

AI 기반 건설기계 능동제어 시스템 연구용역

제안서

문서 번호	신한용역-제안-0601	작성	검토	승인
개정 번호	Rev. 0	남종택	생략	생략
작성 일	2026년 7월 5일			

<목 차>

1. 제안 개요	1
2. 업체 현황	2
2.1. 회사 연혁 및 일반현황	2
2.2. 주요 연혁	2
2.3. 특허 현황	3
2.4. 주요 사업 내용	3
3. 신용등급 평가서	4
4. 보유 연구시설 및 영업망	6
4.1. 보유 연구시설·장비(과제에 사용 할 주요 장비)	6
4.2. 국내외 영업망	7
5. 유사 용역 수행 실적	8
6. 연구 배경 및 필요성	9
6.1. 건설기계-작업자 충돌·끼림 사고 현황 및 당사 분석	9
6.2. 기존 안전장치의 기술적 한계 : 센서 특성 관점의 분석	9
6.2.1. 비전 센서 단독 방식의 한계	9
6.2.2. 초음파 센서 단독 방식의 한계	10
6.2.3. 단순 감지 방식의 공통적 한계	10
6.2.4. 당사가 제시하는 기술적 해법 센서 역할 분리 및 이중 검증 구조	11
6.3. 본 연구의 필요성 및 차별성	11
7. 연구개발 목표 및 내용	12
7.1. 연구개발 목표	12
7.2. 비전-초음파 융합 기반 단계적 제어 개념	12
7.3. 시스템 구성 및 핵심 기술 요소	14
7.3.1. 시스템 구성	14
7.3.2. 시스템 사양	15
7.3.3. 핵심 기술 요소	15
7.3.4. 적용 대상 장비	16
7.3.5. 향후 확장 적용 대상	16
8. 연구 수행방안	17
9. 추진 일정	18
10. 수행조직 및 참여인력	20
10.1. 수행조직 체계도 및 업무 분장	20
11. 기대효과	20
11.1. 안전성 측면	20
11.2. 비용 효율성 측면	20
11.3. 제도화 및 확산 측면	21
12. 기타 자료(첨부)	21

1. 제안 개요

본 제안은 건설·산업 현장에서 빈발하는 건설기계와 작업자 간 충돌·깔림 사고를 예방하기 위하여, AI 비전 센서와 초음파 센서를 융합한 작업자 접근 감지 및 단계적 능동제어 시스템의 기본 성능을 검증하는 것을 목적으로 한다.

기존의 단일 센서 방식(초음파 단독 또는 비전 단독)은 오경보 빈발에 따른 신뢰성 저하, 거리 계측 불가에 따른 제어 연계 한계 등 구조적 문제를 안고 있다. 본 제안은 비전 센서의 사람 인식 결과와 초음파 센서의 근접거리 계측 결과를 결합하여 두 센서가 동시에 사람을 확인한 경우에만 유압 제어(감속·정지)가 작동하는 융합·이중 검증 구조를 적용함으로써, 오경보를 최소화하면서도 실효성 있는 안전 제어를 구현하고자 한다.

금회 연구용역에서는 깔림 사고 비중이 높고 후진 작업이 빈번한 타이어롤러(타이어식 롤러)를 실증(POC) 개발 대상으로 선정하여 기본 성능을 검증하며, 향후 굴착기·지게차 등 타 기종으로 확장 적용하는 것을 중장기 목표로 한다.

신한전자기기는 1984년 설립 이래 약 40년간 해상, 항만, 이동식 크레인·건설기계용 과부하방지장치 및 특장 장비 소방차, 고소작업차, 교량점검차, 항타기등의 유압 제어 시스템 개발·제작·납품을 전문으로 수행해 온 업체로서, 국내 최초 굴착기용 과부하방지장치 개발(2024) 및 삼성물산과의 공동 실증과제 및 다수의 국책 과제 및 용역 과제 수행 경험을 바탕으로 본 과업을 성공적으로 수행할 수 있는 기술력과 실적을 보유하고 있다.

2. 업체 현황

2.1. 회사 연혁 및 일반현황

회사명	신한전자기기 (SHINHAN ELECTRONICS)
대표자	오철규
설립일	1984년 1월 17일
사업자등록번호	603-26-91498
본사 소재지	부산광역시 사하구 사하로 52 (구평동)
연락처	TEL : 051-262-3260~5 FAX : 051-262-0312
주요 사업분야	크레인·건설기계용 과부하방지장치, 안전장치, 센서 계측 시스템 개발·제작·납품

표 1 회사 일반 현황

2.2. 주요 연혁

- 1983.11 Crane & Hoist용 전기식 LOAD LIMITER 개발완료
- 1984.01 신한전기공업사로 회사 설립
- 1987.11 국내최초 전자식(LOAD CELL식) LOAD LIMITER 개발완료
- 1988.03 현대·한진·두산·대우중공업 및 조선소 다량 보급 시작
- 1991.01 TOWER, JIB CRANE용 AUTO MOMENT LIMITER 검정합격
- 1998.01 국내업체 최초 ISO9001 전자식 안전장치 인증 취득
- 2001.04 중국 현지 형식검정 합격(5개 품목)
- 2005.01 국내 최초 LASER DETECTOR 개발완료 보급 시작(대우조선해양 공동제작)
- 2007.06 국내 최초 저가형 타워충돌방지장치 개발(제11회 안전장치분야 장려상 수상)
- 2013.12 신한전자기기·(주)신한휴벤스 80TON 크롤라크레인 제작구동시험
- 2015.04 유럽인증규격 LOAD LIMITER & MOMENT LIMITER CE 인증
- 2018.05 스마트 크레인 안전관리 시스템 특허 제10-1863115호 인증
- 2021.01 단열 블록 접합용 혼합 본딩액 도포장치 특허출원
- 2022.01 타워크레인 운행 기록 장치 개발
- 2024.04~12 굴착기 인디케이터 모니터링 장치 개발 1단계(삼성물산 공동수행)
- 2024.10 국내 최초 굴착기용 과부하방지장치 개발
- 2024.11 굴착기용 과부하방지장치 LIFE, 2024년 스마트 건설 챌린지 최우수 혁신상 수상
- 2025.04~12 굴착기 인디케이터 모니터링 장치 개발 2단계 완료
- 2026.04~12 굴착기 인디케이터 모니터링 장치 개발 3단계(삼성물산 공동수행, 진행중)

2.3. 특허 현황

신한전자기기는 크레인·건설기계 안전장치 분야에서 다수의 특허를 보유하고 있으며, 본 과업과 직접 관련된 센서 융합·안전제어·건설기계 전도방지 분야 주요 특허는 다음과 같다.

