



기술 소개서

인공지능(A.I) 및 영상 기반의 터널 라이닝
균열검출 및 외관조사망도 자동 작성 기술



발표 순서

1. 기술개발 배경
2. 기술개발 과정
3. 보유 기술의 개요
4. 영상 촬영기법
5. 인공지능 및 영상 기반의 균열 검출 및 측정 기술
6. 영상 기반의 외관조사망도 자동 작성 기술
7. 기술의 혁신성
8. 기술의 우수성
9. 기술의 적용성 및 파급성

1 기술개발 배경

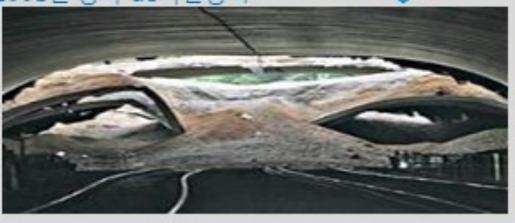
- 인력점검
- 고위험
- 주관적 평가
- 정확도 낮음
- 비효율
- 비경제적
- 장시간소요
- 검증불가
- 이력관리불가

공공시설 재난예방을 위한 안전점검 패러다임의 혁신

기존기술 (1개월 지연)
(인력중심, 고위험, 주관적 평가)



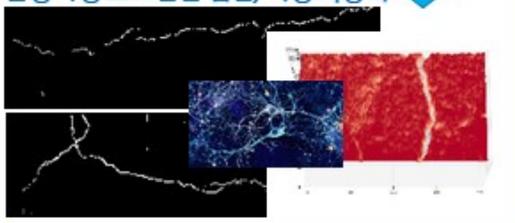
2005년 영국 GC터널붕괴



개발기술 (48시간내 처리)
(영상처리, AI 검출, 객관적평가)



인공지능으로 균열 검출/측정 자동화



- 영상, A.I 점검
- 안전
- 객관적 평가
- 정확도 높음
- 효율성
- 경제적
- 빠른 속도
- 검증용이
- 이력관리가능

AS IS	TO BE
<ul style="list-style-type: none"> ·인력점검에 의한 점검시간 과다 소요 ·원거리 육안점검으로 검출/측정 정확도 저하 ·많은 인력 및 장비투입으로 비경제적 ·점검자의 안전사고 위험성 상존 ·점검결과에 대한 수요처(발주처) 검증 불가 	<ul style="list-style-type: none"> ·인공지능(A.I) 기반 자동화로 빠른 점검 ·컴퓨터비전으로 정확한 균열 길이/폭 측정 ·기존기술 대비 20% 이상 경제적 ·차량에 탑승하므로 점검자의 안전성 확보 ·전단면 영상제공으로 수요처 검증이 용이

2 기술개발 과정

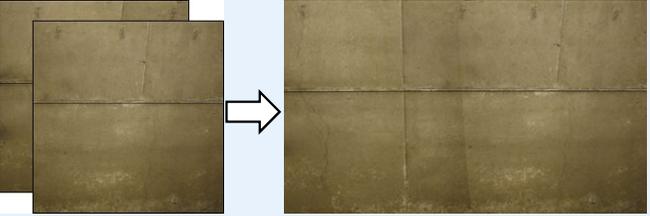
개발과정	일자	주요 진행내용
국가R&D 선정 및 수행	2016.04 ~ 2019.02	- 국토교통부 기술사업화 지원사업 주관연구기관 선정 및 3년 연구 수행 - 터널 촬영장비(터널스캐너) 개발 및 인공지능(AI) 기반 균열분석 소프트웨어 개발
특허 등록	2017.08	촬영영상과 인공지능 알고리즘 기반의 균열검출 자동화 프로그램을 이용한 터널라이닝 표면의 균열 검출 방법 및 시스템(제10-1772916호)
	2018.03	다수의 카메라를 이용한 터널 라이닝 검사장치(제10-1843923호)
	2018.11	터널 라이닝 영상 데이터 분산 병렬 처리 방법, 영상 데이터 획득 장치, 및 통합 소프트웨어(제10-1922238호)
성능 인증	2019.03	사진정합, 균열검출&측정, 외관조사망도 작성 프로그램의 Good Software 인증(TTA)
건설신기술 지정	2020.09	도로터널 유지관리를 위한 고해상도 촬영장비 및 인공지능 알고리즘 기반 라이닝 표면의 균열 검출 기술[제898호 건설신기술 지정(스마트 건설기술)]
실적	2019.01~ 현재	'남산 1호터널(신) 정밀안전진단용역', '경부고속도로 직선화 사업(1, 3공구)-스마트 균열관리' 등 다수

