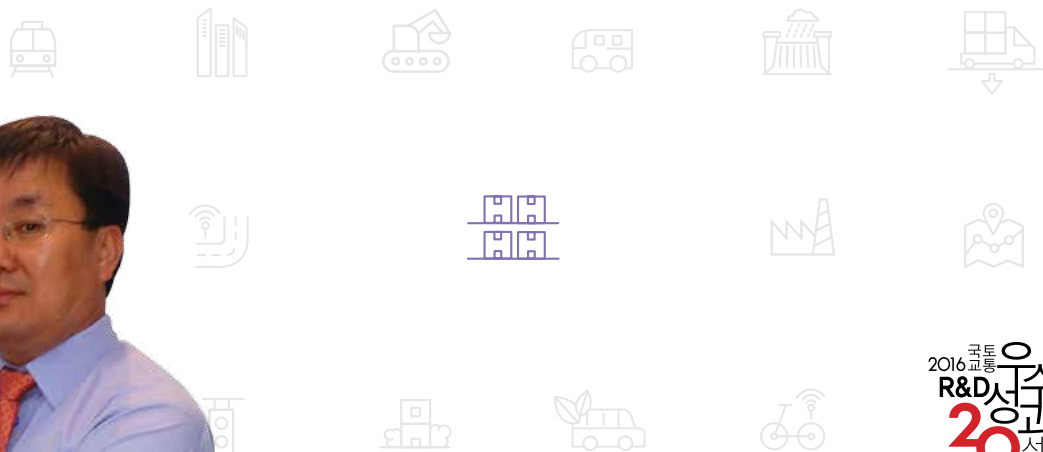
논문	· SCI 논문 게재 7건, 국내 논문 게재 7건
지식재산권	· 특허출원(국내 10건, 국외 5건), 특허등록(국내 3건, 국외 2건), 소프트웨어등록 5건, 실용신안등록 1건
기술적용	· 합성기둥 타워 및 기둥 비선형 해석 프로그램 V.1.4, 충남대학교 산학협력단, 2,990천원 · 합성기둥 타워 및 기둥 비선형 해석 프로그램 V.2.1, 세종대학교 건설환경공학과, 2,990천원

더욱 신속하고 안전한 고속자동 적재 / 반출장비 개발로 물류선진국 도약

| 고성능 선진기술의 보관물류장비(Mini-Load AS/RS) 개발로 물류장비 시장경쟁력 강화 |







연구책임자
소 속 기 관

연 구 기 간
전 화 번 호

나 강 식
(주)에스엠코어
(舊 (주)신흥기계)

2012.8 ~ 2015.5

02-2090-9200

연 구 진

서정호, 권승안, 이형근
(이상 (주)에스엠코어)

2016년도
R&D 우수성과
선진

Core R&D

“국내외 물류장비 시장에서 경쟁력을 갖추기 위해서는
물류를 신속하고, 정확하게 분류·보관하는
고성능 물류장비기술을 확보해야 한다.”

국가 간 경계가 허물어지는 글로벌화가 가속화되면서 전 세계 물동량이 폭발적으로 증가하고 있다. 점점 다품종·소형화되어가는 물류 시장에서 주도권을 잡기 위해서는 보다 빠르고 정확한 첨단 물류장비 기술을 확보해야 한다. 본 연구를 통해 우리나라는 ‘고속자동 적재/반출 장비(Mini Load AS/RS)’의 원천 기술과 효율적인 관리시스템을 확보했으며, 이를 바탕으로 물류선진국으로의 비상을 꿈꾸고 있다.

69

글로벌 물류시장 패러다임 변화 가속화

최근 글로벌 물류시장의 패러다임이 바뀌고 있다. 물류 형태가 점점 다양해짐에 따라 신속성·정확성·안전성을 갖춘 첨단 물류장비의 기술개발이 요구되고 있으며, 화물의 위치와 상태를 언제든지 추적할 수 있는 실시간 관리체계의 중요성 또한 높아지고 있다. 뿐만 아니라 물류시스템의 자동화와 무인화가 가속화되면서 복잡한 화물의 흐름을 신속하고 정확하게 예측하는 보관·하역 시스템도 발달하고 있다. 여기에 글로벌 이슈인 환경문제에 대응하여 친환경 물류에 대한 관심과 수요도 증가하고 있다.

우리나라는 2000년대 들어서 본격적으로 장기적 관점에서의 물류기술 개발정책을 추진하기 시작했다. 2010년에는 저탄소 녹색성장을 위한 '국토해양 R&D 발전전략'을 수립하고 'Green up-30'을 선정하여 9개 교통분야 중에서 '에너지 절감형 물류시설·장비 및 운영기술'을 포함한 물류장비 인프라 구축에 집중적인 투자를 진행해왔다. 한국과학기술평가원의 자료에 따르면 우리나라는 물류시설 인프라 고도화 기술 분야에서 선진국 대비 9년의 기술격차를, 지능형 물류장비기술의 경우 5년의 기술격차를 갖고 있는 것으로 나타났다. 점차 고층화·자동화 되고 있는 물류시설의 보관 및 운송문제를 해결하기 위해서는 국내 물류 환경에 맞는 첨단화된 장비의 핵심기술을 개발하고 원천기술을 보유해야 한다.

신속성·정확성·안전성 갖춘 첨단 물류장비기술 개발

국내의 물류장비 시장에서 경쟁력을 갖추기 위해서는 물류를 신속하고 정확하게 분류·보관하는 고성능 물류장비기술을 확보해야 한다. 이를 위해 연구단은 2012년에서부터 2015년까지 총 3차년에 걸친 연구 끝에 '고속자동 적재/반출 장비(Mini Load AS/RS)'의 원천기술을 확보했다. 'AS/RS'는 물류를 자동 저장하고 회수하는 '자동 창고' 개념의 시스템이다. 좁은 부지에도 설치할 수 있어 효율적이고, 저장·회수 작업들이 모두 기록되기 때문에 빠른 재고확인으로 시간을 아낄 수 있으며, 노동생산성을 높일 수 있다. 'Mini Load AS/RS'는 보통 30~50kg의 물품이 담겨 있는 작은 컨테이너나 토트(Totes)를 처리하는 AS/RS로, 단위시간당 처리량이 높고 공간을 집약적으로 활용할 수 있는 맞춤형 시스템이다.

1차년도(2012.08~2013.05)에는 'Mini Load AS/RS' 장비의 제어·운용시스템이 설계되고 가상 시뮬레이션을 활용한 장비시험환경을 구축했다. 2차년도(2013.05~2014.05)에는 싱글마스트의 제어·운용시스템 개발을 통해 시스템 및 부품규격의 표준가이드라인과 시험평가기술을 개발했다. 작업자의 피킹작업을 지원하고 피



킹존 시스템의 장비를 제어·관리하는 'DMS', RFID·바코드와 연계돼 입·출고 상품을 확인하고 피킹하는 'PID', 싱글마스터의 운용현황을 모니터링하고 장비 부하 및 이상여부를 관제하기 위한 장비관리 및 제어기술 '싱글마스트용 ESC', 피킹존에서의 편리하고 안전한 입·출고 작업지원과 작업 시 발생할 수 있는 안전사고를 방지하는 시설인 '피킹존 스테이션' 등이 2차년도에 개발된 기술이다. 3차년도(2014.09~2015.05)에는 '더블마스트 미니로더' 단위시작품이 개발되고 시물레이션 테스트를 거쳐 더블마스트 운용시스템(전력량 관리 시스템, 모바일 리포팅 S/W)이 구축됐다. 이 과정을 통해 최종성과물인 Mini Load AS/RS의 싱글마스터 시제품과 더블마스트 단위시작품, 관련 제어·운용시스템이 구축됐다.



※ TRIL 8단계(시제품 인증)



[Mini-Load AS/RS 싱글마스트 시제품]



※ TRIL 7단계(실험성 평가)



[Mini-Load AS/RS 더블마스트 단위시작품]

핵심기술 국산화로 수입대체 효과 거둬

본 연구의 가장 큰 성과는 고속 적재·반출장비의 핵심기술을 국산화하여 수입대체효과를 거두고 유지관리비용 절감을 통해 국가물류의 경쟁력을 크게 향상시킨 점이다. 또한 RFID, PID, DMS 등 다양한 특화기능을 추가함으로써 물류자동화 장비 시장의 국가 브랜드를 향상시킨 점도 눈여겨 볼만 하다. 뿐만 아니라 기술개발을 통해 다방면에 활용 가능한 핵심기술을 확보하게 된 것도 주요성과 중 하나다. 실제로 본체 제조기술에 PICKER 제작을 변형하면 자동차 부품, 타이어, 종이, 제지, 브라운관, 제약 등 다양한 산업분야와의 접목이 가능하다. 또 싱글마스트와 더블마스트 미니로더의 적용환경이 각각 다르게 설계돼 100kg 이하의 화물을 취급하는 경량화물 물류장비 시장에서 다양한 요구를 수용할 수 있게 됐다.

Mini-Load AS/RS의 원천기술을 확보함으로써 보관창고의 공간을 효율적으로 활용하게 된 것도 성과 중 하나다. 보관창고 내의 신속하고 정확한 물품 반·출입을 통해 물류처리의 비용을 절감하게 됐으며, AS/RS 및 공정라인 구성 시 기존 보관

핵심기술자립화 | Core R&D

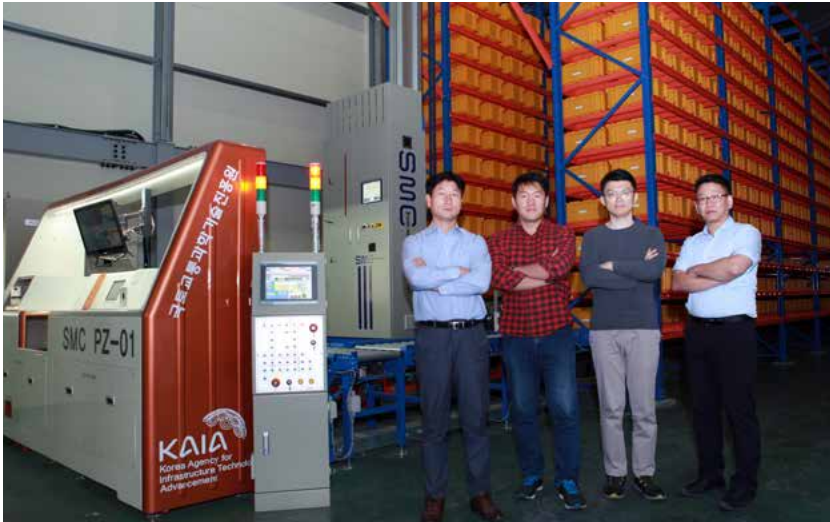
창고보다 가동률을 1.5배 이상 향상시켰다. 싱글마스트 운용시스템 중 ‘피킹존 시스템(DMS, PID)’은 작업자의 효율성과 정확성을 높이고 작업시간을 단축시켰으며, ‘장비운용현황 모니터링시스템(ESC)’은 자동화창고의 효율적 운영과 관리로 미니로더 장비의 경쟁력을 향상시켰다. ‘전력량 관리시스템’을 통해 미니로더 장비의 신뢰성이 커진 것은 물론 ‘모바일 S/W’의 구축으로 자동화창고의 효율적 운영이 가능할 것으로 보인다.

항목	싱글마스트	더블마스트
시제품 환경	주행 길이 20m, 높이 6m	주행 없음, 높이 10m (주행 길이 20m, 높이 20m로 설정하여 시뮬레이션 분석으로 설계 검증함)
주행 속도	5 m/s	5 m/s
주행 가감속	4 m/s ²	4 m/s ²
승강 속도	2 m/s	3 m/s
승강 가감속	4 m/s ²	4 m/s ²
적재중량	50kg * 2ea	50kg * 2ea
권장 높이	최대 높이 10m 이하 기존 창고 건물에도 설치 가능	최소 10m 이상 ~ 25m 이하 신축 건물에 설치 권장
적용 환경	출고라인뿐만 아니라 기존 공정 라인 중간에도 구축 가능	출고라인에 구축 권장 싱글마스트 보다 훨씬 많은 다품종 물품을 보관하고자 할 때 권장
구축 비용	더블마스트 대비 70%수준	

[싱글마스트 미니로더와 더블마스트 미니로더의 특징점 비교]



[미니로더 시제품의 우수성 및 차별성]



이번에 개발에 성공한 미니로더 장비의 가감속은 4m/s²로 세계 최고 수준이다. 장비개발 후 미니로더 가감속의 물리적 한계를 파악하기 위해 성과 목표보다 높은 조건(5m/s²의 가감속)을 대입해 테스트를 진행했는데, 구동휠 부분에 슬립현상이 발생해 비상정지장치(Shock absorber)에 부딪혔다. 다행히 안전사고는 없었지만, 미니로더가 부딪힌 순간 장비파손 걱정에 모든 연구진들이 얼어붙고 말았다. 이러한 시행착오를 거쳐 이뤄낸 기술개발의 결과는 매우 성공적이다.

외부업체를 방문해 미니로더를 구동할 때마다 모두들 공통적으로 하는 말이 있다. “우리나라에서 이렇게 빠른 미니로더 장비를 보게 될 줄은 몰랐다”, “동영상에서는 느끼지 못했는데, 실물구동을 보니 속도감이 굉장하다” 등등 관계자들의 칭찬을 들을 때마다 그동안의 노력을 보상받는 듯 큰 보람과 자부심을 느끼게 된다.

주요 연구 개발 성과

- 지식재산권 · 특허출원 9건, 특허등록 2건, 소프트웨어 등록 5건
- 기술이전 및 사업화 · 인도 내 타이어업체 CEAT에 약 160억원 규모(본 과제 성과를 적용 44억원)의 물류 자동화 구축사업을 수주
· 기술이전을 통해 179백만원의 기술료 징수

우리가 만든 명품 열교환기로, LNG 플랜트 세계시장에 도전

천연가스 액화를 위한 핵심 고효율 열교환기 국산화 기술개발



연구책임자
소속기관
연구기간
전화번호

홍성희
(주) 동화엔텍
2008.11 ~ 2017.12
051-970-1108

연구진

정 모(영남대학교)
남대근(한국생산기술연구원)
김진영(동명대학교)
조종래(한국해양대학교)
김형범(경상대학교)

“LNG 플랜트 시장에 진입하기 위해서는 새로운 형태의
극저온용 열교환기 기술을 개발하고, 신뢰성을 확보해야 한다.”

세계 각국이 고유가 시대의 천연가스 수요에 대비하기 위해 LNG(액화천연가스) 플랜트 건설투자를 늘리고 있다. LNG 플랜트 시장진입을 위해서는 고효율의 천연가스 액화공정기술을 개발하고 핵심기기를 국산화해야 한다. 본 연구를 통해 우리나라는 열교환기에 대한 자체기술을 보유하게 되었으며, 테스트베드 운영을 통한 노하우 축적으로 해외시장 진출의 교두보를 마련했다.

천연가스 저장하는 필수 과정 ‘LNG 플랜트’

친환경 청정에너지에 대한 관심이 뜨겁다. 친환경 에너지를 사용하기 위해서는 화석연료 사용을 줄이고 수소 에너지로 전환하는 것이 가장 이상적이다. 그러나 수소에너지를 일상생활에서 사용하기에는 많은 연구가 필요하므로 과도가 연료로서 천연가스가 주목받고 있다. 천연가스의 이산화탄소 배출량은 석탄과 비교해서 절반, 석유와 비교하면 70퍼센트 수준이며, 가채년수(확인매장량을 전년도 생산량으로 나눈 것)는 60년으로 석유보다 20년이나 길어 중요한 에너지원으로 손꼽힌다.

자연에 존재하는 천연가스를 저장하여 대량수송하기 위해서는 영하 162℃의 초저온 상태로 액화시켜 부피를 1/600로 줄이는 ‘LNG 액화 플랜트’ 과정이 필수다. 우리나라는 에너지안보 차원에서 LNG 플랜트 사업의 중요성을 깨닫고 관련 사업을 진행하고 있지만, 기술 진입의 벽은 만만치 않다. 실제로 LNG 플랜트에 사용되는 극저온용 열교환기의 라이선스는 선진업체들이 독점하고 있으며, 열교환기 제작에 필수인 ‘진공 브레이징 접합 기술’의 경우 기술유출을 우려해 특허출원을 하지 않은 상황이다. 따라서 LNG 플랜트 시장에 진입하기 위해서는 새로운 형태의 극저온용 열교환기 기술을 개발하고 신뢰성을 확보해야 한다.

액화공정의 핵심기술 ‘고효율 초저온 열교환기’ 개발

LNG 플랜트 산업에서 액화 열교환기는 재액화 기술의 핵심기술 중 하나로 시장의 요구에 따라 콤팩트화, 저온, 고압의 형태로 발전하고 있어 이에 대응하기 위한 특수한 공정, 소재, 기술 개발이 반드시 필요한 시점이다. 이에 액화 사이클 기초데이터를 활용하여 액화공정의 효율성을 향상시키는데 영향을 미치는 핵심 기재인 열교환기를 개발하는 것이 본 연구의 목표다.