번호	특허명	특허번호	등록일
1	크레인의 안전장치 시스템	10-0845128	2008.07.03.
2	크레인 양중운영시스템 및 그를 이용하는 방법	10-1064625	2011.09.06.
3	크레인의 원격제어 시스템	10-1144718	2012.05.03.
4	능동형 기울기 보상 로드셀 장치	10-1861552	2018.05.21.
5	스마트 크레인 안전관리 시스템	10-1863115	2018.05.25.
6	무한궤도식 건설장비의 전도 방지 장치 및 방법	10-2003497	2019.07.18.
7	무한궤도 지반 접지력 측정시스템	10-2036520	2019.10.21.
8	편하중보정용 로드셀 장치	10-2050022	2019.11.22.

표 2 주요 특허 현황

※ 상기 표는 본 과업과 관련성이 높은 주요 특허를 발췌한 것이며, 전체 특허 현황은 「기타 자료」를 참조

2.4. 주요 사업 내용

- 크레인용 과부하방지장치 개발·제작·납품 (이동식 크레인: 카고, 스카이, 크롤라, 하이드로크레인 / 타워크레인 / 지브·해상·데크크레인 / 천정·젠츄리·골리앗 크레인 / 호이스트·엘리베이터)
- 굴착기용 과부하방지장치 및 타워크레인 충돌방지장치 개발
- 건설기계 운행기록장치(Data Logger) 개발 및 실차 계측
- 풍속계 및 풍향풍속계등 기상 관측 시스템
- 로드셀 및 센서 계측 시스템
- Load Weighing System / Block Load Measurement System
- 단열 블록 접합용 혼합 본딩액 도포장치
- 디지털 레이저 스타프(DSME 대우조선해양 공동제작)

3. 신용등급 평가서

(공공기관제출용)

신용평가등급 확인서

신한전자기기

귀중

발행 번호: GC1-2025-14145
발급 일: 2026년 06월 29일

귀사의 평가 의뢰에 따라 당사 신용평가규정에 의거하여 평가한 귀사의 신용평가등급이 아래와 같음을 확인합니다.

기업명	신한전자기기
대표자	오철규
사업자등록번호	603-26-91498
법인(주민)번호	570424-1*****
본사주소	(49447) 부산 사하구 사하로 52 (구평동)
재무기준일	2024년 12월 31일
등급평가일	2025년 07월 08일
유효기간	2026년 06월 30일
제출처 및 용도	조달청 / 입찰참가용

기업신용평가등급

BB+

회사채에 대한 신용평가등급 BB+에 준하는 등급

※유의사항

- 상기 신용평가등급 확인서는 '신용정보의 이용 및 보호에 관한 법률' 제 2조에 의한 신용정보회사가 관련 법령에 따라 작성하였습니다.
- 상기 신용평가등급은 당사의 평가기준 및 절차에 의거 일정시점에서의 평가대상 기업의 재무이행능력과 그 안정성을 평가한 것이며, 당해 기업의 재무이행능력을 보증하는 것은 아닙니다.
- 상기 신용평가등급은 당해 기업이 제출한 자료에 근거하여 평가한 것으로 업무의 참고용으로만 제공되는 것이며 그 활용에 따른 판단이나 결정에 대하여 당사는 책임을 지지 아니합니다.
- 본 신용평가등급은 2026년 06월 29일(등급기준일) 현재 유효한 등급으로 등급기준일 이후 기업의 신용상태에 현저한 변동이 있다고 판단될 경우 사후평가절차에 따라 기업신용평가등급이 변경 또는 취소될 수 있습니다.
- 본 신용등급확인서는 상기 표기된 용도와 제출처 이외에는 사용될 수 없습니다.
- 신용평가등급에 대한 확인 및 문의사항은 한국평가데이터(주) (TEL:1811-8883)로 연락하여 주시기 바랍니다.

KODATA

한국평가데이터 주식회사

COPYRIGHT©2005 KOREA RATING & DATA CO.LTD 여기 있는 모든 정보의 저작권은 한국평가데이터(주)의 소유입니다.
따라서 어떤 정보도 당사의 서면동의 없이는 어떤 방식으로든 특정 목적을 위해서 무단전재되거나 복사 또는 재판매, 유포될 수 없습니다.

그림 1 신용평가등급확인서

(공공기관제출용)

신용평가등급 확인서

기업개요

기업명	신한전자기기
대표자	오철규
본사주소	(49447) 부산 사하구 사하로 52 (구평동)
사업자등록번호	603-26-91498
법인(주만)번호	570424-1*****
설립일자	1984년 01월 17일
기업구분	중기업
업종분류(대)	제조업
업종분류(중)	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업
업종분류(소)	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀기기 제조업; 광학기기 제외
주요제품	전자식 크레인 안전장치 외
종업원수	37명 (연구소 소속 6명 포함)

주요재무항목

(단위 : 백만원)

구분	2022-12-31	2023-12-31	2024-12-31
자산총계	8,475	15,723	17,277
부채총계	5,880	8,530	9,717
자기자본	2,595	7,193	7,560
납입자본금	2,595	7,193	7,560
매출액	7,020	8,584	11,032
영업이익	1,033	1,438	1,433
당기순이익	1,099	5,985	1,197
EBITDA	1,216	1,631	1,624
부채비율(%)	226.60	118.59	128.54
EBITDA/매출액(%)	17.32	19.00	14.72
영업이익률(%)	14.72	16.75	12.99

등급의 정의

등급기호	등급의 정의
AAA	채무상환능력이 최고 우량한 수준임
AA	채무상환능력이 매우 우량하나, AAA보다는 다소 열위한 요소가 있음
A	채무상환능력이 우량하나, 상위등급에 비해 경기침체 및 환경변화의 영향을 받기 쉬움
BBB	채무상환능력이 양호하나, 장래 경기침체 및 환경악화에 따라 채무상환 능력이 저하될 가능성이 내포되어 있음
BB	채무상환능력은 인정되나, 장래의 경제여건 및 시장환경 변화에 따라 그 안정성면에서는 다소 불안한 요소가 내포되어 있음
B	현재시점에서 채무상환 능력에는 당면 문제는 없으나, 장래의 경제여건 및 시장환경 변화에 따라 그 안정성면에서는 불안한 요소가 있음
CCC	현재시점에서 채무불이행 가능성을 내포하고 있어 투기적임
CC	채무불이행 가능성이 높음
C	채무불이행 가능성이 매우 높음
D	현재 채무불이행 상태에 있음
NR	조사거부, 등급취소 등의 이유로 신용등급을 표시하지 않는 무등급

※ 'AA'부터 'CCC'까지는 등급내 우열에 따라 '+' 또는 '-'를 부가하게 됩니다.