3 보유 기술의 개요

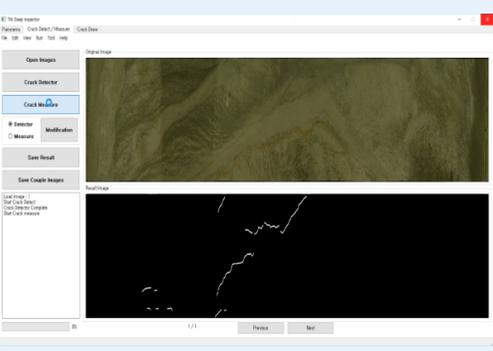
인공지능(AI) 및 영상 기반의 터널 라이닝 균열 검출 및 외관조사망도 자동 작성 기술



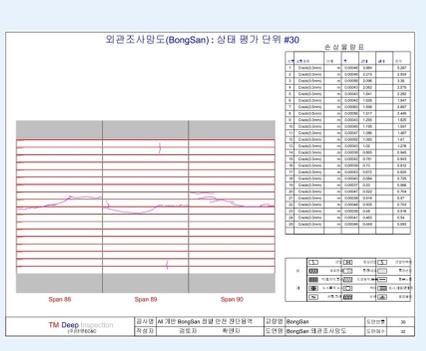
터널 라이닝 촬영(4K, 동영상)



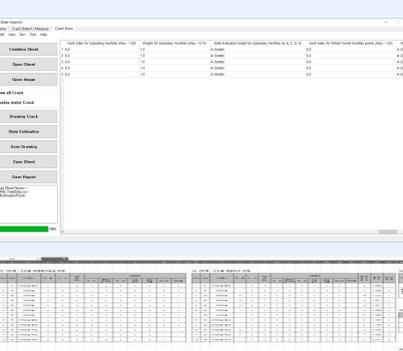
촬영 영상 파노라마 정합(Span단위)



AI 기반 균열 검출, 측정(폭0.1mm)



외관조사망도 자동 작성



상태평가 등급 자동 산출



신기술지정증서
(스마트 건설기술)

제 898호

- 명 칭 : 도로터널 유지관리를 위한 고해상도 촬영장비 및 인공지능 알고리즘 기반 라이닝 표면의 균열 검출 기술
- 개발자 : (주)딥인스펙션, 한양대학교 에리카산학협력단, 에스큐엔지니어링(주)
- 보호기간 : 2020.9.3. ~ 2028.9.2.(8년)
- 기술내용 : 이 신기술은 도로터널 라이닝의 표면을 촬영하는 4K급 이상 고해상도 카메라로 구성된 촬영장비를 20~40km/hr의 일정한 속도로 주행하면서 도로터널 표면 영상을 확보하고 영상데이터를 분산병렬 처리하는 인공지능 알고리즘 프로그램을 활용하여 도로터널 라이닝의 균열 정보(20km/hr 주행시 균열폭 0.1mm 이상, 30km/hr 주행시 균열폭 0.2mm 이상, 40km/hr 주행시 균열폭 0.5mm 이상)를 검출하고 수치화하여 자동적으로 외관조사망도와 보고서를 작성하는 기술임.
- 기술범위 : 도로터널 라이닝의 표면을 촬영하는 4K급 이상 고해상도 카메라로 구성된 촬영장비를 20~40km/hr의 일정한 속도로 주행하면서 도로터널 표면 영상을 확보하고 인공지능 알고리즘 기반 프로그램을 활용하여 도로터널 라이닝의 균열 정보(20km/hr 주행시 균열폭 0.1mm 이상, 30km/hr 주행시 균열폭 0.2mm 이상, 40km/hr 주행시 균열폭 0.5mm 이상)를 파악하고 추출하는 기술
- 보호내용 :
 - 기술개발자는 신기술을 사용한 자에게 기술사용료를 받을 수 있음.
 - 발주청에게 신기술과 관련된 신기술장비 등의 성능시험, 시공방법 등의 시험 시공을 권고할 수 있음.
 - 신기술의 성능시험 및 시험시공의 결과가 우수한 경우 발주청이 시행하는 건설공사에 신기술을 우선 적용하게 할 수 있음.