1차년도에는 열교환기에 대한 설계를 수행·제작하기 위한 기초자료 조사를 진행했다. 쿨드박스(냉각기)용 열교환기에 대한 기본설계, 상세설계, 제작, 실험 등의 조건에 대해 체계적으로 조사했으며 랩 스케일급 열교환기에 대한 기본설계를 수행했다. 2차년도에는 랩 스케일급 열교환기를 제작하고 성능실험을 통해 냉매 간, 냉매와 천연가스 대체물질 간의 전열특성을 파악했다. 3차년도 연구에서는 랩 스케일급 복합구조형(냉매-냉매+냉매-천연가스 대체물질) 열교환기에 대한 제작과 성능실험을 진행했다. 또한 2차년도에 수행한 냉매와 냉매 간의 열전달과 냉매와 천연가스 대체물질 간의 열전달 상관관계식을 바탕으로 복합구조형 열교환기를 제작했으며, 실험을 통해 랩 스케일급 열교환기 기술을 확립했다. 4차년도에는 한국가스공사에서 연구한 천연가



스 신액화공정(KSMR)을 기반으로 테스트베드용 파일럿급 열교환기를 설계하였고, 5차년도까지 제작 기반을 완료하였다. 6차년도에는 설계된 파일럿급 열교환기, 세퍼레이터, 배관, 쿨드 박스를 제작하여, KGS(한국가스안전공사) 검사 승인을 받았다. 테스트베드용 쿨드박스를 한국가스공사 LNG 인수기지에 설치하고 파일럿 테스트를 통해 신뢰성 검증절차를 준비중이다. 이후 상용급 열교환기(5MTPA급)를 한국가스공사가 개발한 공정에 따라 설계하였고, 사업화 진행을 위한 설계표준을 확립했다.

Lab scale 급
(4.8TPD)
열교환기
설계 및 제작 완료



- 초기 성능실험을 위한 열교환기(4.8 TPD) 설계/제작
- 테스트를 위한 수압 시험(100 bar 테스트 완료)

Lab scale 급
(4.8TPD) 열교환기
성능 실험 설비 구축
및 성능 실험 완료



- 제작된 열교환기(4.8TPD)의 성능 실험을 위한 설비 구축
- 초저온 테스트를 수행할 수 있으며 성능 확인을 위한 압력, 유량, 온도를 측정할 수 있는 설비

Lab scale 급
Cold box
설계 및 제작 완료



- 열교환기를 설치하기 용이하게 하고 초저온 영역에서 운전되는 열교환기에서 외부로 전달되는 열손실을 줄이기 위한 구조물
- 외부 Box, Flexible Closed out, Micata, Perlite, Perlite IN/OUT Hole 등으로 구성됨

테스트베드
Train-2용
열교환기 및
Cold box
설계 및 제작
설치 완료



- 천연가스 신액화 공정(KSMR)에 적용되는 열교환기를 포함하는 Cold box를 설계/제작하여 테스트베드 Train-2에 설치
- 액화능력 100TPD 급으로 열교환기 2sets, Separator 2sets를 포함한 Cold box
- KGS(한국가스안전공사) 검사 승인

핵심기술자립화 | Core R&D

1/3 x 1/3 x 1/3 scale 열교환기 설계 및 제작 완료



- 천연가스 신액화 공정(KSMR)에 적용되는 열교환기의 길이는 4.5M로 연구목표 달성을 위해 Scale-up 제작 기술개발
- 1/3 x 1/3 x 1/3 scale 로 설계/제작됨
- 수압시험 100bar 테스트 완료

1/2 x 1/2 x 1/2 scale 열교환기 설계 및 제작 완료



- 천연가스 신액화 공정(KSMR)에 적용되는 열교환기의 길이는 4.5M로 연구목표 달성을 위해 Scale-up 제작 기술개발
- 1/2 x 1/2 x 1/2 scale 로 설계/제작
- 수압시험 100bar 테스트 완료

사업화에 성공,
2015년 매출 1,496백만원 기록

본 연구의 최종목표는 LNG 플랜트 시장에 진출하는 것이지만, 시장 특성상 실적이 없는 신규업체의 진입이 매우 제한적이므로 테스트베드 운영을 통해 성능을 검증한 후 소규모 LNG 플랜트 시장에 진입했다. 개발에 성공한 초저온용 열교환기는 LNG 플랜트 시장 외에도 공기 중 질소와 산소를 분리하여 판매하는 'Air Separation Unit', 암모니아 등을 생산하는 '화공 플랜트', 알루미늄 소재의 경량성을 활용한 '항공 분야' 및 헬륨을 냉매로 사용하는 '초전도 변전소' 등에도 적용 가능한 기술이다. 이러한 기술 경쟁력을 바탕으로 전시회 참여 및 자료 제작·배포 등을 통해 지속적인 홍보활동을 펼친 결과, 화공플랜트, 조선해양 분야 연구기관의 실험용 설비 등에 적용할 수 있었고 조선분야에서는 상대적으로 진입장벽이 높은 FSRU(Floating, Storage&Regasification Unit)에 BOG를 재액화하는 열교환기의 납품에도 성공했다. FSRU는 해상에서 LNG를 적재, 저장, 재기화할 수 있는 '부유식 가스저장 재기화 설비'다. 연구진은 이러한 실적을 지속적으로 확보한 덕분에 국내 최초로 상용화에 성공했고, 사업화를 통해 2015년 한 해에만 1,496백만원의 매출을 기록했다. 앞으로도 과제 본연의 목표인 LNG 플랜트 시장에 진출할 수 있도록 지속적인 홍보와 적용실적 확보를 통해 국산기술로 개발한 열교환기의 성능을 높이고 널리 알리기 위해 노력할 것이다.



국산 기술로 열교환기를 제작하는 것은 '무에서 유를 창조하는 작업'인 만큼 연구시작 단계에서부터 쉬운 일이 없었다. 열교환기 제작에 필요한 알루미늄 진공로가 없어 구미 업체의 설비를 빌려 실험용 열교환기를 제작했고, 마산에서 김해까지 알루미늄 용접 기술 전문 업체를 찾아다녀야 했다. 그러던 어느 날, 우연히 신문에서 은퇴한 일본기술자가 국내 업체에 기술 지원을 해준다는 기사를 보았다. 혹시나 하는 마음으로 기술자문 요청을 했는데 흔쾌히 허락해준 덕분에 현재까지 기술자문을 받고 있는데 큰 도움이 되고 있다. 또 프랑스 업체를 견학하며 제작기술 노하우를 배우는 과정에서 기술개발에 진전을 이루는 성과를 얻기도 했다.

최종성과물인 테스트베드용 열교환기와 콜드박스를 설계·제작하여 한국가스안전공사 LNG 인수기지에 설치하기 위해 새벽 찬바람을 뚫고 제품을 운송했는데, 연구진 모두가 아이처럼 기뻐하고 환호했던 그 날의 감동이 여전히 생생하다.

주요 연구 개발 성과

논문	· SCI 논문 게재 3건, 국내 논문 게재 7건
지식재산권	· 특허출원 5건, 특허등록 4건, 실용신안등록 1건
사업화	· 국내외 연구기관에 소형 열교환기 및 냉각기(Cold Box)납품으로 기술적용실적 확보하고, 약 1,754백만원의 매출액 발생 * 주요 납품처 : Excelerate Energy : Latent Heat Capture System (BOG Recondenser Skid), 고등기술연구원(BSU용 열교환기), 한국전력연구원(초전도 케이블용 열교환기), 포스코에너지(연료전지용 가습기), MHI(Gas Subcooler)
기타	· 시작품 제작 7건, 시제품 제작 1건, 시험조사 및 관측 6건 · 국제협력(기술자문계약) 3건, 산학연 기술지원 15건, 산학연 기술협력활동 11건

공공복지기술

Welfare R & D

- 주거시설의 트렌드 변화를 주도하는 모듈러 공공임대주택
- 적정교통안전기술개발로 지역소도시 교통안전 증진
- 주거취약계층 특성을 고려한 한국형 지원주택 개발
- 한국형 스마트시티, 미래도시의 패러다임을 선도하다
- 더욱 안전해지고 믿음직해진 친환경 대중교통 '바이모달 트램'



주거시설의 트렌드 변화를 주도하는 모듈러 공공임대주택

| 저출산·고령화 시대에 따른 모듈러 공공임대주택 기술개발 |



연구책임자
소 속 기 관
연 구 기 간
전 화 번 호

임 석 호
한국건설기술연구원
2013.12 ~ 2017.12
031-910-0349

연 구 진

황철호(DMP)
이윤배(포스코 A&C)
김정진(금강공업)
이상영(스타코)
김예상(성균관대학교)
김형근(서울주택도시공사)

“모듈러 건축 공법이 활성화될 경우 고용창출은 물론
해외시장의 수익성을 높이는 전기가 될 수 있을 것으로 기대된다.”

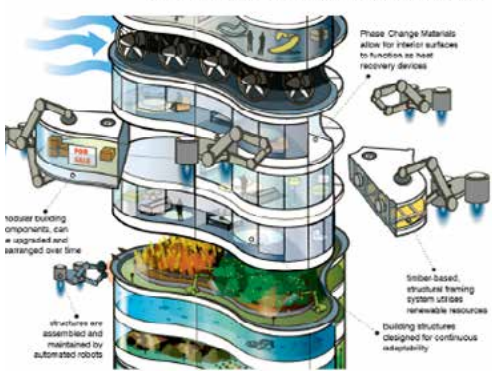
저출산·고령화로 인해 1~2인 가구가 늘면서 차세대 주거모델의 필요성이 대두되고 있다. 모듈러 공법은 좁은 부지에 레고블럭처럼 주택을 지을 수 있고, 신속한 공급 및 해체가 가능해 매우 경제적이다. 본 연구는 모듈러 주택의 기술적 난제였던 ‘구조안전성, 층간소음, 내화성능’을 해결하고 인구구조 및 사회 환경변화에 유연하게 대응할 수 있는 새로운 공공주택 모델을 제시했다는 점에서 큰 의미가 있다. 나아가 건설 노동시장의 구조개선을 통한 고용창출 효과는 물론 모듈러 주택에 대한 국민인식을 긍정적으로 전환시키는 계기가 될 것이다.



건축시장의 새로운 패러다임을 제시하는 모듈러 공법

대한민국의 가구 구조가 변하고 있다. 최근 몇 년간 사회 초년생, 대학생, 신혼부부, 고령자 등으로 구성된 1~2인 가구의 비중이 빠르게 늘어나면서 중소형 임대주택의 수요도 증가하고 있다. 그러나 높은 전세가와 임대료 등 주거환경은 갈수록 열악해지고 있다. 이에 대한 대안으로 소형 주택을 짓는데 유용한 ‘모듈러 공법’이 주목받고 있다.

모듈러 공법은 집의 골조와 현관문, 욕실, 전기배선 등 부재의 70% 이상을 레고블록 형태로 모듈화해 공장에서 미리 만드는 건축 공법이다. 공장에서 옮겨와 부지에서 조립만 하면 되기 때문에 공사비를 절감할 수 있고, 건설 현장의 소음을 최소화할 수 있다는 장점이 있다. 도시 곳곳의 작은 자투리땅을 활용하여 지을 수 있기 때문에 대규모 택지가 부족한 대도시에서 더욱 활용도가 높다. 현재 국내 주택시장은 저가수주 과열로 사업성이 악화되고 있으며, 이로 인해 해외시장에 진출해도 고용창출 효과를 기대하기 어려운 상황이다. 주택건설시장의 새로운 패러다임을 제시하는 모듈러 건축 공법이 활성화 될 경우 고용창출은 물론 해외시장의 수익성을 높이는 전기가 될 수 있을 것으로 기대된다.



[모듈러 공공임대주택]

경제성 · 사업성 · 기술성 실증 통해 새로운 공공임대 주택모델 제시

모듈러 주택은 가로 3m, 세로 6m 내외의 원룸(One Room) 형태의 모듈로 생산되기 때문에 기숙사, 원룸, 호텔 등 동일한 공간이 반복되는 건물에 효과적이며, 1~2인 가구를 위한 공동주택으로 적합하다. 건물을 해체할 때에도 건설폐기물이 아닌 새로운 주택의 구조체로 재사용(Reuse)할 수 있어 지속가능하고 친환경적인 공법으로 각광받고 있다.

주관연구기관인 한국건설기술연구원은 모듈러 건축시스템의 특징을 활용하여 저출산 · 고령화에 대응할 새로운 주거모델을 개발하기 위해 산 · 학 · 연이 모두 참여하는 연구컨소시엄을 구성했다. 연구진들은 경제

성, 사업성, 기술성 등 3대 실증기반을 토대로 모듈러 주택 기술을 개발하고 공공임대 주택 대상 실증단지 구축을 통해 새로운 공공임대 주택모델을 제시하는 것을 목표로 삼았다. 이를 위해 먼저 수요자 맞춤형 모듈러 주택건설을 위한 설계기술, 환경성능, 구조 및 시공기술, 공장생산성 향상 및 품질관리기술을 개발 · 실증했으며, 두 번째로 공급 및 사업화추진을 위해 경제성을 확보한 사업화모델을 개발했다. 이어 국내 최초로 모듈러 주택 실증단지를 구축했으며, 신혼부부 및 대학생 등 무주택 서민의 주거안정과 삶의 질 향상을 위한 모듈러 주택 주민설명회를 개최하는 등 입주자 모집 및 선정방안 마련, 모듈러 주택 맞춤형 관리 및 운영방안 개발 등 ‘운영 시스템’을 구축했다.

구 분	가양 단지		수서 단지	
	A동 (20세대/140㎡) Module A	B동 (15세대/105㎡) Module B	C동 (15세대/105㎡) Module C	D동 (15세대/105㎡) Module D
공 법	리프트식 (7층)	벽식 (7층)	리프트식 (7층)	인빌(INVILL)식
규 모	18㎡ (12세대) 36㎡ (4세대)	18㎡ (11세대)	36㎡ (15세대)	18㎡ (10세대) 27㎡ (9세대) 36㎡ (12세대)
세 대 수 (한계 : 74세대)	13세대	11세대	15세대	25세대
Unit 수 (한계 : 111개)	25개 (3m×6m)	12개 (3m×6m)	40개 (3m×6m)	34개 (3m×6m)
임 주 대 상 자	도시근로자		신혼부부	사회초년생 및 대학생
활 용 방 안	통합분리 가변형	One Room형	One / Twin Room	One Room형 (Share Office / Share House)
조 각 도				
	도시 근로자를 위한 '직주근형' 활용 창의적 주거공간 활용		신혼부부, 사회초년생 및 대학생을 위한 초역세권 주거공간 활용	

이러한 절차에 따라 국내 최초로 모듈러 건축시스템 개념을 적용한 공동주택 및 공공임대주택 71세대(수서단지 41세대, 가양단지 30세대)를 공급할 예정이다. 2016년 서울시로부터 사용승인을 받고 먼저 착공에 들어간 가양단지는 2017년 초 완공을 앞두고 있다. 공공임대주택 수요자는 도시근로자, 신혼부부, 사회초년생 및 대학생을 포함한 3대 주거취약계층을 대상으로 공급된다, 본 연구는 ‘수요자 맞춤형 주택공급 시스템’을 구축한 사례라는 점에서도 의미가 있다.

안전성 · 내화성 ↑ 소음 · 시공비 ↓,
기술성과 경제성 모두 갖춘 차세대 주거모델

과학기술적 측면에서 핵심성과는 모듈러 시공의 3대 난제인 ‘구조안전성, 차음성, 내화성’을 주택건설기준에 부합하도록 기술적으로 해결한 것이다. 표준화를 통한 원가절감을 위해 ‘MC설계 및 BIM 통합설계시스템’을 구축했고, MC설계를 적용하여 주택의 표준화 방안을 도출한 것은 물론 단위부재 · 접합부 · 유닛별 라이브러리 구축 및 정보화를 구현했으며,

공공복지기술 | Welfare R&D

4D시뮬레이션으로 시공성을 검토하여 설계·공사기간을 10% 가까이 단축했다. 국내 최초로 5층 이상 모듈러주택의 구조안전성을 확보한 것도 큰 성과 중 하나다. 3층 높이까지만 안전성을 확보할 수 있었던 기존 기술의 한계를 뛰어넘기 위해 운송 및 양중 효율을 증가시킨 경량합성 바닥판을 개발했으며, 접합부 최적 구조 성능 기술 등을 확보했다.

또 심각한 사회문제로 대두되었던 ‘층간 소음’ 등의 문제를 해결하기 위해 소음차단 바닥구조 및 벽체기술개발을 통해 중량충격음 3등급, 경량충격음 1등급을 확보했으며, 건식벽체구성으로 외부 및 세대 간 전달소음을 차단하여 세대 간 차음 1등급을 획득했다. 에너지 절약을 위해 단차형태의 형상접합을 통해 열교 및 기밀 현상을 차단하고, 일체형 외단열 코너벽을 설치해 단열성능과 기밀성능을 끌어올렸다. 이를 통해 국내 최초로 모듈러 주택의 에너지성능 2등급을 달성하는 쾌거를 이뤘다.