KODATA

그림 2 신용평가등급확인서

4. 보유 연구시설 및 영업망

4.1. 보유 연구시설 · 장비(과제에 사용 할 주요 장비)

- 풍동시험기, SMT 장비
- 하중시험기(50톤 · 100톤 · 500톤)
- 온 · 습도 챔버, 덩핑기
- 오실로스코프, DC Power Supply, Multi Meter 등 계측장비

품명	구매일자	구매금액 (천원)	활용시기	용도	비고
절연 저항계 (SHT-A-010)	1998	500	'24.07~27.12	컨트롤러 절연 시험	
오실로 스코프 (SHT-A-018)	2000	5,000	'24.07~27.12	데이터 측정 및 검사용	
DC POWER SUPPLY (SHT-B-001)	2013	1,000	'24.07~27.12	장비 전압 공급용	
DC POWER SUPPLY (SHT-B-002)	2015	1,000	'24.07~27.12	장비 공급 전압용	
LOGIC ANALYSER (SHT-B-003)	2015	8,000	'24.07~27.12	로직 테스트	
FREQUENCY COUN. (SHT-B-004)	2018	6,000	'24.07~27.12	주파수 측정 장비 테스트용	
GENERATOR (SHT-B-005)	2019	1,000	'24.07~27.12	주파수 발생 시험	
CALIBRATOR (SHT-B-012)	2019	1,500	'24.07~27.12	정전압,전류 공급 시험	
슬라이 닥스 (SHT-B-015)	2019	500	'24.07~27.12	전압 변동 시험	
DIAL GAUGE (SHT-A-014)	2019	500	'24.07~27.12	가공 치수 측정	
인장압축시험기 (SHT-A-011)	2019	30,000	'25.07~27.12	로드셀 압축 시험	
항온시험기 (SHT-A-0112)	2018	22,000	'25.07~27.12	온도 테스트용	

표 3 주요 연구 장비

* 활용에 필요한 장비만 기재



그림 3 풍동 시험기 및 SMT 장비



그림 4 디핑기 및 계측기류



그림 5 압축 시험기 및 항온·항습 챔버

4.2. 국내외 영업망

- 본사: 부산광역시 사하구 (제조·연구개발)
- 경인사무소: 경기도 수원시 (영업·고객지원)
- 중국 쿤산공장: 현지 생산·품질관리
- 싱가포르 에이전시: 동남아 수출 거점

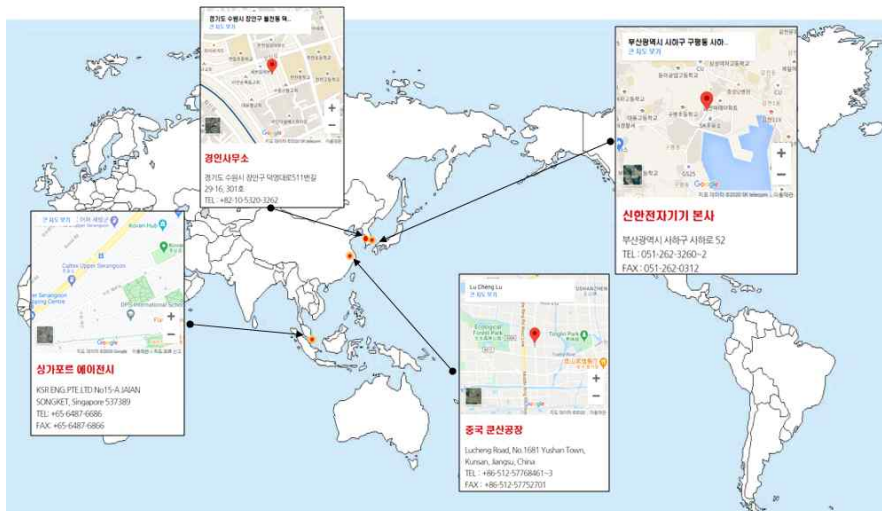


그림 6 신한전자기기 국내·외 영업망

5. 유사 용역 수행 실적

최근 수행한 건설기계 안전장치·센서융합·실차계측 관련 실적은 다음과 같다.

사업명	발주처	수행기간	비고
굴착기 인디케이터 모니터링 장치 개발 1단계	삼성물산	2024.04 ~ 2024.12	완료
굴착기 인디케이터 모니터링 장치 개발 2단계	삼성물산	2025.04 ~ 2025.12	완료
굴착기 인디케이터 모니터링 장치 개발 3단계	삼성물산	2026.04 ~ 2026.12	진행중
고위험 건설기계 사고정보 수집을 위한 운행기록장치 제작 및 실차 계측	대한건설기계 안전관리원	2025.10	완료
기중기·타워크레인용 과부하방지장치(LMI/AML) 시스템 제안	대한건설기계 안전관리원	2025.12	완료
기중기·항타기, 굴착기의 운행 기록장치 시스템 제안	대한건설기계 안전관리원	2025.1~	진행중
응답시간 150ms 미만 원격제어(RF/LTE) 5ton급 건설용 전기굴착기 개발	산업통상자원부	2021.04 ~ 2024.12	완료
데이터기반 상용특수차량 위험환경 극복 자율주행 협업 플랫폼 개발 및 실증	산업통상자원부	2024. 01. 01 - 2024. 12. 31	진행중
고안전 자율작업이 가능한 수소연료전지 기반 RT크레인 기술 개발과제의 일부 기술 용역	리텍(주)	2024.07~	진행중

표 4 유사 용역 실적

* 유사 관련 실적만을 작성

6. 연구 배경 및 필요성

6.1. 건설기계-작업자 충돌·깔림 사고 현황 및 당사 분석

당사는 본 과업을 제안하는 과정에서 대한건설기계안전관리원의 최근 사고조사 통계와 당사가 2024~2025년 수행한 굴착기 인디케이터 모니터링 장치 개발 및 이전 현장 사고 사례를 함께 검토하였다. 그 결과, 건설기계, 작업자 충돌·깔림 사고는 안전장치의 유무나 작동 여부와 무관하게 반복적으로 발생하고 있음을 확인하였다.