2020년 9월 3일



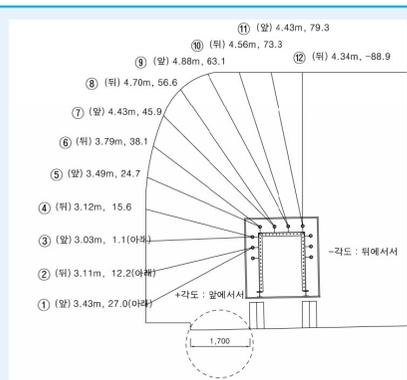
국토교통부장관

4 영상 촬영기법(촬영장비 및 영상 데이터 획득)



- 등록특허 제10-1843923호
- 20~40km/h 주행 중 영상촬영 가능
- 전동 촬영각도 조절 장치(팬틸트 드라이버)
- 조립식 & 이동식 프레임
- 4K/UHD급 고해상도 카메라(20대 설치 가능)
- LED 조명(300W/개) 20대
- 중앙통합제어장치, 모니터, 발전기 등

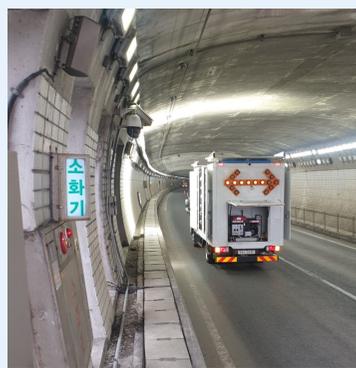
[도로 터널 영상 촬영장비] "Tunnel Deep Scanner"



[촬영 계획 수립]



[촬영 준비]



[터널(지하차도) 내부 영상 촬영]

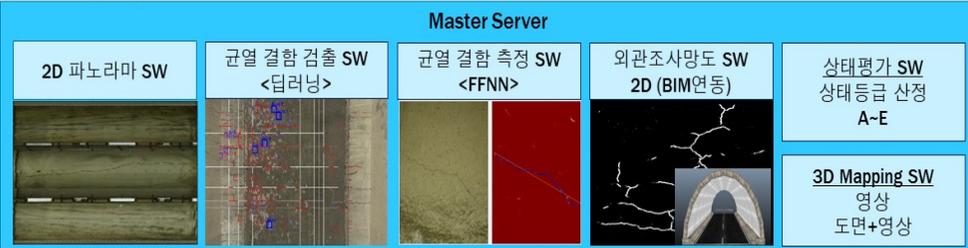


[영상 데이터 획득]