[모듈러 공동주택 Mock-up 구축 및 12대 실증기술(충북 K사 진천공장, 2014.08)]

경제적 측면에서 가장 큰 성과는 신속공급 및 해체가 용이한 모듈러공법을 활용해 새로운 공공임대주택의 모델을 제시했다는 점이다. 모듈러 주택의 아킬레스건이었던 철근콘크리트(RC) 대비 130%에 이르는 공사비를 110%까지 낮추고 90%까지 원가절감 가능성을 제시한 것도 큰 성과로 볼 수 있다. 연구진들은 작업내역체계를 3단계(모듈러 공정제작, 일반 현장시공, 모듈러 현장시공)로 분리하고 표준화된 코드를 적용한 ‘모듈러 공법 표준내역체계’를 구축해 원가관리의 효율성 및 입찰업무의 정확도를 끌어올렸다. 아울러 국내 대표 모듈러 제조회사의 참여를 기반으로 원가절감을 위한 다각적 교차검토를 통해 가격경쟁력을 갖추고, RC공법에 비해 공사기간을 50% 단축하여 경제성을 확보했다.



모듈화된 자재의 공장 대량생산을 통해 신속하게 집을 지어 저렴하게 공급할 수는 없을까 오랫동안 고민했지만, 조립식 주택에 대한 우리 사회의 부정적 인식과 편견은 넘을 수 없는 벽처럼 견고하고 단단했다. 그런데 2013년 모듈러주택 기술개발과 실증사업을 할 수 있는 국토교통R&D과제를 시작하게 되었다. 주관연구기관인 한국건설기술연구원부터 SH공사, 국내 3대 모듈러 주택업체까지 이 분야 전문가와 기업들이 의기투합해 컨소시엄을 구성했고, 연구 첫 해부터 MBI 등 국제 모듈러 컨퍼런스에 적극적으로 참여해, 모듈러주택의 3대 난제를 해결할 수 있는 연구성과들을 소개하자, 국제 모듈러 산업업체와 국가기관 등이 큰 관심을 보이기 시작했다.

심지어 싱가포르 등 공공주택 확대공급에 관심을 갖고 있는 국가 공무원들이 실증단지 현장방문을 다급하게 요청하기도 했다. 국외에서의 뜨거운 반응과는 달리 우리 지역사회에서는 공공임대주택과 행복주택의 형태로 공급되는 모듈러 주택의 신축에 결코 우호적이지 않아 실증단지의 승인부터 착공까지 많은 난관을 겪어야 했다. 실증단지 완공까지 아직도 넘어야 할 산이 많지만, 1/2 공기단축과 기존공법대비 10% 공사비 절감이라는 연구목표 달성을 위해 ‘지성이면 감천’이라는 말을 마음에 새기고, 오늘도 곳곳이 연구성과 도출에 매진할 것이다.

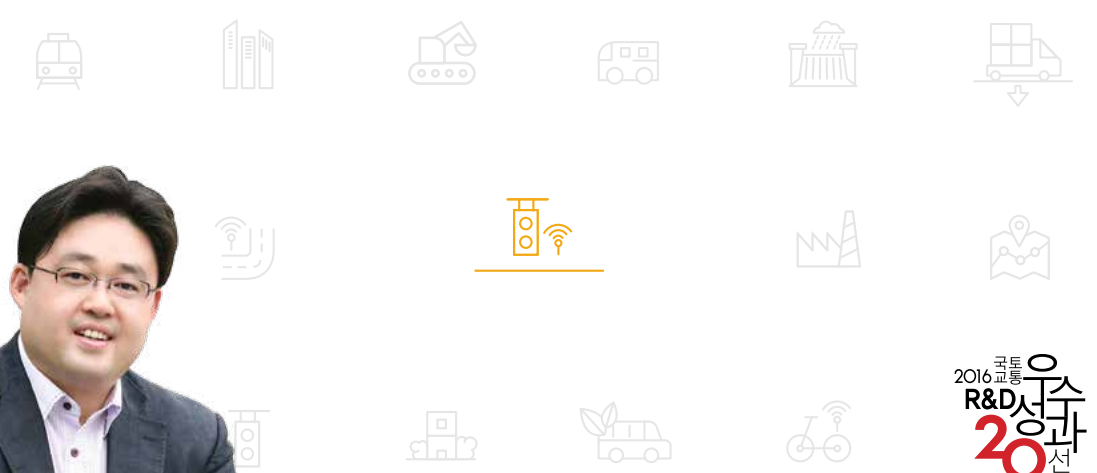
주요 연구 개발 성과

논문	· SCI 논문 게재 4건, 국내 논문 게재 11건
지식재산권	· 특허출원 6건, 특허등록 3건
실증단지 구축	· 수서단지 41세대, 가양단지 30세대 예정('16. 10~'17. 08 구축예정)

적정교통안전기술개발로 지역소도시 교통안전 증진

| 지역소도시 교통사고 저감을 책임질 센서기술 기반 차량 및 인명 상호인식 기술 개발 |





연구책임자	이 민 재	연구진	조중연(유니콘스(주))
소속기관	충남대학교		
연구기간	2013.6 ~ 2017.2		
전화번호	042-821-5677		

“대도시와 달리 지역 소도시의 경우 교통인프라가 발전하지 못해 안전기술도 낙후된 상황이다. 이에 지역의 특성을 반영한 교통안전기술 개발 및 적용이 시급하다.”

세계 교통안전시장은 2011년 기준 2,530억 달러(약 292조원) 규모로, 2021년까지 연평균 8%대로 성장할 전망이다. 정부는 교통안전에 대한 중요성을 인식하고 교통안전시설에 대한 2017년도 예산을 종전 7천억원에서 8천억원으로 대폭 늘리겠다고 발표했다. 대한민국이 교통안전국이 되기 위해서는 대도시뿐만 아니라 전국 곳곳에 산재해있는 소도시의 특성을 고려한 안전기술개발이 진행되어야 한다. 지역 소도시의 환경을 고려한 교통안전기술을 개발하고 테스트베드를 통해 실용화를 앞당긴 본 연구를 통해 교통안전 사각지대가 없는 우리나라의 미래를 기대해본다.



지역 소도시 교통인프라 개발 필요성 대두

교통안전에 대한 국민적 기대치가 날로 높아짐에 따라 관련 시장도 급격히 성장하고 있다. 특히 전자, 정보, 통신, 제어 등의 기술을 교통체계에 접목한 지능형교통시스템 'ITS(Intelligent Transport Systems)' 활용에 대한 기대가 높아지면서 관련 기술개발도 활발해지는 추세다. 시장조사업체 마켓 앤 마켓(Markets and Markets)에 따르면 시스템, 어플리케이션, 센서 및 장비 등을 포함한 ITS 시장 규모는 2015년 196억 달러(약 21조원)에서 2020년 339억 달러(약 38조원)규모로 성장할 것으로 예상된다. 국내 ITS 시장은 2014년 기준 약 4억 달러(약 4,548억원) 규모로 세계시장의 2.4%를 차지하고 있다. ITS 시장은 주로 자동차산업 선진국인 미국·유럽·일본이 주도하고 있으며, 미국은 시장규모의 우위를 앞세워 정부와 민간 자동차업체의 공동 프로젝트를 일관성 있게 진행해왔다.

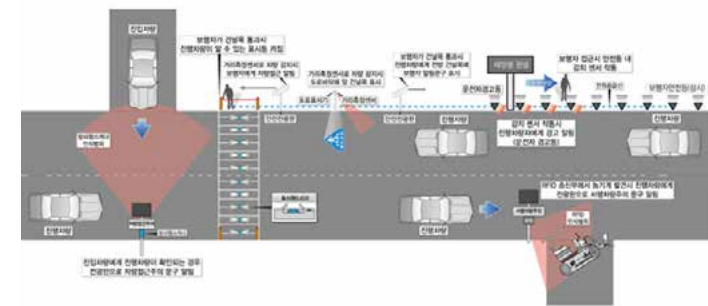
이미 1991년부터 육상교통효율화법을 통해 83개의 시범사업을 수행했고 이를 토대로 최근에는 ITS 차량단말장치 장착 의무화를 추진하고 있다. 일본은 독자적인 플랫폼으로 초기단계의 안전운전 지원 서비스를 상용화했고, 현재는 이를 고도화하는 데 주력하고 있다. 우리나라는 1993년 ITS를 도입한 이후 고속도로 및 지역 시범사업을 거쳐 2000년 'ITS 기본계획 21'을 수립했으며, 2012년 '자동차·도로교통분야 ITS 계획 2020'을 발표하고 첨단자동차·도로기반기술 확보를 위한 R&D 및 표준화를 추진하고 있다. 이를 토대로 2020년까지 모든 4차로 이상의 도로를 대상으로 실시간 도로관리, 이용자 맞춤형 대중교통정보 등을 제공하는 지능형 교통시스템을 구축하겠다는 계획이다. 그러나 교통체계에 많은 이목이 집중되고 있는 대도시와 달리, 지역 소도시의 경우 교통인프라가 발전하지 못해 안전기술도 낙후된 상황이다. 이에 지역의 특성을 반영한 교통안전기술 개발 및 적용이 시급하다.

센서 및 인명상호인식 기술 적용한 안전시제품 개발

연구단은 지역 소도시의 교통사고 특성을 고려하여 맞춤형 교통안전 기술을 개발했다. 가장 먼저 지능형교통시스템인 센서기술 및 인명상호인식 기술 등을 적용하여 시제품을 개발했으며, 테스트베드를 구축해 개발 기술을 적용하고 주민 설문조사와 모니터링을 바탕으로 시제품을 보완해 나갔다. 대표 시제품으로는 보행자 인식센서를 적용한 '보행자 건널목 인식등', 갯길 야간 보행자의 안전성 향상을 위한 '교통약자 노건용 인식등', 지역 소도시의 주요 교통사고 요인인 농기계충돌사고를 예방하기 위한 '농기계 운행 안전 LED전광판', 방

사형 레이저 스캐너로 차량을 감지해 위험신호를 전달하는 '차량/인명간 상호인식 시스템' 등을 들 수 있다.

교통안전 시제품을 적용할 테스트베드 구축을 위해 연구단은 꼼꼼한 선정단계를 거쳤다. 먼저 지역별 교통사고 특성을 고려해 예비대상 사업지구를 선정했으며 1·2차 현장조사를 통해 테스트베드 후보지를 선정하고 시·군과의 업무협약 및 정책제안을 통해 충청남도 예산군 고덕면 구만리를 최종 선정했다. 테스트베드 지역에 개발기술 시제품을 적용했으며, 주민대상 기술 만족도 조사와 지속적인 모니터링을 통해 시제품을 개선했다.



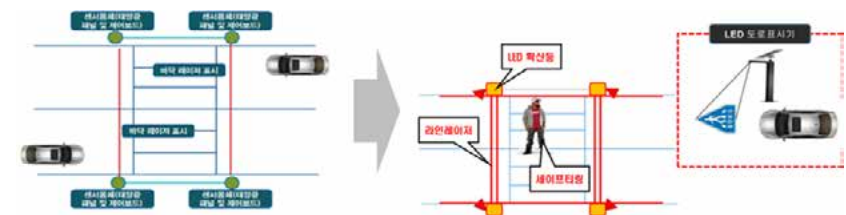
[테스트베드 계획도]

시제품을 개선한 사례를 살펴보면, 우선 '교통약자 노건용 인식등'의 경우 LED 발광량이 증가했으며, 인체감지 센서 감도가 조정되었고, 겨울철 노건 설치 시 세설차에 의한 영향을 고려하는 방향으로 설계가 변경됐다.



[교통약자 노건용 인식 개선]

'보행자 건널목 인식등'은 개선사항 반영 후 라인 레이저 발광량이 증가되었고, 포스트 LED 발광량은 감소했다. 또한 포스트 설계를 지름 150mm의 강봉 형태로 변경했으며, 일체형 태양광 패널 설계를 개별 태양광 패널로 변경했다.



공공복지기술 | Welfare R&D

개선사항 1



[레이저 두께 개선]

개선사항 2



[SAFTY RING 작동 사진]

개선사항 3



[LED 도로 표시기]

신재생에너지,
ITS 기반 기술 적용

본 연구를 통해 농촌의 특성을 반영한 교통안전 시설물이 개발되었고, 시제품으로 제작되어 보급기반을 마련하게 됐다. 시제품들은 신재생 에너지인 ‘태양광 에너지’로 전력을 충전하는 친환경 제품으로 제작되어 정부가 추진하고 있는 에너지 절약산업과 맥을 같이 한다. 또한, ITS기반의 신체감지센서와 RFID(무선인식)칩을 적용해 평소 통행인원이 적은 지역 소도시의 불필요한 전력소모를 줄이게 된 것도 성과 중 하나다. 테스트베드에 적용된 시제품 ‘교통약자 노건용 인식등’은 농촌지역 보행자가 건널목이나 도로를 보행할 때 인체감지센서가 작동하면서 점등용 백색 LED와 적색 LED로 신호를 보내는 태양광 기반 기술이다. ‘보행자 건널목 인식등’ 역시 횡단보도 양 옆에 센서 몸체를 설치해 보행자를 인지하고, 라인레이저와 LED발광체를 통해 운전자에게 경고를 주는 태양광 기반 시스템이다. ‘농기계 운행 안전 LED전광판’은 농기계에 RFID칩을 부착하여 국도 및 지방도 통행 시, LED 전광판이 RFID칩을 인식해 경고등을 내보내는 기술이다.

교통안전 시설물의 소형화를 통해 경제성을 확보한 것도 눈여겨 볼만한 성과다. 연구를 통해 개발된 시제품들은 기존의 교통안전시설물 보다 작게 제작돼 재료비와 시공비가 절감되었으며, 센싱 및 태양광에너지를 기반으로 제작되어 유지관리비를 낮출 수 있게 됐다. 또한 낙후되어 있던 교통안전 시설을 보완함으로써 지역 소도시 주민들의 교통사고 안전성을 확보하여 사회적 비용을 줄일 수 있다.

연구단은 개발 기술을 지자체 및 공공기관과의 연계사업에 총 4건 제안 완료하였고, 이 중 3건이 반영되는 성과를 얻었으며, 기술실시계약 체결을 비롯해 공공기관 및 관련업체에 기술지도를 진행하고 있다.



예상은 했지만 농촌도로의 보행자 안전성은 매우 취약했고, 농작물피해의 최소화, 전력원의 한계를 극복하며, 경제성까지 갖춘 소도시형 교통안전 적정기술을 개발한다는 것은 사실 큰 도전이었다. 더구나 우리나라 농촌현실에 적용 가능한 연구결과물을 도출해야 한다는 부담감도 컸다. 실험실에서 예측했던 것과 현장에 시공된 결과물 사이에는 큰 차이가 있었고, 공용중인 도로에 테스트베드를 설치하기 위해 관련기관의 협조와 주민의 동의를 얻는 일은 생각보다 복잡하고 힘든 일이었다. 그러나, 연구가 진행될수록 많은 관심을 보이시고 다양한 의견을 주시는 마을어르신들의 모습은 어려움에 봉착할 때마다 안전시설의 필요성과 실효성을 다시 깨닫는 원동력이자 연구의 큰 활력소가 되었다.

아울러, 차량통제가 어려운 도로 위에서 여러 위험과 어려움을 감수하며 진행되는 현장실험에도 적극적으로 임해준 연구원들 덕분에 수많은 고비를 슬기롭게 넘길 수 있었다. 본 연구의 시발점으로, 연구기간 내내 가장 필요한 정보를 제공해 주셨고, 연구성과에 누구보다 기뻐하실 충청권 소도시 마을 어르신들과 어려운 조건속에서도 항상 최선을 다해준 연구진들에게 이 자리를 빌어 감사의 마음을 전하고 싶다.

주요 연구 개발 성과

지식재산권 · 특허출원 5건

기술적용 · 개발기술 지자체 및 공공기관 연계사업 제안 3건, 공공기관 및 관련업체 기술지도 5건
· 개발 기술 현장적용 및 운영 3건
· 기술실시계약 1건

주거취약계층 특성을 고려한 한국형 지원주택 개발

! 고령자, 장애인, 신혼·육아, 빈곤가구 등 주거취약계층을 위한 맞춤형 주거복지를 선도하는 공간모델 완성 !





연구책임자	이연숙	연구진	하미경(연세대학교)
소속기관	연세대학교		이진국(한양대학교)
연구기간	2013.12 ~ 2017.12		오양기(목포대학교)
전화번호	02-2123-3133		김인호(신구대학교)

2016 국토교통 R&D 우수성과 20선

Welfare R&D

“주거복지는 거주자의 신체적 상황과 커뮤니티 활성화, 삶의 질 향상을 위한 공간계획과 복지전달체계 등을 면밀히 고려하여 계획을 세워야 한다.”

인구 다변화, 저출산, 고령화, 경기침체 등으로 주거취약계층이 늘어남에 따라 국가의 재정부담도 커지고 있다. 주거문제를 해소하기 위해서는 주택을 단순히 물리적 공간이 아닌 삶터로 인식해야하며, 획일적 공급방식이 아닌 수요자를 위한 맞춤형 복지를 제공해야 한다. 본 연구를 통해 제시된 한국형 주거복지 모델은 현 사회의 주거문제를 해결하는 한편, 선진형 주거복지시스템의 이정표이자 길라잡이가 될 것이다.

주거취약계층의 특성을 고려한 주거계획 필요

고령자, 장애인, 신혼·육아가구, 빈곤가구 등 주거취약계층이 점점 세분화되고 있다. 빈곤가구계층의 경우 안정된 거처를 마련하지 못하고 주거공간이라고 여기기 어려운 비닐하우스나 쪽방, 고시원 등에서 생활하고 있는 사람들도 늘어나고 있는 추세이다. 이러한 주거취약계층의 삶을 보장하고 사회적 불안감을 줄이기 위해서는 취약계층의 상황과 생애주기를 고려한 주거계획이 필요하다. 특히 이들 거주자의 신체적 상황과 커뮤니티 활성화, 삶의 질 향상을 위한 공간계획과 복지전달체계 등을 면밀히 고려하여 계획을 세워야 한다.