* '25.6.1 ~ '25.12.30 대한건설기계안전관리원 안전조사처 사고조사 통계

전체 사고 건수(비율)	충돌·깔림 사고	충돌·깔림 사망자
75건	21건(28%)	9명(42.9%)

표 5 사고 현황

당사가 주목한 지점은 충돌·깔림 사고가 전체 사고의 28%를 차지하지만 사망자 비중은 42.9%에 달한다는 점이다. 이는 충돌·깔림이 한 번 발생하면 중대재해로 이어질 확률이 매우 높은 사고 유형이라는 것을 의미하며, 사후 대응이 아닌 사전 차단형 기술이 필요하다는 점이 사고 통계로 뒷받침한다.

또한 당사가 확인한 최근 2025년 사고사례(원주 지게차 후진사고, 분당 굴착기 후진사고, 광명 롤러 후진사고 등)는 후진경고음, 카메라 어라운드뷰 등 기존 안전장치가 정상 작동한 상태에서도 사고가 발생하였다는 공통점을 가지는 것으로 추정한다. 당사는 이를 안전장치의 고장이 아닌 안전장치 자체의 기술적 설계 한계로 판단하고 실효성 있는 시스템 제안을 하게되었다.

6.2. 기존 안전장치의 기술적 한계 : 센서 특성 관점의 분석

당사는 약 40년간 크레인·건설기계용 안전장치를 개발·제작 및 특장 장비 제어 소방차, 교량 점검용 차량, 항타기의 제어 시스템을 개발 보급해 온 경험과, 기존 단일 센서 방식의 오작동 원인에 대해 다음과 같은 기술적 내용(한계)을 검토 하였다. 다만 아래 분석은 당사의 기존 개발 경험에 기반한 추정으로서, 본 연구용역을 통해 실증적으로 검증되어야 할 사항임을 전제로 한다..

6.2.1. 비전 센서 단독 방식의 한계

AI 비전 센서는 영상 내 객체를 사람과 사물로 분류하는 데는 비교적 강점이 있는 것으로 알려져 있으나, 단안 카메라 구조상 객체와의 실제 거리를 직접 측정하기는

어렵고 오차가 많이 발생한다. 거리는 영상 내 객체 크기, 소실점, 학습된 깊이추정) 모델 등을 통해 간접적으로 추정하는 방식이 일반적인데, 건설현장과 같이 조도 변화가 크고 분진·진동, 요철이 많은 환경에서는 이러한 추정 방식의 오차가 비교적 크게 발생할 것으로 예상된다. 이 경우 비전 센서 단독 시스템은 '사람이 있다'는 판단까지는 가능하더라도 '얼마나 가까운가'에 대한 신뢰도가 낮아져, 거리 기반의 단계적 제어(경보·감속·정지)에 단독으로 활용하기에는 한계가 있을 것으로 판단한다.

6.2.2. 초음파 센서 단독 방식의 한계

초음파 센서는 음파의 반사 시간을 측정하여 거리를 계측하므로 비전 센서 대비 거리 정확도는 높으나, 반사파의 특성상 사람과 사물(벽체, 적재물, 타 장비 등)을 구분하지 못한다. 이는 동일한 작업 환경 내에서도 자재, 펜스, 타 장비 등에 의한 반사가 다수 발생하며, 이를 사람으로 오인식하는 비율이 누적될수록 현장 작업자는 점차적으로 경보를 무시하게 되는 '경보 피로' 현상이 발생한다. 결과적으로 초음파 단독 시스템은 사물과 사람을 구분 감지하지 못하여 안전장치가 정상 작동하더라도 실효성이 저하되는 한계를 가진다.

비전 센서	사람·사물 분류는 가능하나 단안 카메라 구조상 거리 추정에 구조적 오차가 발생하여 단계적 거리제어에 단독 적용이 어려움
초음파 센서	거리 계측 정확도는 높으나 반사파만으로는 사람·사물을 구분할 수 없어 오경보가 누적되고 현장의 경보 신뢰도가 저하됨

표 6 센서 구분 및 감지 한계

당사는 이러한 분석을 통해, 두 센서의 한계가 서로 대칭적(비전은 분류에 강하고 계측에 약하며, 초음파는 계측에 강하고 분류에 약함)이라는 점을 감안하여 단일 센서의 성능을 개선하는 방향이 아니라, 두 센서의 역할을 분리하여 각자의 강점만을 결합하는 융합 구조가 더 효과적인 해법이 될 수 있을 것으로 기대된다.

6.2.3. 단순 감지 방식의 공통적 한계

당사는 현존하는 위 두 방식 모두 '감지 즉시 단순 경보'라는 로직을 사용한다는 공통점에도 현장 조사를 통해 확인하였다. 이러한 방식은 작업자와의 거리 변화에 대응하는 단계적 장비 제어가 불가능하여, 경보 발생과 실제 위험 상황 사이에 괴리가 발생한다. 신호수를 배치하는 현행 방식 역시 신호수가 장비 유도 외에 다수의 장비

유도 및 인원 유도를 동시에 수행하는 경우가 많아, 운전자 및 신호수가 인지·판단·대응하는 데 걸리는 시간을 시스템적으로 줄이지 못한다는 한계가 동일하게 적용된다. 당사는 이러한 분석 결과를 바탕으로, 사람의 인지에 의존하는 안전관리체계와 단일 센서 기반의 단순 감지 장치만으로는 기계와 작업자가 혼재하는 환경에서 사고를 예방하는 데 기술적 한계가 있을 가능성이 크다고 판단한다.

6.2.4. 당사가 제시하는 기술적 해법 센서 역할 분리 및 이중 검증 구조

이상의 분석에 따라 당사는 비전 센서와 초음파 센서를 단순히 함께 장착하는 것이 아니라, 두 센서에 명확히 분리된 역할을 부여하는 구조로 시스템 구성을 제안한다. 초음파 센서는 근접거리 트리거 역할을, AI 비전 센서는 사람 분류역할을 전담하며, 두 센서가 동시에 사람의 존재와 근접 거리를 확인한 경우에만 유압 제어(감속·정지)가 작동하는 이중 검증 로직을 적용한다.

이 구조는 초음파 단독 방식의 오경보 문제(사물을 사람으로 오인)와 비전 단독 방식의 거리계측 오류 및 불가 문제를 동시에 해결할 수 있다는 점에서, 당사의 기존 단일 센서 기반 안전장치 개발 경험을 한 단계 발전시킨 접근이라 할 수 있다. 당사는 본 연구용역을 통해 이러한 이중 검증 구조의 기본 성능을 타이어롤러를 대상으로 실증(POC)하고, 그 결과를 바탕으로 향후 굴착기·지게차 등으로의 확장 적용 가능성을 검토해 나가고자 한다.