5 인공지능 및 영상 기반의 균열 검출&측정 기술

인공지능 알고리즘 및 영상처리 기반의 균열·결함 분석 소프트웨어 구성도

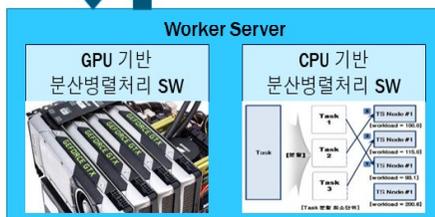
XAI & Deep Inspector



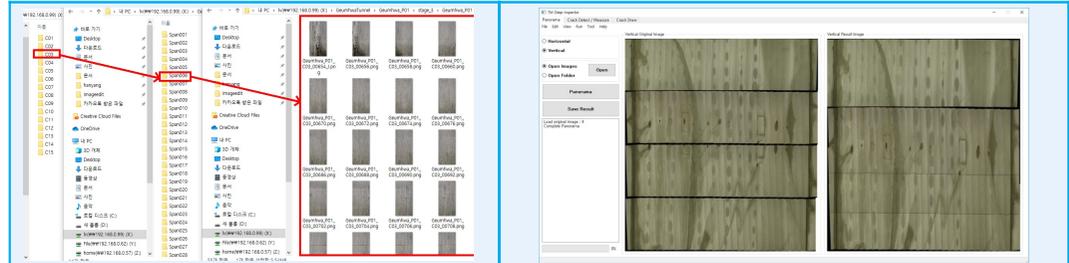
XAI & Deep Trainer



Parallel & Distributed

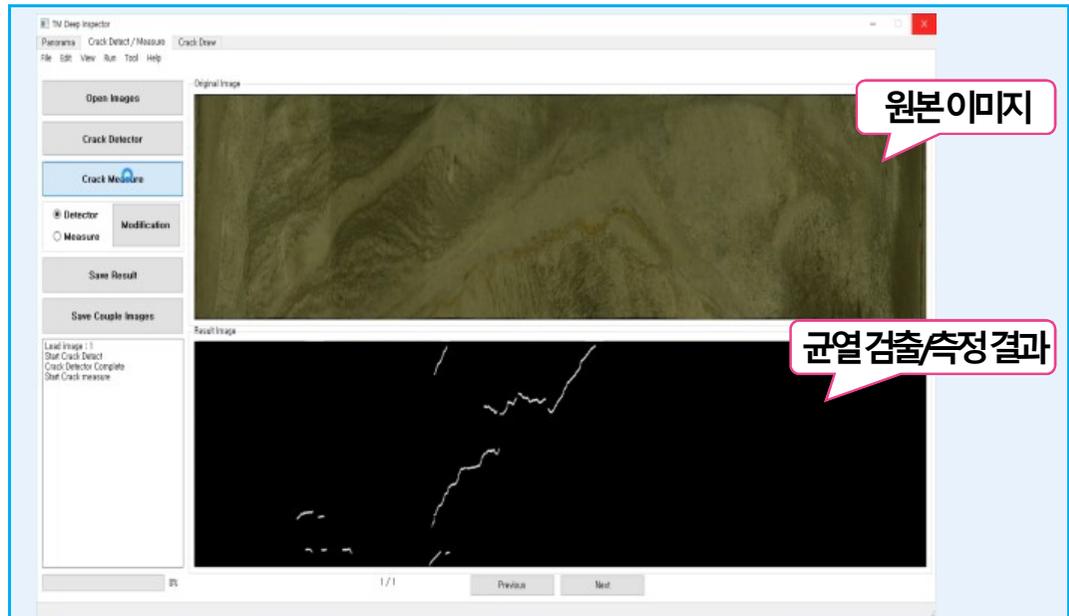


- 파노라마, 균열 검출/측정, 도면작성, 보고서 작성 자동화
- **A.I(Deep Learning), XAI(설명가능 인공지능)** 기술 적용한 균열 및 결함 검출
- GPU 기반 병렬분산처리 기술(Inferencing) 적용 : **48시간 이내처리**



촬영영상 검수 및 분류

촬영영상 파노라마 정합



원본이미지

균열 검출/측정 결과

인공지능(AI)기반의 균열 검출 및 측정

6 영상 기반의 외관조사망도 자동 작성 기술

측정된 영상 데이터 기반의 외관조사망도(CAD) 자동 작성

[터널 외관조사망도 기본 양식]

외관조사망도(OO터널(OO)): 상태 평가 단위 #21

손상 물량 표

번호	균열종류	단위	폭	깊이	면적(m ²)
1	Crack(0.2mm)	m	0.0002	8.986	2.241
2	Crack(0.1mm)	m	0.0001	6.204	1.551
3	Crack(0.2mm)	m	0.0002	5.086	1.267
4	Crack(0.1mm)	m	0.0001	3.236	0.809
5	Crack(0.1mm)	m	0.0001	3.171	0.793
6	Crack(0.2mm)	m	0.0002	2.627	0.657
7	Crack(0.1mm)	m	0.0001	2.489	0.617
8	Crack(0.1mm)	m	0.0001	1.436	0.359
9	Crack(0.1mm)	m	0.0001	1.249	0.312
10	Crack(0.1mm)	m	0.0001	1.191	0.298
11	Crack(0.1mm)	m	0.0001	1.142	0.285
12	Crack(0.1mm)	m	0.0001	1.109	0.277
13	Crack(0.1mm)	m	0.0001	1.006	0.251
14	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.929	0.232
15	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.885	0.221
16	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.844	0.211
17	Crack(0.2mm)	m	0.0002	0.817	0.204
18	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.634	0.159
19	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.581	0.145
20	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.566	0.142
21	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.463	0.116
22	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.393	0.098
23	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.356	0.089
24	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.344	0.086
25	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.294	0.073

터널 우측
(Lining + Tile) Length : 16.0

터널 좌측 Span No 61 (10M) Span No 62 (10M) Span No 63 (10M)