하지만 이제까지 우리나라는 주거취약계층을 위한 주택정비가 미비하며, 이러한 정비를 위한 지침도 마련되지 않았고 주거유형도 아파트 위주로 다양한 주택유형 개발도 이루어지고 있지 않은 상황이다. 또한 다양한 계층 및 수요자를 고려한 주택관련 지침, 가이드라인, 체크리스트 등 건축·공간·설비기준이 미비하다. 미국은 1990년도 ADA(장애인법)가 제정된 후 장애인 환경의 설치기준을 제시하는 법적기반을 마련했으며, 가이드라인에 주거유형에 대한 기준뿐만 아니라 설계옵션과 통신, 인권 등의 폭넓은 지침을 기술하고 있다. 일본의 경우 고령화의 심각성을 인식하고 1994년 고령자, 신체장애인의 이용을 고려한 건축설계 기준을 책정하고 법률로 제정했으며, 이후 ‘배리어프리 신법’을 시행해 도시 교통, 건축 등 공공시설을 중심으로 각종 가이드라인을 제시했다. 국내의 주거계획지침기술은 주로 고령자, 장애인 등 사회적 약자를 중심으로 ‘장애인 편의시설 매뉴얼(서울시)’, ‘농어촌 장애인 주거환경개선기술 매뉴얼(한국장애인개발원)’ 등 지자체와 민간단체에서 제시하고 있는 실정이다.

최근 일본 후생노동성은 의료비 절감을 위해 장기요양병원의 일부를 2017년까지 폐지하고 주거지 인근의 의료기관과 연계된 병설형 주거모형을 만들겠다고 밝혔다. 미국과 유럽에서는 다양한 취약계층의 삶을 증진하고 국가 비용부담을 절감하기 위해 ‘지원주택(Suppritive Housing)’을 활발히 보급하는 추세다. 이렇듯 국제적으로도 사회적 배경과 취약계층에 대응하기 위해 다양한 주택계획 지침 및 방안을 가이드라인 및 법적으로 제시하고 있으며 새로운 주택모형 제시를 통해 대응하고 있다. 우리나라 또한 다변하는 사회적 배경과 미래복지 위기를 대처한 선진적 주택모형 개발이 절실히 필요하다.



테스트베드 구축을 통한 가이드라인 및 주거모델 적용

연구진은 시대변화에 대응하는 주거모형을 개발해 선진형 주거복지시스템을 구축하겠다는 목표 아래, 첫 단계로 수요자의 특성을 고려한 주거계획지침 및 맞춤형 주거모형을 개발했다. 고령자, 장애인, 신혼·육아, 빈곤계층 등 각 대상별 삶의 질 향상을 위한 근거개념을 찾고, 기본 건축설계과정에서 필요한 항목을 추출하여 주택설계 가이드라인을 완성했으며, 새로운 주거복지모델로서 한국형 ‘지원주택’을 제안했다. 한국형 지원주택은 주거취약계층이 부담없이 접근할 수 있는 적정주택이자 공동공간을 통해 커뮤니티를 만들어가는 공유형주택이며, 거주자가 필요로 하는 맞춤형 서비스가 제공되는 지원주택이다.

수요자 맞춤형 주거계획지침 및 주거모형을 개발한 후에는 이를 적용하고 검증할 테스트베드를 구축 중이다. 영월군 공공임대주택(주거복지지원주택)을 메인 테스트베드로 선정했고 함양군 주거복지모델하우스, 은평구 장애인지원주택, 영등포구 고시원대안주거모델, 마포구 탈노숙인지원주택 등 4개 파일럿 테스트베드를 구축하여 시범사업을 펼칠 계획이다.

주거복지 체감수준을 높이고 주택공급 패러다임 전환



[영월 테스트베드 공공임대주택]

강원도 영월군에 위치한 ‘영월 테스트베드 공공임대주택’은 본 과제의 메인 테스트베드다. 수요자 특성에 맞춘 사회통합형 공공임대주택 공급을 통해 주거복지 모델을 제시하는 것이 목적으로, 지속적인 주거안정과 효율적 정착을 위해 자활지원시스템을 개발해 적용할 계획이다. 2014년 11월에 테스트베드로 선정되어 기존 건물 리모델링 및 수평증축을 설계·시공·평가를 진행했고 2017년 12월에 종료될 예정이다.

함양군에 위치한 파일럿 테스트베드인 ‘주거복지모델하우스’는 SI방식의 지원주택 모델하우스다. SI는 거주자의 라이프스타일과 라이프 사이클 변화에 유연하게 대응할 수 있는 주택공급시스템을 뜻한다. 함양 상림숲의 자연을 활용하여,

공공복지기술 | Welfare R&D

힐링, 향노화 체험 및 귀농·귀촌 주거체험도 가능한 함양군 주거복지모델하우스는 2014년 10월에 테스트베드로 선정되어 2017년 12월에 종료될 예정이다.

서울시 은평구에 위치한 파일럿 테스트베드 '엔젤스헤이븐 장애인지원주택'은 장애인 자립환경을 구현한 가이드라인을 적용한 장애인 지원주택모델이다. 사용자참여디자인 방식을 도입한 것이 특징으로, 시설이 아닌 지역사회 내에 거주하는 장애인뿐만 아니라 가족·이웃 등 비장애인도 거주할 수 있도록 시공 중이다. 2014년 10월에 테스트베드로 선정되어 2017년 12월에 종료될 예정이다.

서울시 영등포구에 위치한 파일럿 테스트베드는 청중장년과 1인 거주자를 대상으로 한 고시원대안주거모델이다. 도심 속 유휴 근린생활시설을 활용했으며, 이를 통해 지속적인 주거안정과 정책을 위해 자활지원시스템을 제안하였고 주거협동조합을 통해 운영할 방침이다. 2014년 12월에 테스트베드로 선정되어 착공에 들어갔으며, 2017년 12월에 종료될 예정으로 증가하는 1인 가구의 안정적 삶을 도모할 수 있을 것으로 예상된다.

서울시 마포구에 위치한 파일럿 테스트베드는 '탈노숙인지원주택'이다. 매입임대 다세대주택 건물을 활용해 2014년 11월에 테스트베드로 선정되었다. 정신질환, 알코올중독 등으로 노숙인 시설에서 재활치료를 받은 후 사회복귀를 위해 독립생활을 준비하는 사람들을 대상으로 하며 이들의 정서적 안정을 위해 옥상커뮤니티 공간 등을 설계한 것이 특징이다.



[영등포 파일럿 테스트베드 고시원대안주거모델]

지금까지 살펴본 한국형주거복지모델 '공공 지원 서비스주택(한국형 지원주택)'은 향후 주거복지의 이정표로 활용가능하며, 취약계층별 실증 테스트베드 적용기술은 지역별 다양한 상황에 대처하는 실증사업 및 시범사업의 길라잡이가 될 것이다. 급격한 사회변화에 따른 취약계층의 주거문제를 심층적으로 분석·예측하고 맞춤형 주거대안을 제시한 본 연구를 통해 국민의 주거복지 체감수준을 높이고 미래의 복지부담 위기를 경감할 수 있으며 주택공급의 패러다임을 전환하는 계기가 될 것으로 기대한다.



사회복지비용을 절감하면서 취약계층의 삶의 질도 증진시키기 위해 미래형 주택을 개발하고, 맞춤형 주택계획 가이드라인을 완성하는 본 과제는 연구진에게도 매우 어려운 숙제였다. 주거복지에 있어 가장 후발국이라고 할 수 있는 우리나라에서, 가장 짧은 시간내에 세계 선진국의 시행착오를 분석하고 새로운 주거경향까지 섭렵해 보다 앞서가는 한국형 모델을 만들어야 했기 때문이다. 연구의 중요성과 영향력을 잘 알고 있는 만큼 연구진은 연구시작부터 주말도 없이 연구에 몰입했고, 여러 유형의 취약계층 요구를 파악하여 창의적이며 차별화된 미래주택모델을 개발하고자 노력했다. 또한 혁신적 주택을 지역사회에 출범시킬 때 소통부족으로 관철되지 못하는 사례가 많은 우리나라의 현실을 직시하고, 지역소통을 위한 거버넌스를 선구추하고 지자체의 여건을 존중하며 면밀히 협력해왔다.

결국 연구진은 영월의 주거복지지원주택 등 주거모델 다섯 개의 실증 테스트베드를 무난히 출범시켜 운영하고 있다. 각각의 실증 테스트베드는 한국형 주거복지모델을 보여주는 다양한 지원주택으로서, 특정 취약계층을 위한 유형과 여러 취약계층이 혼재된 유형으로 개발되었다. 현재까지 서울, 강원도, 경상도까지 전국에 흩어져있는 5개의 실증 테스트베드를 성공적으로 운영하며, 다양한 취약계층 주거복지모델의 바람직한 대책을 찾아내는 데 최선을 다하고 있는 연구진은 앞으로도 주택이 단순한 물리적 환경이 아니라 삶의 터전이라는 인식아래 '한국형 주거복지 모델' 완성을 위해 최선을 다할 것이다.

주요 연구 개발 성과

논문	· SCI 3편, 국내 논문 게재 23건
지식재산권	· 소프트웨어등록 1건, 저작권 등록 2건, 디자인등록 3건
사업화	· 대한주거협동조합 창업(15년도 매출 2,100만원)
수상	· 서울시 녹지를 이용한 공동체 활성화 부분 「우수상」 수상 · 사단법인 한국주거복지포럼 주거복지 프로그램 증진 부분 「대상」 수상

한국형 스마트시티, 미래도시의 패러다임을 선도하다

한국형 스마트도시를 통해 기존 스마트도시 모델과의 차별화 및 우리만의 성장 방식 구축



연구책임자
소속기관
연구기간
전화번호

위성복
LH(한국토지주택공사)
2013.12 ~ 2019.6
055-922-6470

연구진

신동빈(안양대학교)
이재용(국토연구원)
임윤택(한밭대학교)

“에너지, 교통 등 개발 솔루션에만 치중되어 있는 외국의
스마트시티와는 차별화된 융복합적인 솔루션을
마련하는 것이 U-City의 목표다.”

‘4차 산업혁명’ 시대의 고부가가치 플랫폼으로 ‘스마트 도시’가 주목받고 있다. 다른 나라와는 차별화된 한국형 스마트도시(U-City) 모델을 구축하기 위해 본 연구에서 U-City 통합플랫폼 및 체험서비스가 개발되었으며, 향후 테스트베드 구축으로 연구 성과를 실현할 계획이다. 또한 K-Smart City 모델을 바탕으로 해외진출 논의가 활발히 이뤄지고 있어 융·복합 솔루션을 갖춘 U-City가 세계 미래도시의 패러다임을 선도하게 될 날이 머지않아 보인다.



4차산업 시대의 고부가가치 신산업 플랫폼 ‘스마트 도시’

선진국과 개발도상국 모두 새로운 시대를 선도할 기술을 발굴하고 선점하기 위해 스마트 도시 정책을 경쟁적으로 발표하고 있다. 급격한 도시화로 인한 인프라 및 자원부족, 인구 고령화, 지구 온난화, 교통혼잡비용 증가(10년 기준 28.5조원) 등 부작용이 발생하면서 각종 사회문제를 해결하고 도시 경쟁력을 향상하기 위해 스마트도시가 급부상하고 있다. 시장 분석기관인 ‘마켓 앤 마켓(Markets and markets)’의 보고에 따르면 스마트 도시의 시장규모는 지난 2014년 4천억 달러(약 455조원)에서 오는 2019년 1조1천억 달러(약 1,114조원) 수준으로 크게 증가 할 것으로 예상했다.

중국은 스마트 도시(智慧城市) 정책을 적극 추진하고 있으며, 총 1조위안(약 182조원)을 투자해 오는 2020년까지 전국 5백여 곳에 스마트 도시를 건설하겠다고 밝혔다. 인도는 2015년 100개의 스마트도시 구성안을 발표했다으며, 이듬해에는 20개의 시험도시 계획을 공개했다. 우리나라는 이미 2008년에 ‘유비쿼터스도시의 건설 등에 관한 법률’을 제정해 ‘한국형 스마트시티(U-City)’ 구축을 위한 첫 발을 내딛었으며, 전문인력양성사업과 U-Eco 및 U-City 고도화 프로젝트 등 정부 R&D사업을 통해 스마트도시의 미래를 구체화해왔다. 현재 25개 지자체에서 U-기본계획수립을 세웠으며, 80여개 지자체에서는 U-City사업을 진행하고 있다.

U-City 고도화를 위한 핵심 기반기술 개발

U-City는 유비쿼터스 기술을 공간에 접목한 미래도시로 시민들이 필요로 하는 정보를 빠르게 제공하고 도시를 똑똑하게 관리하는 스마트시티 기능과 사람의 생활을 더 편리하게 만드는 도시 공간계획(Urban Planning) 개념이 결합된 한국형 스마트도시다. 에너지, 교통 등 개발 솔루션에만 치중되어 있는 외국의 스마트시티와는 차별화된 융복합적인 솔루션을 마련하는 것이 U-City의 목표다.

U-City를 고도화하기 위해서는 핵심 기반기술이 탄탄해야 한다. 연구진은 이를 위해 시민·기업·정부가 소통하는 맞춤형 U-City 플랫폼 구축, 지속적인 U-City 발전을 위한 모델정립 및 발전전략 확보, U-City 공간계획 및 설계기술을 개발, 미래성장동력으로 U-City 수출모델 고도화 및 실현계획 수립 등 4가지 세부과제로 나눠 연구를 수행해왔다.

연구진은 다른 국가의 스마트도시 모델과는 차별화된 우리만의 모델을 구축하기 위해 연구개발성과를 종합하여 대상지에 구축하고 체험할 수 있는 체험형 테스트베드를 구축하고 있다. 체험형 테스트베드에는 통합

플랫폼과 체험형 서비스가 구축되며, 현재 각 지방자치단체의 U-City 운영과 연계 활용되어 시너지를 발휘할 것으로 기대된다.



[베트남 후에시와 U-City 기본계획 수립을 위한 MOU 체결('15. 5. 13)]

U-City 플랫폼 개발 및 해외진출 비즈니스모델 구축

연구진은 첫 번째 세부과제를 통해 시민·기업·정부가 소통하는 맞춤형 U-City 플랫폼을 개발했다. U-City 플랫폼은 정보의 공유 및 유통, 대용량 도시정보의 수집과 가공, 분석, 활용기반을 마련하고 복합적으로 발생하는 도시문제에 대해서 ICT를 이용해 해결하는 고도화된 통합플랫폼이다. 플랫폼을 개발한 데 이어 U-City산업의 활성화와 체감도 향상에 기여하고 각 지자체에서 시민들에게 U-City를 알리는데 사용될 수 있도록 U-City 체험서비스를 개발해 제공하고 있다.

두 번째 세부과제를 통해 U-City 인증제도가 마련됐다. 일원화되고 표준화된 U-City 기준정립으로 지역별 표준화된 서비스 제공이 가능해졌다. 이 외에도 U-City 추진 과정상의 여건변화 및 기술발전에 대한 대응력을 키우기 위해 정책적·제도적 법체계를 보완·마련하고 있다. 또한 각 지자체에서 직접 사업의 확장 가능성과 수준을 진단할 수 있도록 U-City수준진단시스템을 개발한 것도 성과 중 하나다.

세 번째 세부과제를 통해 미래도시공간인 'U-Special Zone'의 설계기술이 개발되었으며, 예산 및 디바이스의 스마트 수준을 고려해 체계적으로 지원하는 'U-City 계획지원시스템'이 마련됐다. ICTs가 접목된 U-City 공간계획 및 서비스 개발은 도시공간에서 일어나는 인간의 모든 활동에 영향을 미치며, 단순한 기술발전의 의미를 넘어 삶의 패턴을 바꾸고 삶의 질을

공공복지기술 | Welfare R&D

높이는 서비스로 발전이 기대된다.

네 번째 세부과제를 통해 해외수출 비즈니스 모델 및 해외진출 매뉴얼이 개발되었으며, 이를 바탕으로 해외 진출전략 연구가 활발히 진행되고 있다. 1~2차년도 연구과제인 '해외 스마트시티 수준진단과 비즈니스 모델'을 3차년도 이후부터 실증대상지에 적용해 실현가능한 비즈니스 전략수립에 활용하고, 이를 토대로 해외진출을 꾀하겠다는 목표다. 또한 2015년부터 시작된 한·중 도시협력회의를 통해 한국형 스마트시티 해외협의체 내에 중국 협의체를 구성했다. 뿐만 아니라 U-City 체험형 테스트베드를 해외에도 구축하여 우리가 보유한 기술과 상품을 적용하는 등 해외수출에 필요한 기술개발의 방향성을 제시하여 국내 U-City 해외수출의 선순환적 구조를 견인해 나갈 방침이다. 연구단은 다각적 수주지원을 통한 해외진출 활성화를 위해 2016년 5월 'K-Smart City 수출추진단'을 발족했으며, 해외수출전략 및 비즈니스모델을 개발하고 있다.