6.3. 본 연구의 필요성 및 차별성

위와 같은 한계를 극복하기 위해서는 사람을 선별적으로 인식할 수 있는 기술(AI 비전)과 근접거리를 계측할 수 있는 기술(초음파)을 통합적으로 판단하는 새로운 시스템 구조가 필요하다. 사람 접근 정도에 따라 경보·감속·정지로 이어지는 단계적 능동제어가 연계될 수 있는 구조를 구현하고, 이를 향후 안전기준으로 제도화하는 것을 목적으로 한다.

본 제안의 핵심 차별점은 비전 센서의 사람 인식 정보와 초음파 센서의 거리 정보를 융합하여, 두 센서가 동시에 사람의 존재와 근접 거리를 확인한 경우에만 유압 제어(감속·정지)가 작동하는 이중 검증 제어 구조에 있다. 이를 통해 초음파 단독 방식의 오경보 문제와 비전 단독 방식의 거리 계측, 오탐·오류 문제를 동시에 해결하고, 오경보를 최소화하면서도 작업 및 안전 대응 속도를 저해하지 않는 제어 체계를 구현 진행한다.

7. 연구개발 목표 및 내용

7.1. 연구개발 목표

AI 비전 센서와 초음파 센서 융합 기반의 작업자 접근 감지 및 단계적 안전 제어 개념에 대한 기본 성능 검증(Proof of Concept)을 목표로 한다. AI 비전 센서를 이용한 사람인식 결과와 초음파 센서를 이용한 거리정보를 결합하여, 이에 따라 경고·감속·정지로 이어지는 제어 개념이 실제 현장 환경에서도 적용 가능한지에 대한 기술적 가능성을 확인하는 데 연구 개발 목표를 둔다.

7.2. 비전-초음파 융합 기반 단계적 제어 개념

사람 접근 거리에 따라 총 4단계로 구분된 능동제어 로직을 적용한다. 초음파 센서가 사물 또는 사람과의 거리를 우선 판단하고, 해당 거리 구간 내에서 AI 비전 센서가 사람 여부를 재확인하는 이중 검증 구조를 통해, 단순 사물에 대한 오작동 없이 사람에 대해서만 선택적으로 제어가 작동하도록 구성한다.

단, 4단계에서는 사람, 사물에 관계없이 장비 충돌을 보호하기 위하여 장비의 비상정지 개념을 적용하여 구성한다.

단계	*거리 구간	제어 동작
1차 센서감지	3m 구간	사람 감지 시 조종자와 작업자에게 경고 발생
2차 주행감속 제어	1.5~2m 구간	건설기계가 비례밸브를 통해 자동으로 감속
3차 긴급정지	1m 구간	유압 구동 긴급 정지(장비의 관성을 고려한 안전거리 확보)
4차 비상정지	0.5m 구간	비전 과 무관하게 초음파 감지로 정지(장비 충돌 방지)

표 7 제어 구분

※ 거리 구간 값은타이어롤러 제동거리·관성 등 실증 시험 결과에 따라 조정될 수 있는 기준값임

객체 감지 및 개념도

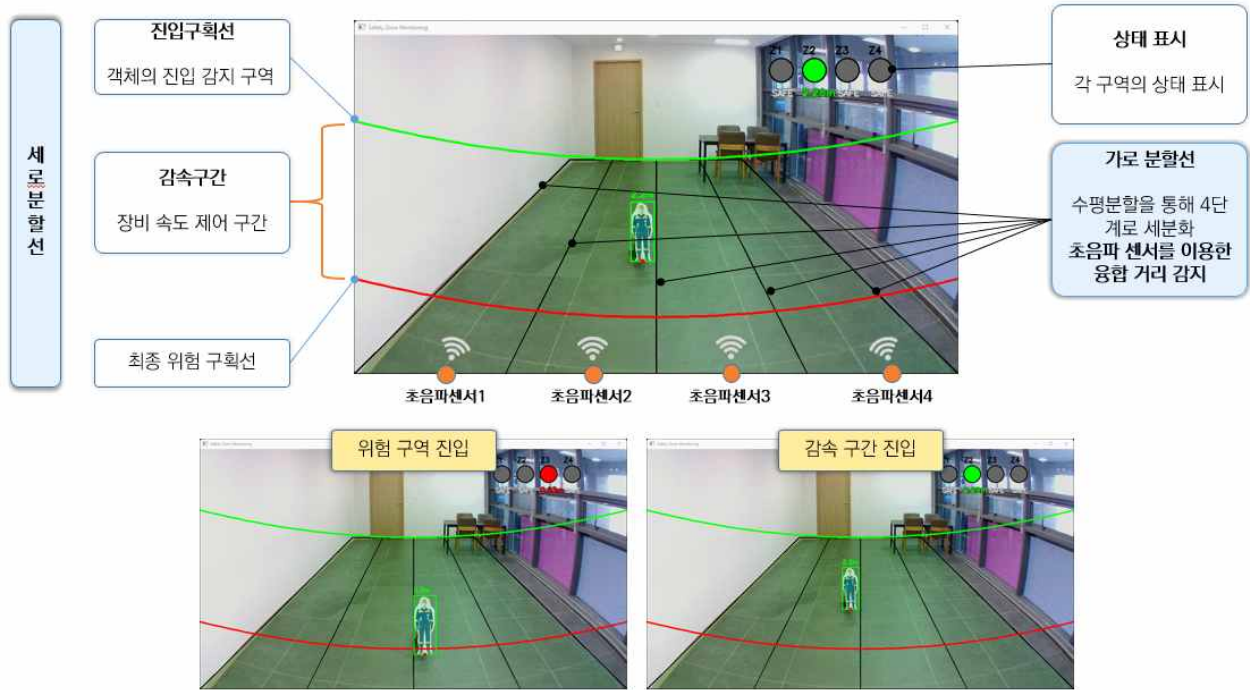


그림 7 객체 감지 개념도

※ 상기 이미지는 당사 보유 AI 비전 알고리즘의 구역 인식(진입구획선·감속구간·위험구획선) 및 단계별 상태 표시 동작을 실내 모형물 환경에서 촬영한 참조 자료이며, 초음파 센서 4개를 이용한 융합 거리 감지와 연계하여 적용된다. 실제 타이어롤러 장착 환경에서는 센서 배치 및 구역 경계값이 조정될 수 있음.

7.3. 시스템 구성 및 핵심 기술 요소

7.3.1. 시스템 구성

능동제어 시스템은 제어부(AI 임베디드 모듈과 밸브컨트롤러)를 중심으로 입력부(초음파 센서, 비전 센서), 출력부(경보 및 유압 제어(비례밸브))로 구성된다.