균열폭갈이면적 물량표자동작성

균열폭갈이면적 물량표자동작성

균열폭갈이면적 물량표자동작성

균열폭갈이면적 물량표자동작성

균열폭갈이면적 물량표자동작성

Deep Inspection (주)딥인스펙션

공사명	시 기반OO터널(정관) 정밀 안전 진단용역	터널명	OO터널(OO)	도면번호	21	
작성자	검토자	확인자	도면명	OO터널(OO) 외관조사망도	도면매수	22

[촬영 이미지가 삽입된 터널 외관조사망도]

외관조사망도(: 라이닝) : 상태 평가 단위 #6

터널 우측
(Lining + Tile) Length : 39.0

터널 좌측 No. 27-2 Block No. 27 No. 28-1 Block No. 28

손상 물량 표

번호	균열종류	단위	폭	깊이	면적(m ²)
1	Crack(0.1mm)	m	0.0001	1.888	0.387
2	Crack(0.1mm)	m	0.0001	1.789	0.448
3	Crack(0.1mm)	m	0.0001	1.266	0.34
4	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.883	0.221
6	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.837	0.209
6	Crack(0.1mm)	m	0.0001	1.277	0.319
7	Crack(0.1mm)	m	0.0001	1.236	0.300
8	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.775	0.164
9	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.773	0.163
11	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.764	0.160
12	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.739	0.152
13	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.722	0.148
14	Crack(0.1mm)	m	0.0001	1.137	0.284
16	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.733	0.178
16	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.684	0.173
17	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.684	0.173
18	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.683	0.171
18	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.682	0.17
20	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.673	0.168
21	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.683	0.168
22	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.681	0.166
23	Crack(0.1mm)	m	0.0001	0.659	0.163
24	Crack(0.1mm)	m	0.0001	1.054	0.401

Deep Inspection (주)딥인스펙션

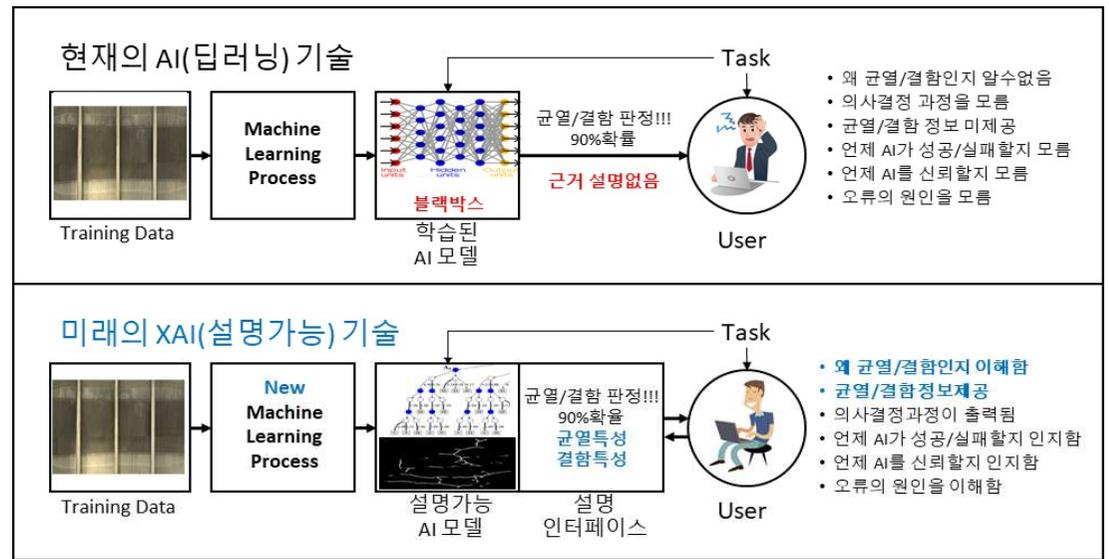
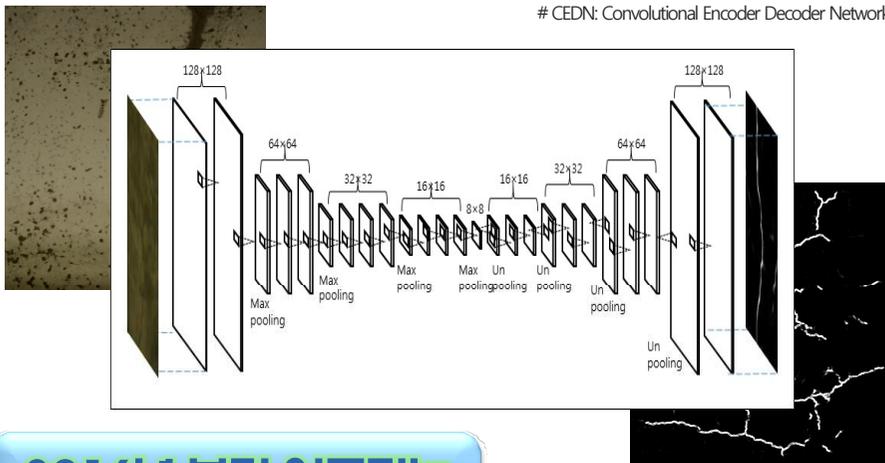
공사명		터널명		도면번호	6
작성자	검토자	확인자	도면명		7