이를 통해 도시개발 노하우와 스마트그리드, ITS, 해수담수화 등 다양한 기술을 적용한 'K-Smart City' 모델을 구축하고 국가별 맞춤형 진출전략 수립은 물론 외교·금융·홍보 등의 활동을 활발히 벌여나갈 계획이다. K-Smart City 수출추진단은 세종시에 U-City 체험지구를 구축해 한국을 방문하는 바이어와 외빈을 대상으로 투어프로그램을 운영하고 있다.



[UN-Habitat 공동 국제컨퍼런스 및 U-City고도화연구 전시회]



U-City 연구를 진행하며 항상 고민스러운 것은 우리가 더불어 살아가고 있는 도시공간의 미래를 전망하는 것과 이 공간속에서 어떤 서비스 개발로 도시민의 삶을 더욱 편리하고 풍요롭게 만들 수 있을까하는 부분이다. 이를 위해 획기적으로 발전하고 있는 ICT와 정보통신기술을 접목한 U-City 고도화 연구를 진행하고 있고, 도시의 교통, 환경, 안전, 재해 등 다양한 분야에서 혁신적인 발전을 이루기 위해 노력하고 있다.

또한 대전광역시와 세종특별자치시를 대상으로 체험형 테스트베드를 운영하면서 스마트시티 적용에 관한 연구도 진행중에 있다. 최근 스마트시티가 국가전략프로젝트로 선정되어, 정부의 지원과 많은 국민들의 관심을 받고 있는 것이 연구진에게는 큰 힘이 되고 있다. 이러한 관심과 성원에 부응하기 위해 모든 연구진이 책임감을 느끼며, 세계시장에서도 경쟁력을 갖춘 한국형 스마트시티 개발을 위해 최선을 다하고자 한다.

주요 연구 개발 성과

지식재산권 · 소프트웨어등록 18건, 특허출원 2건

국제협력 · 베트남 후에시와 U-City 기본계획 수립을 위한 MOU 체결 ('15. 5. 13)
· 한국토지주택공사(LH)와 중국도시발전센터(CCUD) MOU 체결 ('16. 7. 29)
· 한국스마트도시협회와 중국자해성시발전연맹 MOU 체결 ('16. 7. 30)
· UN Habitat와 LH간 MOU 체결 ('15. 8. 24)
· 한국 유비쿼터스도시협회와 중국 스마트시티산업연맹 MOU 체결 ('15. 10. 13)
· 스마트시티 국제세미나 개최 ('15. 12. 15)
· 2016 China Smart City International EXPO 한국중 스마트도시 세미나 개최 ('16. 7. 30)

더욱 안전해지고 믿음직해진 친환경 대중교통 ‘바이모달 트램’

| 온실가스 저감, 대기오염 감소를 위한 친환경 고효율 운송수단 바이모달 트램 |



2016 국토교통
R&D 우수
성과
선



연구책임자
소속기관
연구기간
전화번호

김상용
(주)우진산전
2014.6 ~ 2016.6
043-210-0951

연구진

윤일수(아주대학교)

“대기오염과 인구고령화 등의 문제가 발생하면서
고효율·친환경 운송수단에 대한 관심이 높아지고
바이모달 트램이 차세대 대중교통으로 떠오르고 있다.”

철도가 버스와 택시를 대체하는 미래형 교통수단으로 진화하고 있다. 특히 선진국에서는 환경문제와 교통약자를 배려하기 위한 수단으로 트램을 도입하는 추세다. 우리나라는 2013년 자가발전시스템을 갖춘 바이모달 트램을 개발했으나 실용화에 어려움을 겪어왔다. 본 연구를 통해 바이모달 트램의 안전성과 신뢰성이 확보되었으며, 친환경 교통수단으로서의 기술력을 갖추는 등 대중 앞에 당당히 나설 준비를 마치게 됐다.

바이모달 트램, 친환경 교통수단으로 떠오른다

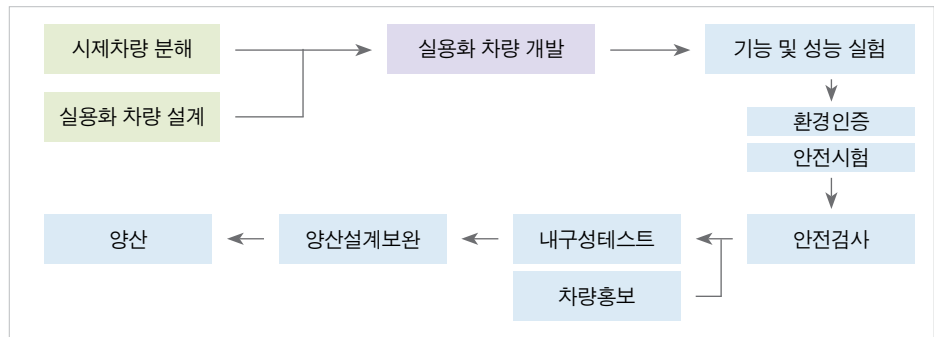
대기오염과 인구고령화 등의 문제가 발생하면서 고효율·친환경 운송수단에 대한 관심이 높아지고 있다. 이러한 때, 환경오염을 줄이고 교통약자를 배려하는 바이모달 트램(Bimodal Tram)이 차세대 대중교통으로 떠오르고 있다. 바이모달 트램은 버스와 지하철의 장점을 결합한 저탄소 녹색차량이다. 예정된 시각에 출발하고 정확한 시간에 도착하는 철도의 장점과 운행이 유연하고 접근이 쉬운 버스의 장점을 결합했다. 바이모달 트램은 초음파 센서로 거리를 측정하기 때문에 플랫폼에 정밀하게 정차할 수 있고, 전체 차륜 조향시스템을 통해 모든 바퀴 방향을 조작할 수 있어 수평 정차가 가능하다. 또한 4~5m 정도의 간격으로 일정하게 설치된 영구자석을 따라 자동으로 움직이는 것은 물론 전자기 안내 방식으로 동작하여 악천후 속에서도 안정적으로 운행할 수 있다. 뿐만 아니라 1일 최대 승승량 기준 2,500~7,000여명이 탑승할 수 있는 것도 장점이다. 우리나라는 다년간의 국책과제로 ‘유로-5’ CNG 엔진을 탑재하여 자가발전시스템을 갖춘 바이모달 트램을 개발했다. 그러나 2016년부터 도입되는 상용 차량의 배기가스 기준인 ‘유로-6’에 적합하지 않고, CNG 충전이 어렵다는 이유 등으로 실용화를 미뤘었다. 그래서 바이모달 트램을 실용화하기 위해 성능 개선으로 안전성 및 신뢰성을 획득하고, 배출가스 절감 등 친환경성 강화에 등 노력을 기울였다.

차량개조로 성능 향상, 내구성테스트로 신뢰성 검증

바이모달 트램의 실용화 기술개발을 위한 연구는 크게 ‘차량 개조를 통한 성능 향상 및 안전·환경인증 획득’과 ‘내구성 평가를 통한 신뢰성 검증’ 두 가지 단계로 진행됐다. 연구진은 제품의 성능향상을 위해 가장 먼저 차량 2대를 개조했다. 도시 곳곳을 다니며 도시의 심벌이 될 대중교통인 만큼 외형 디자인을 더욱 미래지향적이고 세련되게 개선했다. 또한 엔진을 ‘유로-6’에 맞춰 클린디젤 엔진 발전기로 교체했으며, 차량의 추진시스템을 최적화해 유해 배기가스 배출을 저감하고 저공해·저소음·고연비를 달성했다. 차체 소재에 내부식성이 강하고 재활용률이 높은 알루미늄을 적용했으며, 차량 경량화로 인해 주행성능과 연비가 향상되는 효과를 얻었다. 2축 및 3축 독립구동방식에 적용된 4개의 모터와 기어박스는 1개의 모터·기어박스를 이용한 3축 단독구동방식으로 변경함으로써 차량의 정비 및 점검 포인트를 낮추고 유지보수성을 향상시켰다. 마지막으로 차량의 구성품인 배터리와 유리, 내장재, 전기장치 등의 구성부품을 안전·환경인증에 적합하도록 개발했다. 차량 개조를 통해 제품의 성능을 향상시킨 후에는 내구성 평가를 통해 신뢰성을 검증했다. 테스트는



기능·성능 시험, 환경인증 및 안전시험, 내구성테스트 등의 단계로 진행됐다. 특히 엄격한 테스트를 위해 일반도로와 고속도로에서 내구성 시험을 수행했으며 도출된 결과를 반영하여 설계를 보완하고 최종 양산화를 진행하였다.



[연구개발 추진체계]

이렇게 개발된 바이모달 트램은 2016년 국립환경연구원의 환경인증서와 교통안전공단에서 발부하는 안전검사 및 환경인증서를 획득해 신뢰성을 인정받았다. 본 연구는 실용화 단계를 앞두고 있다. 2015년 인천국제도시의 ‘청라-강서 간 BRT 노선’에 바이모달 트램을 도입해 시험운행을 마쳤으며, 현재 세종특별자치시 BRT노선에 바이모달 트램이 도입되어 운행 중이다. 또한 싱가포르와 동남아시아 국가들과도 기술적용 협의를 진행 중이다.

유로6에 맞춘 클린디젤 하이브리드 도입

바이모달 트램의 기술은 세계적인 수준으로 해외 동일한 시스템 대비 10% 이상의 가격 경쟁력을 확보한 것으로 나타났다. 전차륜 조향시스템을 장착한 하이브리드 굴절버스의 경우에는 네덜란드에서 운행 중인 버스가 유일하며, 바이모달 트램은 세계에서 두 번째로 개발된 차량이다. 또한 차량에 실시간 모니터링을 위한 차량운영관리시스템을 적용했으며, 승·하차시 안전을 위한 PSD(스크린도어) 시스템 연계가 가능하고 ‘유로 6’에 맞춘 클린디젤 하이브리드 도입으로 배출가스를 저감하게 되었으며, 등판능력 20%, 최소회전반경 11.4m 등 유연한 선로선형 확보로 자연지형의 변형을 최소화할 수 있게 됐다. 나아가 전용도로 외에 혼용도로에도 주행이 가능하여 접근성을 극대화했다. 대중교통수단으로서 바이모달 트램의 편의성은 뛰어나다. 전용도로 외에 혼용도로의 주행이 가능하여 접근성이 좋아졌고, 초저상 구조 및 정밀정차 구현으로 수평승하차가 가능하도록 설계됐다. 향후 바이모달 트램의 실용화 기술을 바탕으로 3량 이상의 다관절 차량 개발이 용이해진 것은 물론 세계시장에서도 선제적으로 대응할 수 있을 것이라 예상된다.

공공복지기술 | Welfare R&D

변경 전



변경 후



[바이모달 트램 외형 개조]

엔진	알루미늄 합금 차체
 • EURO-6 클린디젤 엔진 발전기 적용 및 차량 추진 시스템 최적화(유해 배기가스 감소, 양산 차량 기준 만족) • 클린디젤 발전기를 탑재한 하이브리드 시스템 (저공해, 저소음, 고연비) • 디젤 연료 적용으로 CNG 충전 시설 부족 문제 해결	 • 내부식성이 강한 알루미늄 바디 적용 • 차량 경량화로 인한 주행성능 향상(연비 향상) • 내구연한 만료시 높은 재활용률
구동 시스템	배터리
 • 2, 3축 힐모터 구동 방식 > 3축 단일모터 구동방식 • Double Universal Joint 적용으로 구동축 조향 가능 • 기존 독립 구동 제어에 따른 문제 개선 • 단일 모터와 기어박스 적용으로 유지 보수성 향상	 • 배터리 안전성 시험(7종) 및 신뢰성 시험(3종)만족 • QTP E-bus 또는 일반 전기버스에 적용된 배터리 적용 • 배터리 수명 및 안전성 보증 • 엔진 변경에 따른 추진배터리 시스템 최적화 • 배터리만 사용하여 10km이상 주행 가능하도록 시스템 최적화 • BMS에서 셀당 data를 모니터링 하여 시스템 전승 • 전류량, 충전수준, 파워, 온도, 전압, 셀 최대/최소 전압, 셀전압

[바이모달 트램 부품 설명]



2015년 인천 청라국제도시에서의 바이모달 시범운행을 앞두고 연구진은 걱정이 많았다. 8월 차량제작을 마쳐자마자 2주 간 시범 운행 일정이 잡혔기 때문이다. 실용화가 유력시되는 청라국제도시의 시범운행을 성공적으로 마쳐야한다는 생각에 연구원들은 두 달 동안 밤샘작업을 하여 8월 초 차량을 제작하고 기능 및 성능테스트를 진행했다. 10여명의 연구진이 투입되어 행사 이틀 전, 바이모달 트램을 타고 인천시까지 약 150km 구간을 달렸다. 고속도로에서 차량이 갓길에 한 번 정차하는 일이 발생했지만 최고속도에서 추진 모터를 보호하기 위한 속도제한 정차였을 뿐 성능 문제는 아니었다.

시승 당일 계획 인원보다 2배나 많은 200여명이 탑승한 분주한 상황에서도 연구원들은 차량의 이상여부와 소음발생 등을 면밀 하게 체크했다. 시승행사를 마친 후 자동차안전연구원에 안전검사를 의뢰했고, 피로와 싸우며 2호 차량 제작을 시작했다. 촉박한 일 정속에서도 우리나라를 대표하는 친환경 대중교통을 만든다는 자부심으로 밤샘업무도 시범운행의 중압감도 이겨낼 수 있었다. 자 부심과 금지로 이 모든 어려움을 이겨낸 연구원들이 없었다면 짧은 시간 안에 2호 차량을 제작하는 성과는 불가능했을 것이다. 연구 의 시작이자 성과의 주인공인 바이모달 트램 과제 연구진들에게 모든 영광을 돌리고 싶다.

주요 연구 개발 성과

- 실용화
- 실용화 차량 2대(바이모달 트램 시제 1호 및 2호)
- 인증
- 환경 인증서 취득 및 안전검인증 취득



서비스 R&D

S e r v i c e R & D

- 이제 마음 편히 타세요! 자전거 및 이륜차(B2X) 안전서비스 개발
- 도로표지를 자동분석하는 첨단플랫폼 RRAP 개발
- 도로 위의 숨은 위험, 과적차량 단속위한 고속충증기

이제 마음 편히 타세요! 자전거 및 이륜차(B2X) 안전서비스 개발

자전거 및 이륜차(B2X) 안전서비스 개발을 통한 교통사고 감소 노력



연구책임자
소속기관
연구기간
전화번호

고 군 병
한국교통대학교
2014.12 ~ 2016.3
043-841-5463

연구진

송재철(에세텔)
여명호(노벨룩스)



“자전거 사고를 예방하기 위해서는 상호 간 통신이 가능한 B2X 기반 전용 단말기가 개발되는 등 자전거 안전서비스 관련 기술개발 및 시장이 확대되어야 한다.”

자전거와 이륜차는 승용차와 비교해 단거리를 신속히 이동할 수 있고 접근성이 좋으며, 구입비용이 저렴하다는 장점이 있다. 그러나 사고 시 승용차에 비해 치사율이 2배나 높아 안전서비스를 마련하는 등 체계적인 대응방안이 시급하다. 본 연구를 통해 개발된 ‘자전거 및 이륜차 B2X(Bicycle to Infra/Vehicle) 안전서비스’는 자전거 이용자의 안전을 보호해주는 것은 물론 ICT 기반 자전거 부품 신시장을 활성화시키고 신규일자리 창출에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 보인다.

자전거 이용자 증가로 안전서비스 기술개발 시급

‘국토 중주 자전거길’이 완공된 2012년 4월 이후 우리나라의 자전거 인구는 1,000만 명을 넘어섰으며, 자전거 시장도 꾸준히 성장해왔다. 자전거 도로망의 확충, 대중교통과 자전거의 연계 시스템 구축 등 인프라의 발전과 자전거 출퇴근 동호회 등 레저활동의 수단으로 앞으로 자전거 이용자는 계속 증가할 것으로 보인다. 문제는 자전거 열풍만큼이나 자전거 교통사고율도 높아지고 있다는 점이다. 2007년 이후 전체 교통사고 사망자는 8.4%씩 꾸준히 감소하고 있는 반면 자전거 사망자는 2010년도 299명에서 2012년 333명으로 꾸준히 증가하고 있고, 치사율은 약 4%로 교통사고 치사율의 2배인 것으로 나타났다. 자전거 안전을 위한 체계적인 대책마련이 시급한 이유다. 최근 미국과 유럽을 중심으로 차량과 차량, 이동단말간 V2X(Vehicle to everything, 운전 중 도로인프라 및 다른 차량과 통신)직접통신을 기반으로 교통사고를 예방하는 차세대 ITS(C-ITS) 연구가 진행되고 있으며, 자전거와 오토바이 등으로 적용을 넓히는 추세다. 미국의 자전거 안전서비스는 현재 민간업체에서 파일럿 시험단계에 있으며, WAVE 통신단말의 소형화 개발을 진행 중이다. 일본의 혼다 자동차에서도 자전거 간의 통신기술을 기반으로 자전거 안전서비스를 개발하고 있다. 국내의 차세대 ITS(C-ITS) 기술개발은 주로 자동차를 위한 인프라 구축과 전용단말 기술개발에 치중되어 왔다. 급격히 증가하는 자전거 사고를 예방하기 위해서는 상호 간 통신이 가능한 B2X 기반 전용 단말기가 개발되는 등 자전거 안전서비스 관련 기술개발 및 시장이 확장되어야 한다.