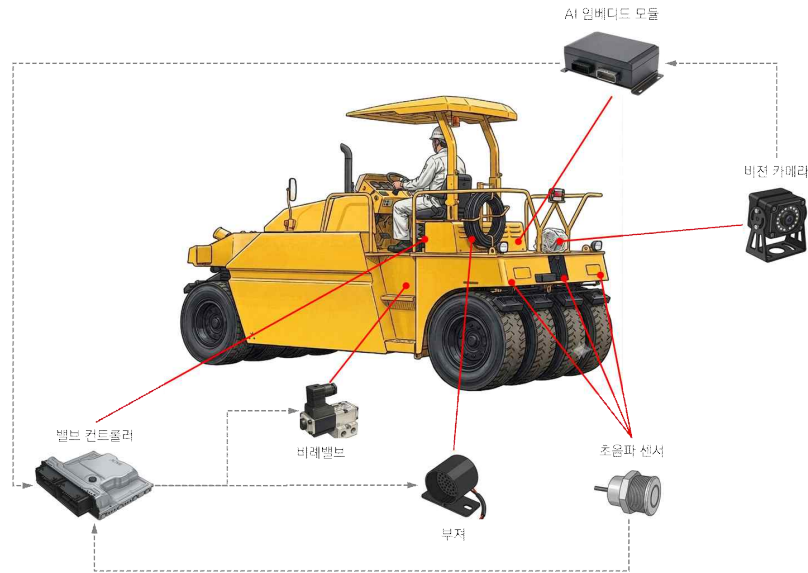


그림 8 시스템 구성

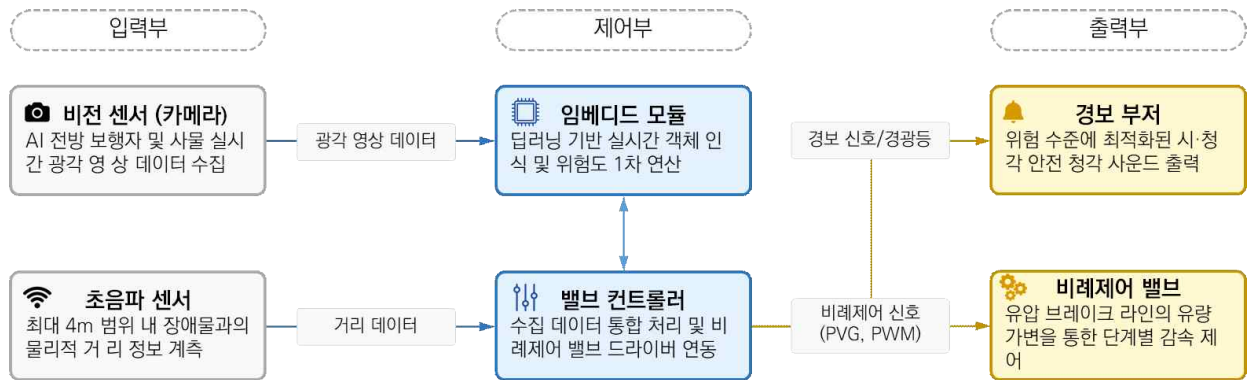


그림 9 시스템 블록도

구성 요소	기능 및 특징
밸브 컨트롤러	센서감지 신호처리, 밸브제어 로직 수행, 경보 신호 출력, 통신 출력
AI임베디드 모듈	객체 감지 및 융합 데이터 처리
초음파 센서	장비 폭에 따라 수량 가변(타이어롤러 기준 통상 3~4개 적용), 감지거리 약 4m, 감지각도 약 30~60도
비전 센서	AI 기반 사람 감지 알고리즘 적용, 광각 카메라 1개(장비 사양에 따라 추가 가능)
비례밸브	유압 구동 라인에 설치되어 단계적 감속·정지 제어를 구현, 장비별 밸브 라인 개조 및 비례밸브 장착 필요

표 8 장치별 기능 및 특징

7.3.2. 시스템 사양

구성 요소	항목	사양 (기본안)
밸브 컨트롤러	사용 전압	DC 12~30V
	제어 출력	PVG / PWM 출력
	입력	DI(디지털) 입력 10ch
	제어 응답시간	100ms 이하
	PWM 출력 주파수	50~500Hz (가변)
	동작 온도	-20°C ~ +70°C
	통신	CAN 통신
	수량	1개
AI 임베디드 모듈	사용 전압	DC 12~30V
	영상 입력	카메라 입력(USB)
	AI 추론 속도	30fps 이상 (실시간 처리)
	사람 인식 정확도	90% 이상 (목표치, 실증 후 확정)
	감지 응답시간	100ms 이하
	통신	CAN 통신
	수량	1개
초음파 센서	사용 전압	DC 12~30V
	통신	RS-485 통신 또는 CAN통신
	감지 거리	0.2m ~ 4m
	감지 각도	약 60도
	거리 측정 정확도	±50mm 이하
	응답시간	50ms 이하
	수량	장비 폭에 따라 가변 (통상 3~4개)
비전 센서	형태	광각 카메라
	화각	수평 100° 이상
	해상도	1080p 이상
	야간 감지	IR LED 내장 (야간 보조)
	수량	1개 (장비 사양에 따라 추가 가능)
비례밸브	제어 방식	PVG 또는 PWM 밸브
	수량	1개

표 9 시스템 사양

7.3.3. 핵심 기술 요소

- (가) 역할 분리형 센서 융합: 초음파는 근접거리 트리거(를, AI 비전은 사람 분류를 전담하는 역할 분리를 통해 각 센서의 장점만을 결합
- (나) 이중 검증 제어 로직: 초음파·비전 두 센서가 모두 사람을 확인한 경우에만 유압 제어 활성화 — 단일 센서 오탐에 따른 불필요한 정지 최소화

(다) 단계적 거리 기반 제어: 경보(3m) → 감속(1.5~2m) → 정지(1m)의 3단계 제어
로, 장비 관성을 고려하여 정지 단계 이전에 충분한 감속 구간 확보, 4단계는
비상정지 개념으로 로직 구성

(라) 비례밸브 기반 유압 제어: On/Off 방식이 아닌 비례 제어 방식을 적용하여
급정지로 인한 장비·작업자 충격을 완화

7.3.4. 적용 대상 장비

금회 연구용역의 실증(POC) 개발 대상은 타이어롤러로 한다. 타이어롤러는 후진 작업 빈도가 높고 운전석 시야 사각지대가 넓어 신호수 동반 작업 중에도 충돌·갈림 사고가 다수 발생하는 기종으로 확인되었으며 여의치 않을 경우 모사 장비로 진행한다.