WAVE 통신 기반 안전서비스 전용 단말기 개발

본 연구는 자전거 관련 교통사고에서 가장 큰 비중을 차지하는 차량과의 충돌사고 위험을 사전에 예방할 수 있는 안전서비스를 개발하기 위해 진행됐다. 그동안 자전거와 관련된 국내 연구를 살펴보면 WAVE 통신에 기반한 안전서비스와 전용 단말 개발에 관해서는 다루지 않은 것으로 나타났다. 연구진은 이번 연구를 통해 자전거 안전을 위한 새로운 형태의 자전거 전용 단말을 개발하고, 이를 통해 ICT기반의 고부가가치산업인 자전거부품 분야의 신산업을 창출하는 것을 목표로 삼았다.

가장 먼저 ‘B2X 안전서비스 발굴 및 규격화’를 위해 연구진은 과거 자전거와 차량간 충돌사고 이력을 분석하여 유형별로 예방할 수 있는 서비스 모델을 도출했다. 규격화된 B2X 안전서비스를 이용하면 WAVE 단말기를 통해 초당 10번 메시지를 주고받으면서 주변 교통상황을 인지하고 미리 충돌을 예방할 수 있다. 이어 연구진은 B2X



기반 자전거의 안전용 단말장치 시제품과 소프트웨어를 개발했다. 기존 상용화되어 있는 자전거와 관련된 대부분의 단말기는 GPS를 이용하여 이동거리, 칼로리 소모량 등을 지원하는 반면 B2X 기반 단말기는 위험을 알리는 기능을 주기능으로 하여 소리, 진동, LED 등 3가지를 동시에 제공하는 것이 특징이다. 또한 전용 단말기에 사용자중심 선택형 GUI 디자인을 적용하고, 최적의 인터페이스를 설계하는 연구를 수행했다. 안전서비스를 제공하는 ‘B2X 전용 단말 앱’을 개발하기 위해 연구단은 스마트폰에 내장된 센서(GPS, 조도, 온도, 3축센서 등)를 활용한 주행정보 및 이상이벤트 감지 기술을 개발했으며, 주변 차량 및 자전거의 위치를 인식하는 주행안전서비스와 음성안내기반 정보제공기술 개발에 심혈을 기울였다. 개발된 B2X 안전서비스는 전방위험 경보서비스, 후방위험 경보서비스, 직각충돌 경보서비스 총 3가지로 나눠 실내의 테스트를 진행했다. 그 결과 단말기의 통신 성공률은 100%였으며, 피시험자의 만족도 설문조사에서도 만족한다는 응답이 평균 80%로 높게 나타났다.



[World IT Show 및 국토교통기술대전 전시 참가, 2016년]

ICT 자전거부품산업의 확장 및 교통사고 저감

ICT 기술과 융합된 고부가가치의 자전거 부품산업이 확장되고 있는 시점에서 본 연구가 의미하는 바는 매우 크다. 가장 큰 성과는 자전거 안전서비스를 제공하는 새로운 형태의 ‘트립컴퓨터(Trip Computer)’를 개발해 고부가가치 자전거부품 산업의 기반을 마련했다는 점이다. 연구를 통해 확보된 ‘자전거 기반 B2X 안전서비스’는 정부의 차세대 ITS(C-ITS) 시범사

서비스 R&D | Service R&D

업 및 사업화에 활용가능하며, ICT 기술과 교통에 대한 융합기술을 갖춘 고급인력 양성 측면에서도 의미가 있다. 뿐만 아니라 차세대 ITS 사업의 V2X서비스 체계에 자전거 안전서비스를 추가적으로 접목한다면 사고 치사율과 발생비중이 높은 '차량-자전거' 간 교통사고의 획기적인 저감에 일조할 수 있을 것으로 기대된다. 또 안전서비스를 오토바이 등 유사한 이동수단으로 확장한다면 이륜차 사고율을 줄이는 데 일조할 수 있을 것이다. 자전거 산업 외에도 자전거와 노변간(B2I) 서비스, 예를 들어 대여·반납 및 자전거 도난·방치자전거 추적 등 관련 서비스로 확대가 가능하다. 또한 점점 확대 추세에 있는 자전거 관련 산업과 WAVE 통신장치 등 C-ITS 산업의 활성화를 바탕으로 지속적으로 신규 일자리를 창출하는 효과도 얻을 수 있을 것으로 예상된다.



B2X과제를 진행하며 많은 일들이 있었지만 그중 '새벽 3시의 기적'은 연구진 모두가 공감하는 잊지 못할 사건이다. 2015년 'WIS(World IT Show)' 전시를 앞두고 연구진들은 처음으로 교통 시뮬레이터 툴인 'PreScan'을 다루게 됐다. 모두 밤낮을 가리지 않고 원하는 시나리오와 시뮬레이션을 구상했지만 도통 해답이 나오지 않았다. 그러던 어느 날 새벽 3시, 모든 연구진이 한 자리에 모였을 때 기적처럼 'Connected Car' 기술이 도출됐다. 이후 'WIS 2016' 전시회와 '국토교통기술대전' 등 수많은 전시회를 준비하는 과정에서도 새벽 3시가 되면 어려운 과제들이 해결되곤 했다.

이런 일이 반복되면서 연구진들은 어떤 프로젝트를 맡든지 '새벽 3시가 되면 문제가 해결될 거야'라는 우스갯소리를 주고받았고, '새벽 3시의 기적'에 대한 믿음은 항상 만족할만한 결과로 이어졌다. 본 과제를 통해 탄생한 '자전거 및 이륜차 B2X 안전서비스'는 할 수 있다는 긍정적인 생각으로 각자 맡은 바 자리에서 날이 새도록 구슬땀을 흘렸던 연구진이 있었기 때문에 가능한 기적이었다. 오늘도 연구진은 '새벽 3시의 기적'을 믿으며 또 다른 도전을 계속하고 있다.

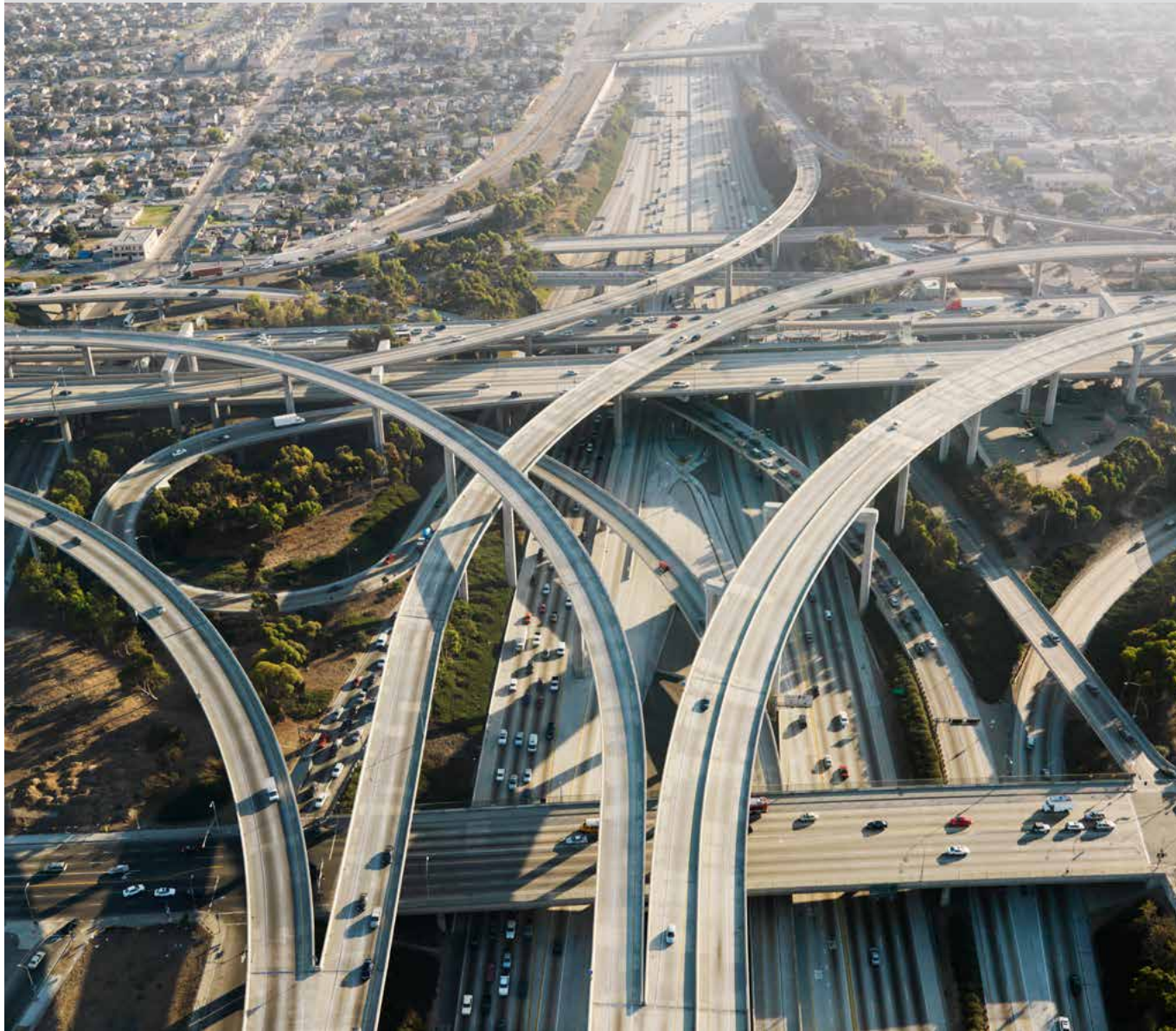
주요 연구 개발 성과

논문 · 국내외 학술지 게재 7건

지식재산권 · 특허출원(국내 8건, 국외 3건), 소프트웨어등록 6건

도로표지를 자동분석하는 첨단플랫폼 RRAP 개발

! 도로표지 영상정보 자동감지 및 분석 장비 개발로 국민안전강화 및 국가예산 절감 !



연구책임자
소속기관
연구기간
전화번호

정규수
한국건설기술연구원
2012.9 ~ 2015.9
031-910-0652

연구진

이영인(서울대학교)
주영은(이엔지정보기술)

“도로표지를 자동으로 감지·분석하는 첨단장비 ‘RRAP’
개발을 통해 안내체계의 정확성을 높이고 유지관리 비용을
획기적으로 절감할 수 있게 되었다.”

도로표지는 사람들이 원하는 곳을 정확하게 찾아갈 수 있도록 길잡이 역할을 한다. 따라서 오류가 없도록 정기적으로 점검하고 개선해야 한다. 본 연구를 통해 개발된 RRAP(도로표지 자동분석장비)를 탑재한 차량은 도로주행만으로 영상을 수집하고 도로표지에 표기된 지명·방향 등의 정보를 자동인식해 잘못 표기된 정보를 찾아내는 것은 물론 도로표지 DB에 반영하여 현장의 도로표지를 정비할 수 있도록 한다. RRAP의 도입으로 국민안전 강화는 물론 국가예산을 획기적으로 절감할 수 있을 것이라 기대된다.

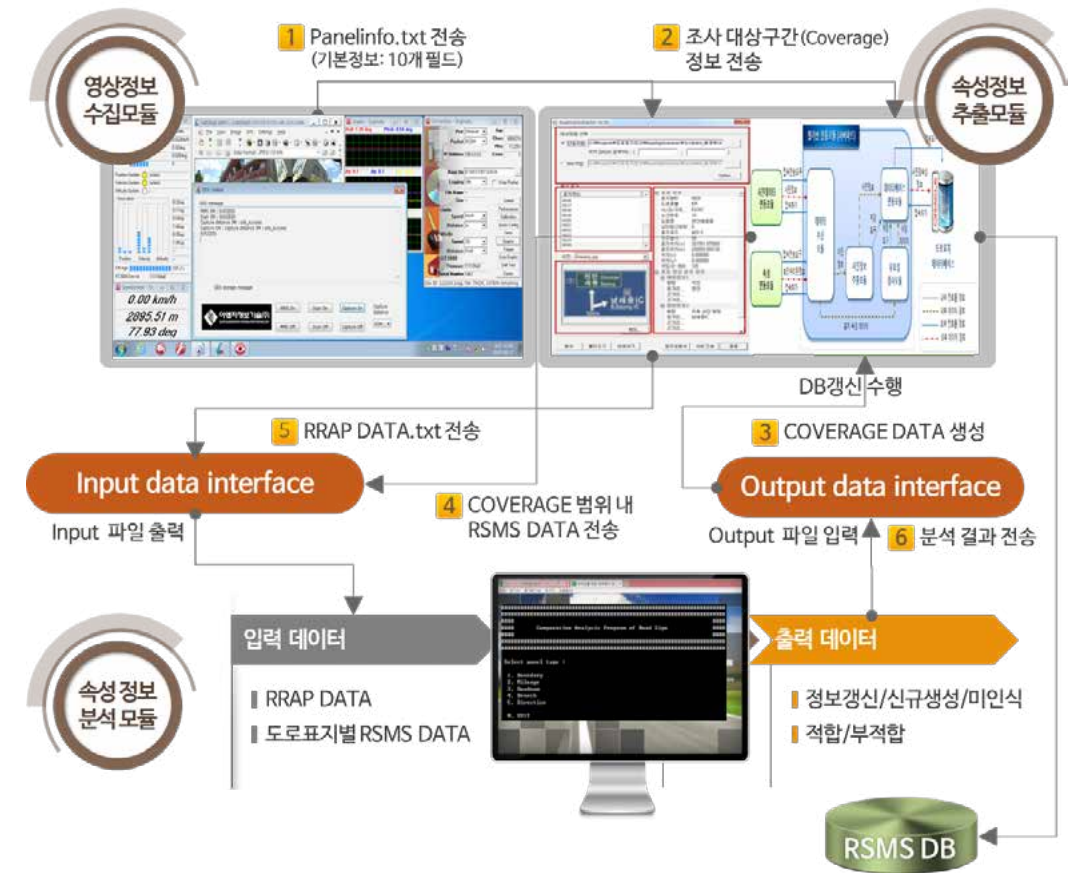
전국 16만개 도로표지 관리를 더욱 신속하고 정확하게!

현재 전국의 고속국도·일반국도·지방도 등에 약 16만개의 도로표지가 설치되어 있으며, 300여개의 도로관리청에서 이를 관리하고 있다. 정부는 도로표지의 효율적인 관리·개선을 위해 2001년부터 '도로표지시스템'을 운영하고 있지만 신설·변경되는 도로표지 정보의 실시간 갱신이 어려운 실정이고 도로관리를 위한 현장사진 및 위치정보 취득, 속성정보 입력 등이 수동으로 처리됨에 따라 정보의 현시성 유지도 어렵다. 신규도로 개설 등으로 매년 도로표지는 지속 변경되고 있으며, 정부는 국민생활 편의도모 및 안전제고를 위해 실시간 갱신을 위해 노력하고 있다. 그러나 전국 16만개 표지를 대상으로 재조사할 경우 현지 조사비용 100억원, 입력·분석 비용 연간 52억원의 경비가 소요될 뿐만 아니라 취득데이터의 신뢰성도 100% 만족시킬 수 없는 상황이다. 이를 위해서는 자동으로 도로표지를 감지하고 보다 정확하고 신속하게 분석할 수 있는 첨단장비의 현장 도입이 시급하다.

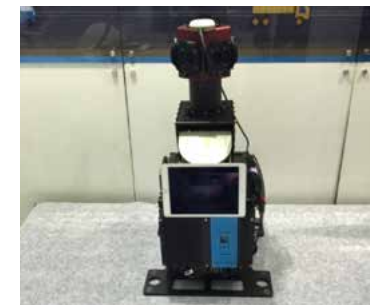
RRAP의 개발 과정

본 연구는 전국 16만개의 도로표지를 신속하고 정확하게 관리·조사할 수 있도록 관련 첨단장비 개발을 목표로 진행됐다. 연구는 크게 도로영상정보 수집 및 분류 모듈, 도로표지 속성정보 추출 모듈, 도로표지 속성정보 분석 모듈, RRAP(도로표지 자동감지·분석 장비: Road Sign Recognition and Analysis Vehicle Platform)와 도로표지시스템 간 연동모듈 개발로 나뉘어 진행됐다. 첫 번째 연구에서는 차량에 탑재해 주행하면서 주변의 지형·지물을 측정하는 MMS(Mobile Mapping System)를 활용하여 도로의 영상공간정보를 수집·처리하고, 도로표지 검출과 관련된 속성정보를 추출하는 기술을 개발했다. 본 연구를 통해 멀티센서 캘리브레이션¹⁾ SW는 물론, 도로표지 조사데이터 수집 SW와 도로표지 검출 SW 등이 개발됐다. 두 번째 연구에서는 도로표지 영상정보에서 문자·기호 영역만 따로 추출하여 속성을 인식하고 DB를 구축하는 통합프로그램을 개발했다. 아울러 화살표와 안내지명의 방향별 속성정보와 방향별 안내지명, 노선번호 등에 대한 DB도 함께 구축했다. 세 번째 연구에서는 도로표지시스템 DB의 내용 및 위치정보와 RRAP의 조사결과를 비교·분석하여 일치성·적합성·연계성을 확인하는 기술을 개발했다. 마지막으로 RRAP과 도로표지시스템을 연계하는 연동모듈을 개발했으며, 2015년 5월부터 9월까지 서울시 강남구와 인천시 청라지구 일원의 테스트베드에서 시제품을 운영·검증했다. 연구성과의 활용도 제고를 위해 국토교통부 주관의 '제1회 도로안전, 관리기술 교류회'와 '필리핀 ADB포럼', '2015 세계도로대회' 등 국내·외 행사에서 본 연구성과를 발표·전시하고 우리나라를 방문한 중국 측해지리신식국 대표단, 몽골 국장급 및 실무원에게 개발기술을 설명하는 자리를 마련했다.

1) 임출력시스템인 스캐너, 모니터, 프린터와 같은 장치들의 특성과 성질에 따라 일정한 표준으로 보이도록 하는 과정



[RRAP 개념도]



[RRAP 조사장비]



[RRAP 차량 탑재]

국내·외 패턴인식 및 영상정보수집 산업 활성화 유도

본 연구의 가장 큰 성과는 도로표지를 자동으로 감지·분석하는 첨단장비 'RRAP'를 개발한 것이다. 특히 자연 노출영상에서 한글정보를 자동 인식하는 기술은 자율주행과 융합하여 도로 정보취득 기술의 토대를 마련할 것으로 기대된다. 또한 멀티센서 기반의 도로표지 조사차량 및 관련 SW 개발로 고정밀 위치기반 도로표지 정보를 수집·추출할 수 있게 되었으며 이를 통해 도로표지 DB를 신속하고 효율적으로 구축·갱신하는 기술적 토대를 마련하게 됐다. 실제로 본 연구를 통해 도로표지 조사차량 시제품을 제작하여 일반국도 7개노선의 도로표지 전수조사를 실시했고 사진·위치·속성정보 등 수집된 자료를 토대로 도로표지 시스템 DB를 갱신했다.

공공적 성과로는 도로표지 정보갱신을 위한 DB 비교분석 작업자동화로 DB 구축업무의 효율을 극대화했다는 점이다. 도로표지 DB의 신속하고 효율적인 구축체계를 수립했으며, 이를 통해 도로표지 시스템의 활용성 및 신뢰도를 향상시켜 양질의 공공서비스를 제공할 수 있게 됐다. 이번 연구는 도로표지 속성정보 추출을 위한 최초의 실용화 연구개발로서, 향후 각종 도로시설물의 DB를 구축하는 연구방법으로 확장·응용할 수 있을 것으로 보인다. 경제적 성과로는 도로표지시스템 DB구축 및 갱신업무의 효율성 극대화로 데이터구축 비용 100억원, 분석 비용 50억원 절감효과를 들 수 있다. 이 외에도 조사인력 및 기간 단축을 통해 작업환경의 안전성을 확보했으며 추출정보의 정확성을 높여 전체 사업비용을 획기적으로 절감할 수 있게 됐다.

본 연구성과는 민간 및 공공분야에서도 광범위하게 활용될 것으로 기대된다. 현재 국토교통부에서 정부3.0에 따라 추진하고 있는 일반국도에 대한 '좌표기반의 도로표지 데이터베이스 갱신 사업'에 지속 활용하는 것은 물론, 도로관리청에서 유지보수가 가능토록 RRAP의 도입이 추진될 것이라 예상된다. 아울러 국토부에서 제작중인 한국형 3D 공간정보 오픈플랫폼(Vworld)의 교통시설물 DB구축과 각종 도로시설물의 영상정보를 수집하는 공간데이터 분야, 옥외시설물과 입간판 등의 난립문제를 해결하는 데에도 폭넓게 활용될 것으로 보인다. 뿐만 아니라 도로·교통분야의 IT관련 기술개발을 통해 국내·외 패턴인식 및 영상정보수집 관련 산업에 활기를 불어넣을 것으로 기대된다.



연구 초기에 장비의 제작과 속성추출 테스트를 동시에 진행하고, 현장조사도 별도로 수행하면서 위험한 경우가 많았다. 또한 장비 운용을 위한 차량 마련이 어려워 공동기관에서 보유하고 있는 구형 경차를 활용하다보니 현장조사가 쉽지 않았다. 다행히 공동기관의 배려로 신형 경차를 활용하게 됐고, 컴팩트한 플랫폼 장비를 만들어 훨씬 수월하게 현장테스트를 할 수 있었다. 속성정보 추출 테스트를 위해 1000여개의 영상을 수십 번 반복하여 실험하고, 프로그램을 수정해 나갔다.

주변에서 인식율 90%만 넘으면 충분하지 않겠냐는 말을 했지만, 초기 연구개발계획서에 작성했던 것처럼 100%의 인식율을 달성하기 위해 보완 방안을 개발하여 적용했다. 과제종료 시까지 현실에 타협하지 않고 밤샘작업을 해가며 열심히 연구에 몰입했고, 그 결과 중국, 몽골 등과의 기술교류 및 사업화가 가능한 연구성과를 낼 수 있어서 연구진 모두 이 과제를 함께 한 것에 자긍심을 느끼고 있다.

주요 연구 개발 성과

지식재산권 · 특허등록 3건, 소프트웨어등록 16건

기술적용 · 2015년 상품화를 통해 매출액 157 백만원 발생

도로 위의 숨은 위험, 과적차량 단속 위한 고속축중기

과적단속 활용을 위한 고속축중기의 성능평가체계 개발



연구책임자
소속기관
연구기간
전화번호

권순민
한국도로공사
2014.12 ~ 2016.6
031-8098-6337

연구진

최윤혁(한국도로공사)
구현본(한국건설기술연구원)
배명환(한국지능형교통체계협회)
김중우(㈜유디코)
한병원(㈜바이텍코리아)

“고속축중기를 단속용으로 활용하기 위하여 성능평가항목,
방법, 기준 등을 정리한 ‘자동차·도로교통분야 ITS
성능평가기준 개정(안)’을 2016년에 마련했다.”

과적차량으로 인해 도로 수명이 단축되고 안전사고가 발생하는 등 매년 막대한 사회적비용이 지출되고 있다. 이에 정부는 과적차량을 자동 적발하는 무인단속시스템을 적극 도입하고 있지만, 성능기준 및 평가 방법에 대한 명확한 규정이 마련되지 않은 상황이다. 고속 무인 과적단속시스템의 성능평가체계를 개발한 본 연구를 통해 과적차량을 효율적으로 관리·통제하여 정부 정책에 부응하는 것은 물론 국내 과적단속 체계의 패러다임이 변화할 것으로 기대한다.



고속축중기를 활용한 차세대 과적단속체계

국내 도로교통 환경이 스마트시대로 본격 진입하고 있다. 한국도로공사는 고속도로 요금소 정체 및 차량통행 혼잡 등의 문제를 해결하기 위해 2020년까지 무정차 통행료 납부시스템인 ‘스마트톨링(Smart Tolling)’을 도입하겠다고 밝혔다. 스마트톨링이 자리 잡으려면 화물차량에 대한 운행제한 단속기법 역시 무인·무정차 환경을 갖춰야 하며, 국내 도로교통환경에 부합하는 고속축중기 성능평가기준과 체계가 마련되어야 한다.

유럽연합의 경우 ‘COST-323 Action’을 중심으로 고속축중기에 대한 성능기준을 중량정확도에 따라 법적단속이 가능한 수준(A), 과적의심차량 선별 가능 수준(B+), 유지관리 또는 평가목적(B), 통계수준(C, D) 등으로 분류하고 있다. 미국의 경우 ‘ASTM-1318’ 규격을 기준으로 2000년대 초반부터 고속축중기시스템인 피에조쿼츠 형식을 시험도입하기 시작했다. 우리나라의 경우 고속도로 7개소와 일반국도 일부구간에서 고속축중기를 활용한 과적단속을 시범운영하고 있으나, 법적근거 부족으로 전면 도입되지 않은 상황이다. 현재 단속반원들이 이동식축중기로 과적혐의차량을 선별·고발하는 이동식 단속 또는 차량의 흐름을 통제된 상태에서 중량을 측정하는 고정식 단속을 시행하고 있지만 시속 10km 이상의 검속속도에서는 단속되지 않아 검측 대비 효율성이 낮다. 이에 국내 도로교통 환경에 부합하는 고속 무인 과적단속시스템의 성능평가기준과 체계를 마련하는 것이 시급하다.

고속 무인 과적단속시스템 성능평가체계 마련

고속축중기는 주행 중인 차량의 중량을 측정하는 장치이다. 통상 과적 차량의 법적 제한 기준은 총중량 40톤 초과이지만 측정기기 및 환경오차를 고려하여 10% 허용치를 적용한 44톤 초과로 측정되었을 경우에 고발하고 있다. 현재 시범운영 중인 고속 무인 과적단속시스템의 과적차량 검출 방식을 살펴보면, 고속축중기가 설치된 도로 위를 과적차량이 지나갈 때 센서가 작동해 무게를 잰다. 과적 차량의 번호는 고속축중기 근처에 설치된 무인 과적단속카메라에 의해 상황실로 보내지게 되며, 이동단속반은 정보를 전달받고 차량을 추적해 이동축중기로 검측을 시행한다. 본 연구의 목표는 무인 과적단속체계의 본격 도입에 앞서 시스템에 대한 성능평가 기준 및 체계를 마련하는 것이다. 연구진은 무인 과적단속시스템의 성능평가체계를 마련하기 위해 차량하중을 설정할 수 있는 ‘중량설정 장비’를 개발했고, 최대 44톤을 설정할 수 있는 규격화된 스틸 분동을 제작했다. 개발 장비는 차량 하중재하 시험 시 차량에 적재 가능한 형상을 지녔고, 지게차를 이용한 간편 적재 방식으로 제작되어 시험의 반복재현성 및 작업효율성을 극대화했다. 아울러 무인 과적단속 장비의 성능을 평가하는 ‘하중재하시험’의 절차 마

련을 위해 자중계의 측정정보를 활용하여 정확한 성능을 평가하는 교정장비를 개발했다. 뿐만 아니라 국가통합교통체계효율화법 규정에 따라 고속축중기를 단속용으로 활용하기 위하여 성능평가항목, 방법, 기준 등을 정리한 ‘자동차·도로교통분야 ITS 성능평가기준 개정(안)’을 2016년에 마련했다.



국내 과적단속체계의 패러다임 주도

본 연구의 가장 큰 성과는 스마트톨링 등의 도로교통 환경변화에 대응해 고속축중기를 활용한 차세대 과적단속체계의 패러다임을 마련했다는 점이다. 고속축중기를 국내 주요 물류거점과 화물차 집중노선에 설치하게 되면 ‘예방적 과적단속망’을 확보할 수 있는 것은 물론 이를 바탕으로 고발위주의 단속방식에서 예방위주의 체계로 전환하게 될 것이라 기대된다. 고속 무인 과적단속시스템의 성능기준 마련으로 고속축중기의 무분별한 설치를 방지하고, 설계·시공·운영에 대한 명확한 가이드라인을 제공해 고속축중기 개발 산업의 방향을 제시한 것도 주요성과 중 하나다. 앞으로 무인단속시스템의 성능평가체계 수립을 통해 효율적인 과적관리는 물론 국가 물류 운송망의 안정성 확보 및 도로망에 대한 체계적 운영관리도 가능해질 것이다. 상시 중량관리체계 구축으로 사회적 비용을 절감할 수 있게 된 것도 성과로 꼽을 수 있다. 고속

서비스 R&D | Service R&D

도로 교통사고 사망자의 10명 중 4명이 화물차 사고에 의한 것으로, 과적차량은 제동거리 증가, 타이어 마모 등의 문제로 대형교통사고의 위험이 높은 것으로 나타났다. 또한 과적으로 파손된 도로보수에 지출하는 추정 비용만 788억 원(2011년 기준)으로 해마다 수백억의 예산이 낭비되는 것으로 조사됐다. 무인 과적단속시스템을 도입하면 포장·교량 등 도로구조물의 공용수명을 증대시키고, 도로보수 예산을 절감할 수 있어 국가적 차원의 경제적 효과가 기대된다. 국내 도로망에 적정 수량의 고속충중기시스템을 구축할 경우 시스템 간의 네트워크 구축 및 DB통합을 통해 차량 이동경로 정보와 화물 운송실적 관리를 시스템화할 수 있어 교통·물류정책 수립의 기초자료로 활용 가능하할 것으로 기대를 모으고 있다.



이번 과제 특성상 성능평가 절차의 적합성을 검토하기 위한 대규모 현장주행시험도 필요하고, 우리나라의 사계절 특성을 모두 반영해 국내 도로교통 환경에서 적용 가능한 성능평가 방법의 실증적 시험자료도 획득해야 했다. 그런데 이 모든 과정을 18개월의 연구기간동안 진행하기는 정말 쉽지 않았다. 결국 과업 초반 시험장 및 평가대상 시스템 구축을 단기간에 완성하고 적어도 월 1회 대규모 현장 시험을 10여회 수행하는 빠듯한 일정을 진행할 수밖에 없었다. 다행히 우리 연구진에 국내 성능평가전담기관으로 지정된 3개사와 국내 고속충중기 설치 경험을 갖춘 2개 기업이 포함되어 있어 착수 6개월 만에 연구에 필요한 모든 시설 구축을 완료하고 큰 차질 없이 현장 시험을 완수할 수 있었다.

연구진이 한마음으로 과업 성공에 대한 확고한 의지와 열망을 가졌기에 가능했던 결과로, 다시 한번 참여연구진 모두에게 감사인사를 전하고 싶다. 이번 과제의 성과물을 통해 대면단속 위주의 국내 과적단속체계가 첨단장치를 활용한 무인·무정차 검측 환경으로 변화하는 계기가 될 것으로 전망하며, 실효성 있는 과적단속을 통해 국내 교통안전 향상에 기여할 수 있기를 기대해 본다.

주요 연구 개발 성과

지식재산권 · 특허출원 1건, 소프트웨어등록 1건

기타 · 법령개정(안) 제시 1건

사업화 유망기술

B u s i n e s s R & D

- 스마트폰으로 용수공급 제어 OK! 스마트 관수공급시스템 개발
- 엔터프라이즈급 오픈소스 공간정보 SW 기술개발로 세계시장 선도



스마트폰으로 용수공급 제어 OK! 스마트 관수공급시스템 개발

| 수재생 지하 저류조를 이용한 스마트 관수공급시스템 개발 |



연구책임자
소속기관
연구기간
전화번호

박형근
충북대학교
2013.6 ~ 2017.2
043-261-3587

연구진

정승권(핵코리아)
정윤경(이노네스트)

“본 기술을 여러 개의 모듈로 구성하는 연구를 통해 향후 저개발국가에 연구성과를 적용하는 등 해외시장에도 진출할 수 있을 것으로 보인다.”

기후변화와 인구증가에 따른 식량안보 위협 등으로 국내 농업시장에도 새로운 바람이 불고 있다. 과학 기술과의 융·복합을 통해 스마트 팜, 무인농업, 정밀농업 등으로 변화하면서 기존의 전통적 생산방식에 혁신을 불러오는 중이다. 본 연구를 통해 확보된 ‘스마트 관수공급시스템’은 센서·네트워크 기술을 적용한 스마트 기술로서, 어플리케이션을 통한 용수공급 제어·관리가 가능해 물관리 기술의 실용화를 이끌 것으로 전망된다.

6차 산업화의 꽃 ‘스마트 팜’

6차 산업화의 꽃으로 ‘스마트 팜(Smart Farm)’이 주목받고 있다. 6차 산업은 1차 산업(농림수산업)과 2차 산업(제조·가공업), 3차 산업(서비스업)을 융합해 고부가가치를 낳는 산업으로, 스마트 팜은 사물인터넷(IoT) 등의 ICT(정보통신기술)로 농작물 시설을 관리하고 모바일 기기를 통해 원격제어가 가능한 농장을 말한다. 국내 스마트 팜 분야는 농업·ICT 융합 지원을 목표로 2002년 ‘1차 농업·농촌정보화 기본계획’이 수립되었고, 2012년 이후 ‘제3차 정보화 기본계획(2012~2016)’이 추진됐다. 글로벌 스마트 팜 투자는 2014년 23억 달러(약 2조 6천억원)에서 2015년 62억 달러(약 7조 544억원)로 빠른 성장세를 보이고 있으며, 2025년에는 1조9400억 달러(약 2,200조 원) 수준으로 성장할 전망이다. 우리 정부도 2017년까지 국내 농가에 스마트 팜 8,000개를 공급해 5조7,000억원 대의 경제 파급효과를 낳고 식량 안보 문제를 해결하겠다는 구상을 내놓았다.

우리나라의 물관리 기술 및 스마트 관수공급기술은 농촌진흥청 등을 중심으로 ICT 융복합 기술 연구가 활발히 진행 중이나 물관리 체계와 연계한 농업생산 인프라는 기대에 못 미치는 실정이다. 외국의 경우 네덜란드와 캐나다를 중심으로 지역소도시 재생을 위한 스마트 관수공급기술 개발 연구가 진행되고 있다. 네덜란드는 수십 년 이상 누적된 데이터와 재배환경 최적화 노하우를 바탕으로 각종 센서와 제어솔루션을 개발했으며, 농업IT 기술을 통해 생산량 및 품질 최적화를 도모하고 있다. 캐나다의 Priva사는 50년 이상 축적된 시설제어 기술을 바탕으로 각종 센서를 활용하여 시설 내 환경을 최적으로 제어하는 것은 물론 RFID 등의 첨단 기술로 작물 수확량을 모니터링하는 시스템을 제공하고 있다. 우리나라의 농촌은 도시 대비 사회기반시설이 낙후되어 있기 때문에 소도시 재생을 위한 스마트 관수공급시스템 개발이 시급하다.