※ 적용 타이어롤러의 제조사·모델·톤급 등 구체 사양은 계약 체결 이후 발주처와 협의하여 추후 확정할 예정이다

7.3.5. 향후 확장 적용 대상

본 과업에서 검증된 비전·초음파 융합 및 단계적 제어 개념은 차년도 이후 고도화 연구를 통해 다음과 같은 기종으로 순차 확장하는 것을 목표로 개발을 진행 한다.

- 덤프트럭, 굴착기, 지게차, 불도저, 휠로더등의 건설장비에 적용 검토



그림 10 장비 종류

8. 연구 수행방안

본 연구는 다음 4대 전략을 중심으로 단계적으로 수행하며, 각 전략은 상호 연계되어 POC 시스템의 신뢰성과 현장 적용 가능성을 단계적으로 확보하도록 구성한다.

■ 전략 1. 권리 확보 및 공동개발 체계 구축

기술개발 결과물의 권리귀속, 공동개발 시 지분관계 등을 명확히 하기 위해 대한건설기계안전관리원 주관하에 용역 개발을 진행 한다. 관련 기술개발이 실현된 이후 건설 현장 도입으로 이어지는 산학연 협력 모델의 구성 제시한다.

■ 전략 2. 센서 융합 판단 구조의 타당성 검증

AI 비전 센서의 사람인식 정보와 초음파 센서의 거리정보를 결합 가능한 구조적 타당성을 검증한다. 두 센서의 데이터 동기화, 신호 처리 지연시간, 판단 로직의 정확도를 중심으로 검증을 수행 진행한다.

■ 전략 3. 단계적 안전제어 작동 가능성 검토

융합된 센서 정보를 기반으로 거리구간에 따른 경보·감속·정지 제어가 비례밸브를 통해 실제 유압 구동계에 연계 가능한지를 검토한다. 타이어롤러의 제동거리 및 관성 특성을 반영하여 단계별 거리 기준을 보정하여 타 장비에 대응 가능한 구조로 설계 진행 한다.

■ 전략 4. 프로토타입 현장 테스트 및 시연

타이어롤러에 프로토타입을 설치하여 현장 테스트를 진행하고, 테스트 결과를 바탕으로 제품을 보완한 후 대한건설기계 안전관리원의 도로공사·철도공단 등 공공기관 실무자를 초청하여 진행하는 시연회 진행을 보조한다.

9. 추진 일정

계약체결일로부터 150일간 다음과 같은 일정으로 연구를 수행한다.

※ 상기 일정은 참고용 기준 일정이며, 계약체결일로부터 150일 이내에서 발주처와 협의하여 세부 일정을 확정함

시기	추진 내용 요약
계약체결 + 2주	시스템 상세 설계 : AI 학습 모델 선정 및 적용 하드웨어 사양 확정
계약체결 + 1개월	하드웨어 설계 및 소프트웨어 설계(제어 로직, AI 융합 알고리즘) 수행, 통신 명세서(CAN/UART 등) 작성
계약체결 + 약 2개월	시스템 하드웨어 제작 : 컨트롤러·센서 모듈·비례밸브 등 구성품 제작 및 조립
계약체결 + 약 2.5개월	시스템 자체 연동 제어 테스트 : 비전·초음파 센서 융합 판단 및 단계별(경보·감속·정지) 제어 동작 검증
계약체결 + 약 4개월	실차 장착 : 타이어롤러 또는 모사장비 실차 장착 테스트 및 보완, 현장 환경 적용성 확인 및 테스트 결과 기반 시스템 보완
계약체결 + 약 5.5개월	자체 현장 평가 : 실제 작업 환경을 반영한 시나리오 기반 성능 평가 및 최종 보완사항 도출
계약체결 + 5개월 (150일 이내)	제품 보완 및 시연회 : 도로공사·철도공단 등 공공기관 실무자를 초청하여 시연회 진행

표 10 추진 내용 요약

AI 기반 건설기계 능동제어 시스템연구용역 개발 세부 추진 일정																							
단계	세부 추진 항목	주차 (계약체결일 Day 1 기준, 총 150일 / 약 22주)																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1. 시스템 상세설계	AI 비전 학습 모델 후보 조사 및 선정	●																					
	초음파 센서 사양 및 배치 구조 설계	●																					
	비전-초음파 융합 알고리즘 설계	●	●																				
	컨트롤러-비례밸브 하드웨어 사양 확정		●																				
2. HW/SW 설계	상세설계 명세서 작성 및 검토		●																				
	제어보드(MCU) 회로 설계		●	●																			
	AI 추론 모듈 H/W 설계			●	●																		
	센서 융합 S/W 설계			●	●																		
	비례밸브 제어 알고리즘 설계 리뷰 및 명세서 확정			●	●																		
3. 시스템 제작	컨트롤러 제작					●	●																
	컨트롤러 펌웨어 1차 포팅						●	●															
	비례밸브 유압 인터페이스 배선 및 장착						●	●															
4. 시스템 자체 연동 테스트	하드웨어 단위 기능 점검						●																
	비전 센서 사람인식 정확도 테스트							●															
	초음파 거리계측 정밀도 테스트								●														
	비전-초음파 융합 판단 로직 테스트								●	●													
5. 실차 테스트 및 보완	단계별 제어 시뮬레이션 검증									●	●												
	통신 인터페이스 연동 테스트									●	●												
	자체 테스트 결과 분석 및 1차 보완										●												
	타이어롤러 실차 장착 및 배선 작업										●	●											
	실차 환경 센서 교정											●	●										
6. 자체 현장 평가	정지 상태 실차 동작 테스트												●										
	저속 주행 실차 테스트 및 오경보 분석												●	●									
	테스트 결과 알고리즘·하드웨어 보완													●									
	보완 사항 재반영 및 재테스트														●	●							
7. 제품 보완 및 시연회	현장 모의 시나리오설계															●							
	현장 평가 1차 실시															●	●						
	현장 평가 2차 실시																●						
	평가 결과 데이터 분석 및 성능 확인																●						
	최종 보완사항 도출																	●					
	최종 보완사항 반영(HW/SW 통합)																		●	●	●		
	시연 시나리오 준비																			●	●		
	공공기관 시연회 진행 결과 보고																				●	●	●
진도																							

표 11 추진 세부 일정

현장적용 단계(2027년 예정)에서는 삼성물산 현장에 안전장치를 적용하여 실제 운용 데이터를 기반으로 실질적 재해 예방 효과를 확인하며, 깔림사고와 밀접한 기종인 굴착기·지게차·롤러에 우선 적용할 계획이다.