스마트 팜패드업 개발 용수공급 자동제어 가능

본 연구는 지역소도시 재생을 위해 수재생 저류조, 자동배수장치, 보호공, 스마트 관수공급기술 등을 개발하고 사업화를 지원하는 것을 목표로 추진됐다. 연구의 성격상, 시설·장비 구축은 필수적인 부분이었다. 연구진은 가장 먼저 ‘분산형 수재생 지하저류조’를 설계하고, 충북 청주시에 테스트베드를 설치했다. 저류조는 빗물을 저장하는 박스형 시설물로 하천 하류에 발생하는 홍수를 방지하며, 저장된 물은 작물재배 및 소방용수 등 다목적으로 활용가능하다.

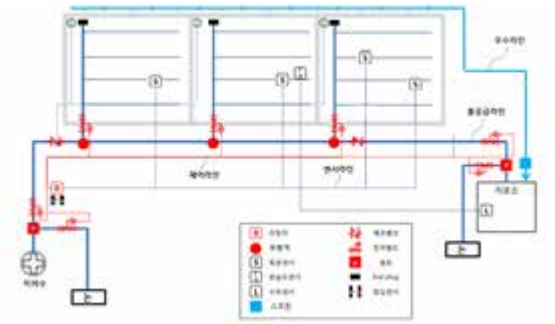


[분산형 수재생 저류조 현장설치]

다음으로는 ‘침수방지 자동배수장치’를 개발·적용하여 침수피해를 방지했다. 인위적 조작에 의한 인명피해를 방지하기 위해 자동 배수되도록 우적감지부, 메인 콘트롤 장치(프로그램 포함), 수문 등으로 구분해 시제품을 제작했으며 충북 청주시에 테스트베드를 설치했다.



[침수자동 배수장치 시제품]



[물관리 센서/네트워크 설계]

마지막으로 본 기술의 최종 목표인 ‘스마트 관수공급시스템’을 개발했다. 분산형 수재생 저류조의 빗물을 농업용수로 공급하기 위해 센서 및 네트워크 기술을 개발했으며, 최적의 작물재배 환경조성을 위해 테스트베드를 구축했다. 스마트 팜패드 어플리케이션을 설계하고 프로토타입을 개발해 2015년 8월부터 이듬해 1월까지 시범운영했고 스마트 팜패드 어플리케이션을 사용하면 모바일과 PC를 통해 토양수분·온도·습도 등을 모니터링 할 수 있어 용수공급 자동제어가 가능하다.

사업화 유망기술 | Business R&D



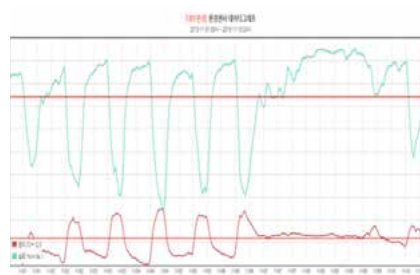
[관수공급시스템 제어판넬]



[관수공급시스템을 통한 작물성장 모니터링]



[재배작물(과장) 모니터링]



[내부 환경(온도/습도) 센서데이터 분석]

스마트 관수공급 시스템 구축 과실 성장률 35% 증가

본 연구를 통해 개발된 성과물은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 홍수방지 및 가뭄대비를 위한 '분산형 수재생 지하저류조'다. 농촌지역의 지형적 특성에 맞게 형태·규모·시공방식을 선택할 수 있도록 설계되어 기존 철근콘크리트 지하저류조 대비 시공비를 40% 절감하는 효과를 거뒀다. 두 번째는 분산형 수재생 지하저류조와 연계한 '스마트 관수 공급시스템' 개발이다. 센서 및 네트워크 기술을 적용해 분산형 수재생 저류조의 빗물을 농업·생활용수로 자동 공급할 수 있는 시스템으로 테스트베드 운영 결과 기존의 관수방식 대비 과실 성장률이 약 35% 증가한 것으로 나타났다. 이러한 성과는 시간·장소에 대한 제약 없이 토양수분량·온도·습도 등을 수시로 측정·모니터링할 수 있는 어플리케이션의 개발 덕분에 가능했다. 앞으로 스마트 팜패드 어플리케이션을 통한 원격·자동 용수공급 및 제어를 통해 지역소도시의 노동력 문제를 해결하는 것은 물론 농업용수의 낭비를 방지해 경제적인 효과를 거둘 수 있을 것으로 보인다. 아울러 본 기술을 여러 개의 모듈로 구성하는 연구를 통해 향후 저개발국가에 적용하는 등 해외시장에도 진출할 수 있을 것으로 전망되고 있다.



본 연구는 농촌주민들의 삶의 질 개선의 일환으로 낙후된 농촌사회기반시설에 지역맞춤형 재생기술을 적용하기 위해 시작되었다. 수재생 지하저류조를 이용한 스마트 관수공급시스템 기술은 충청권의 강우특성 및 지역특수성을 고려하여 제작되었으며, 지능형 농수로 및 농업용수 관리시스템 구축을 통해 사용자 편의성과 안정성을 높이는 게 목적이었다.

기술적용의 실용성 증진을 위해 2015년 3월부터 테스트베드를 운영했고, 기술의 편의성과 지속적인 모니터링을 위해 웹(Web) 기반 스마트 관수공급시스템도 구축했다. 향후 연구종료 이후에도 연구개발 성과확산을 위해 요소기술 패키지화를 통한 사업화 지원도 지속적으로 추진할 계획이다.

주요 연구 개발 성과

논문 · SCI 2건

지식재산권 · 소프트웨어등록 2건, 특허등록 5건

엔터프라이즈급 오픈소스 공간정보 SW 기술개발로 세계시장 선도

| 공간정보 SW활용을 위한 오픈소스 가공기술 개발 |







연구책임자	강혜경	연구진	이기준(부산대학교)
소속기관	국토연구원		박경열(공간정보기술)
연구기간	2014.8 ~ 2019.12		신상희(가이아3D)
전화번호	031-380-0405		이기원(한성대학교)
			이임평(서울시립대학교)
			서성보(터보소프트)
			남광우(군산대학교)
			이민파(망고시스템)
			강영옥(이화여자대학교)

“EU의 R&D 연구과제인 i-locate와 협력하여
실내공간정보(IndoorGML)의 ‘JOSM 데이터 구축기능’
공동개발을 추진했다.”

증강현실(AR)과 가상현실(VR), 사물인터넷(IoT), 자율주행자동차 등 미래기술을 실현하기 위한 핵심요소로 공간정보기술이 주목받고 있다. 그동안 국내 공간정보산업은 외국에서 개발된 상용소프트웨어에 의존해 왔다. 본 연구를 통해 공간정보 분야의 공개소프트웨어 기술을 확보하게 되었으며, 국내기술로 세계 시장을 선도할 수 있는 발판이 마련되었다.



사업화 유망기술 | Business R&D

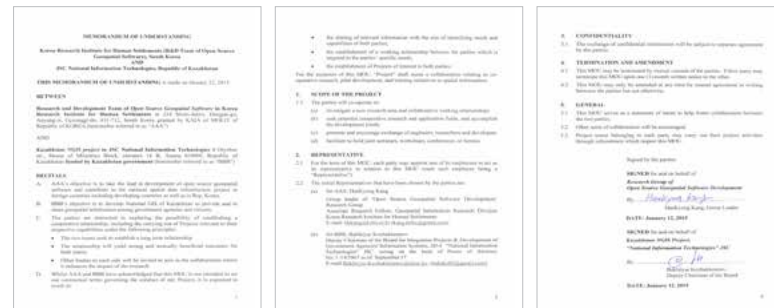
공간정보 분야의 공개SW기술 확보, 국가경쟁력 좌우

세계 공개소프트웨어(SW) 시장이 점점 확대되고 있다. 공개SW는 저작권자가 소스코드(설계도)를 공개하여 누구나 자유롭게 사용·수정·배포할 수 있는 SW를 뜻한다. 정보통신산업진흥원에 따르면 국내 공개SW 시장 규모는 2009년부터 2015년까지 연평균 32.9%의 성장률을 보이는 것으로 나타났다. 공개 SW 기술은 공간정보 분야에서도 수요가 확대되고 있다. 현재 공간정보 SW 시장은 외산 상용 제품(미국, ESRI 社 ArcGIS 제품군)의 독점으로 초기 시스템 구축 및 유지보수에 많은 로열티를 지급하고 있다. 뿐만 아니라 지자체, 연구·교육기관, 기업 등 다양한 수요처에서는 해당 회사의 SW 판매 정책에 의존할 수 밖에 없는 실정으로 주도적인 소비자의 역할은 불가능하다. 이에 따라 세계 각국에서는 상용 SW의 독점을 탈피하고자 공개 SW 기반 공간정보 SW 개발 연구를 진행하고 있으며, 관련 커뮤니티를 통해 기술 공유를 확대하고 있다.

공개 SW의 특성상 독점성에서 탈피하는 대신 개발 소스에 대한 저작권(Copyright)을 통해 관련 개발자, 개발국의 기술 선점을 보장해주기 때문에 초기 기술 선점을 위한 연구가 선진국을 중심으로 진행되고 있으며 국내에서도 오픈소스 기반 공간정보SW 기술 개발을 통한 국가 경쟁력 확보가 시급하다.

UN, 카자흐스탄 등 국제협력 통해 연구성과 확산

최근 UN과 남미, 동남아시아 등을 중심으로 공개SW를 활용한 NSDI 구축 움직임이 일고 있다. 국내 공간정보 기술시장은 이미 포화상태로 UN 및 개발도상국의 공간정보 시장에 적극 진출하기 위해서도 오픈소스 공간정보 SW 기술개발은 매우 중요하다.



[카자흐스탄 국가정보기술공사(JSC NITEC)와 R&D 연구성과 현장적용을 위한 MOU체결]

연구단은 세계시장을 선도할 기술력을 갖추기 위해 국제협력을 공고히 했다. 연구성과의 UN적용을 위해 LOI(letter of indemnity)를 교환했으며 UN 평화유지현장에 공간정보 공개SW를 도입하기 위해 ‘UN OpenGIS Initiative’¹⁾ 결성을 주도한 것은 물론 연구진인 부산대 이기준 교수를 공동의장으로 추대하는 등 세계 공간정보 분야를 선도하기 위해 많은 노력을 기울였다. 또한 본 연구성과를 카자흐스탄 국가공간정보포털(NGIS) 구축에 활용하기 위해 협력양해각서를 체결했으며, Geo-Portal 테스트베드 개발을 지원했다. 이 외에도 EU의 R&D연구과제인 i-locate와 협력하여 실내공간정보(IndoorGML)의 JOSM 데이터 구축기능’ 공동개발을 추진했다.

1) UN HQ, UN GSC, UN Field Missions팀, 미국 국방성, 이탈리아 SDI팀, OGGeo, Geo4All 등이 협력하는 조직체계



[카자흐스탄 국가정보기술공사와 MOU체결 및 협력 회의]



[오픈소스 연구단 기술아키텍처]

사업화 유망기술 | Business R&D

연구단은 국제협력을 공고히 하는 것과 별개로 DB 구축 및 시스템 구축·활용을 통해 SW의 기술수준을 높이기 위해 노력했다. 특히 공간통계분석기법과 시각화 라이브러리, 공간통계분석 서버연동 패키지를 포함한 ‘공간통계분석 관련 시범사이트’를 개발하여 각종 시범도구로 활용하고 있고, 국방부와 서울시의 공간정보 SW를 공개 SW로 전환하기 위한 요구사항 분석을 진행했다. 연구진은 2014년 국내 공간정보 기업협의체를 구성해 운영하고 있는데 연구단의 기술성과물을 깃허브(Github)²⁾에 올려 공유하도록 했으며, 기업협의체 운영을 통해 국내 기업에서도 성과물을 공유·확산할 수 있도록 했다.

2) 2008년 설립된 ‘깃(Git)’ 전문 호스팅업체로 오픈소스 소프트웨어의 중심지(Hub) 역할을 하면서 오픈소스 프로젝트가 널리 퍼지는 데 크게 기여

3차원 분야의 공개SW기술 확보로 세계시장 선도

본 연구를 통해 대표성과물인 오픈소스 3D GeoPortal, 오픈소스 공간정보 서버 DBMS, 오픈소스 편집 및 검수도구, UAV 기반 자동 Mapping 통합솔루션, 오픈소스 공간정보 분석기 등 5대 분야 12개 항목이 개발됐다. 이중 8건은 세계 최초기술, 4건은 세계 선도기술 개발 항목으로 ‘오픈소스 3D GeoPortal 기술’은 앞으로 우리나라가 3차원 공간정보 영역의 공개SW를 주도하는 데 큰 밑거름이 될 것으로 보인다. 현재 공개SW로 개발된 공간정보 기술은 2차원이 대부분으로 3차원과 실내공간을 지원하는 공간정보기술은 아직 걸음마 단계다. 이러한 때 3차원 공간정보기술의 공개SW를 시도한 연구진의 성과는 세계 공간기술시장의 판도를 바꿀 것으로 기대된다.

기술적인 성과 외에도 UN SDI를 상용소프트웨어에서 공개소프트웨어로 전환하기 위한 활동을 주도적으로 추진한 것도 눈여겨볼만하다. 연구진은 UN의 전문가와 UN SDI를 위한 기술 설계회의를 정기적으로 개최했으며, 본 연구팀의 참여연구원을 UN에 파견하여 ‘UN OpenGIS’를 주도하고 있다. 미국 국방성 산하의 NGA(연방지리정보국)가 본 사업에 참여하기를 희망할 정도로 우리나라의 공간정보기술은 상당한 수준이다. UN 등 공신력 있는 기관의 참조사이트를 개발한 본 연구성과는 앞으로 ‘공간정보 분야의 공개소프트웨어는 대한민국’이라는 인식을 세계적으로 확산시키는 중요한 밑거름이 될 것이다.

오픈소스 편집도구를 카자흐스탄에 도입하여 ‘카자흐스탄 국가정보포털(NGIS)’ 구축을 진행한 것도 주요성과 중 하나다. R&D 연구기술로 개발한 웹기반 공간정보검수기를 카자흐스탄 업무 시나리오에 반영하여 추가 시스템 UI를 제작했으며, 공간정보 편집 및 검수기능을 1차 테스트베드로 구축하여 OpenNomics에 통합했다.



오픈소스GIS연구단은 Live 3D Geoportal, 3D/실내공간 데이터 서버, 오픈소스 편집 및 검수기, UAV기반 자동매핑 통합솔루션 등 오픈소스 GIS기술(세계 선도기술 4건, 세계 최초기술 8건)을 개발하고 있다. 오픈소스GIS 연구단은 단순한 기술개발이 아니라 ‘수요자 중심의 R&D 개발 및 실용화’와 ‘공공주도 국제협력의 확산’으로 기업의 해외시장 진출지원에 초점을 두고 있다. 연구를 시작하고 얼마지나지 않아 예산의 70%가 삭감되는 난감한 상황이 생겼는데, 모든 연구진들이 자발적으로 예산을 양보하며 배려해준 덕분에 위기상황을 순조롭게 극복할 수 있었다.

오픈소스GIS 연구단의 연구성과물은 유엔과 우리 군에도 적용될 예정이다. 유엔에 연구성과를 적용하는 것은 여러 의미가 있는데, 특히 보수적인 공공시장에서의 오픈소스 확산, 해외시장(특히, 평화유지를 위한 국방시장) 협력거점, ‘유엔에서 사용하는 기술’이라는 국내기술 브랜드화/글로벌 인지도 확대라는 점에서 의미가 크다. 구글어스(google earth)의 전신인 키홀어스의 경우 키홀사가 유엔에 먼저 테스트를 거친 후, 구글에 인수되어서 구글어스로 출시되었다. 이처럼 국내 기업의 GIS기술도 이번 유엔 적용을 기회로 글로벌 브랜드로 성장하기를 기대해본다.

주요 연구 개발 성과

논문	· SCI(E)학술지 2건
지식재산권	· 특허 3건(출원 2건, 등록 1건) · 프로그램 등록 9건 · 시제품 제작 7건 · 기술이전 5건
수상	· 우수논문상 수상(2015년 5월) · Student Award 수상(2015년 9월) · 우수발표 논문상(2016년 10월)

2016 국토교통R&D 우수성과 20선

발행인	김병수
발행처	국토교통과학기술진흥원
발행일	2016년 11월
펴낸곳	㈜더비엔아이
디자인	더 상
편집위원	국토교통과학기술진흥원
	이갑재 산업진흥본부장
	문주원 성과관리실장
편집자	이혜령 책임연구원
	선광응 연구원

이 책에 수록된 내용 중 문의사항이 있으시면 아래로 연락 주시기 바랍니다.
 경기도 안양시 동안구 시민대로 286 송백빌딩 Tel. 031-389-6313 Fax. 031-381-9922

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