10. 수행조직 및 참여인력

본 과업은 총괄책임자 1인과 분야별 담당인력으로 구성된 전담 조직을 통해 수행한다. 다만, 아래 참여인력 구성은 제안 시점 기준 구성안이며, 계약 체결 이후 발주처와의 협의 및 사내 가용 인력 현황에 따라 최종 변경·확정될 수 있다.

10.1. 수행조직 체계도 및 업무 분장

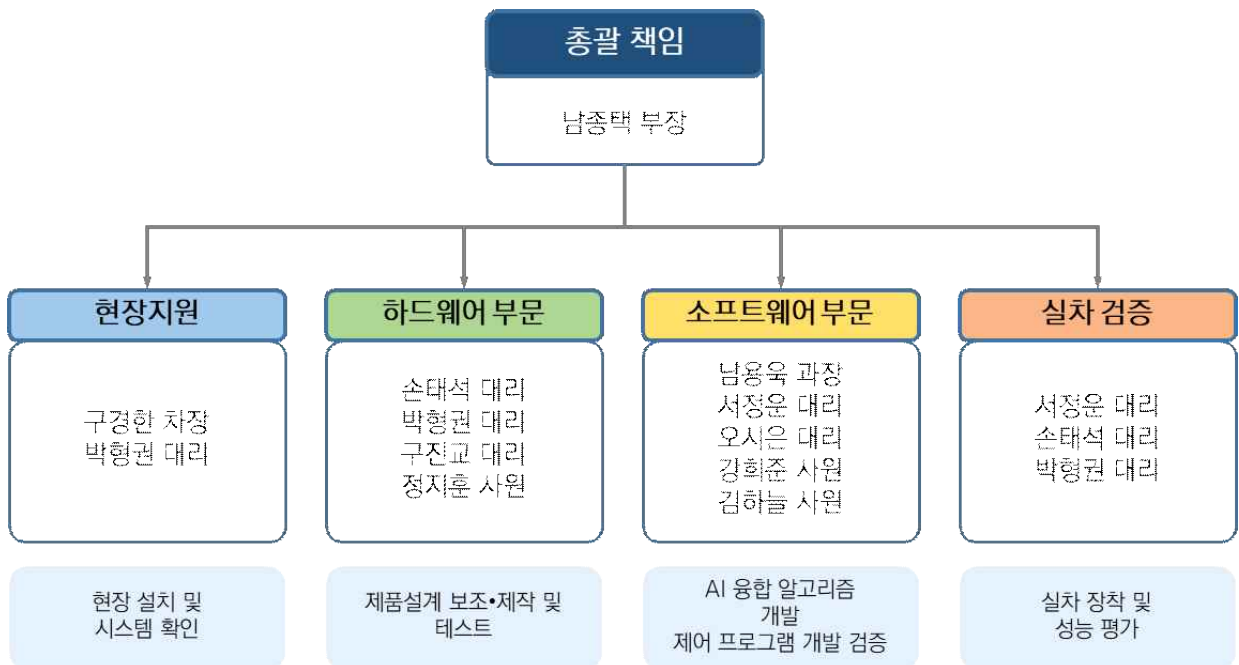


그림 11 수행 조직 체계

※ 부문별 책임자 및 인원 구성은 추후 변경될 수 있음

11. 기대효과

11.1. 안전성 측면

현재 운용되고 있는 카메라 감지형 및 초음파 감지형 시스템은 단순 경고 방식에 그쳐 '경보 피로' 현상을 유발할 수 있다는 한계가 있었다. 본 시스템은 이러한 한계에서 벗어나 능동형 제어 방식을 적용함으로써, 건설·산업 현장 도입 시 건설기계와 작업자 간 충돌 및 깔림 사고를 사전에 차단하여 중대재해를 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. 이를 통해 재해율 저감, 작업중단 최소화, 안전장치 신뢰도 향상 등 안전성과 생산성을 동시에 확보하는 선순환 구조를 구축할 수 있을 것으로 기대된다.

11.2. 비용 효율성 측면

LiDAR 센서는 정밀한 거리 측정이 가능한 기술이나 부품 자체가 고비용으로 현장

확대 적용에 제약이 있다. 본 제안의 비전센서(AI 카메라)·초음파(거리계측)·비례밸브(유압제어) 융합 방식은 LiDAR 센서 대비 약 1/5~1/10 수준의 비용으로 구현이 가능하며, 보급형 안전장치로서 현장 확산에 유리한 이점이 있다.

11.3. 제도화 및 확산 측면

POC 단계에서 확보한 기본 성능 검증 결과는 향후 굴착기·지게차 등 타 기종으로의 확장 적용 및 공공기관 표준 안전기준으로의 제도화 추진의 기초자료로 활용될 수 있다. 아울러 도로공사·철도공단 등 공공기관 대상 시연회를 통해 기술의 현장 적용성을 조기에 검증하고 확산 기반을 마련할 수 있다.

12. 기타 자료(첨부)

- 신한전자기기 회사 카탈로그
- 신한전자기기 사업자등록증
- 특허증 사본 (주요 특허 8건)
- 신용평가등급 확인서 사본
- 총책 용역 제안서
- 대표자확약서

AI 기반 건설기계 능동제어 시스템 연구용역 견적서

구 분	투입 인력 (인)	기간 (일)	투입비율 (%)	단가 (일)	소요예산액 (원)	산출근거
1. 직접인건비					57,859,440	
가. 책임연구원	1	150	40	171,988	10,319,280	▪ 학술연구용역 인건비 기준
나. 연구원	4	150	30	131,878	23,738,040	
다. 연구보조원	6	150	30	88,156	23,802,120	
2. 연구활동경비					20,000,000	
가. 회의비	·회의비/자문비				4,000,000	
나. 연구재료비	·모바일 컨트롤러 및 센서류				11,500,000	▪ 실 소요량 기준
다. 인쇄비	·최종보고서(제본) 20부				500,000	▪ 실 소요량 기준
라. 교통, 여비	·국내여비				4,000,000	▪ 「공무원 여비규정」
	·국외여비					
3. 일반관리비	·(인건비+연구활동경비) × 6% 이내				4,671,566	
4. 이윤	·(인건비+연구활동경비+일반관리비) × 10% 이내				7,427,791	
5. 소계	·인건비+경비+일반관리비+이윤				89,958,797	▪ 공급가액
6. 부가가치세	·소계 × 10%				8,995,880	▪ 총용역대가÷1.1
7. 총용역대가	·소계+부가가치세				98,954,677	
합 계					98,954,677	