7 기술의 혁신성

“ 인공지능 기술 적용 (인스펙션 분야 세계 최초 XAI 특허등록 3건, A.I 특허등록 6건) ”

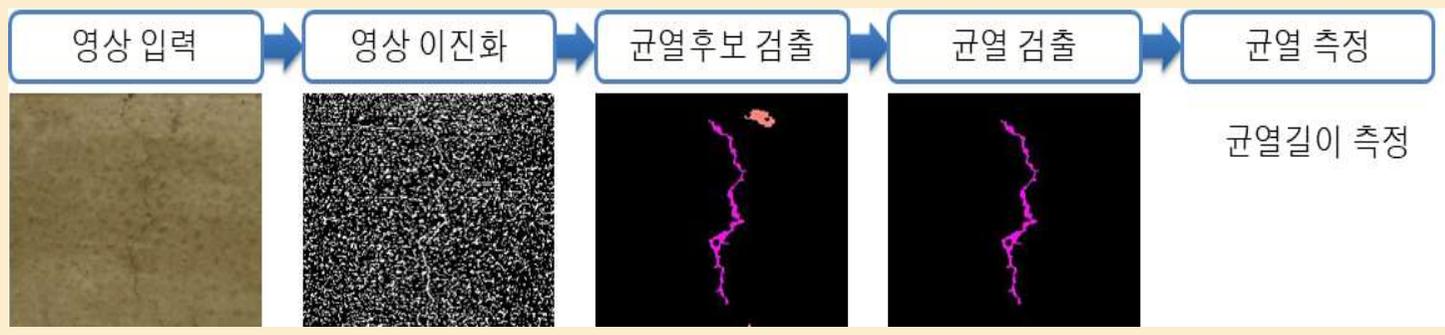
[적용 인공지능(AI) 알고리즘 : CEDN]

CEDN: Convolutional Encoder Decoder Network



2016년부터 인공지능 알고리즘 개발 착수

인공지능(AI) 알고리즘을 이용한 균열 검출/측정 절차



8 기술의 우수성

“인공지능 기반 영상처리 플랫폼 구축으로 경쟁사 대비 가격 및 품질 경쟁 우위”

플랫폼 기반 인스펙션 분야 영상처리 시장 선점을 통한 진입장벽 구축

KURAVE(일본) 및 기타업체	구분	Deep Inspection
Threshold 기법 (Rule Base)	알고리즘	딥러닝, GPU 분산처리, 강화학습, XAI (Data Driven)
매우 느림 (178시간) (알고리즘 + 전문가 협업방식)	처리 속도	빠름 (48시간, 3.7배 향상) (복수의 GPU 기반 병렬분산처리)
매우 낮음 (SW + HW : 8.5억원)	가격 경쟁력	30% 경제적 (SW + HW : 5.8억원)
SW 구매비용 높은 전문가 인건비 (100%)	비용	SW 구매비용 낮은 운영자 인건비 (50%)
검출정확도 60~70%	품질	검출정확도 90% 이상 (50% 향상)
수동 제어	자동화	전자동화 (인공지능 기반)
업데이트 없음 또는 1회/년 업데이트	업데이트	분기별 업데이트 (고객의 요구사항 반영, AI학습)

진입장벽

경쟁사 (영상)

알고리즘+전문가 협업방식의 한계

- 고비용 (1.3배)
- 느린 속도
- 낮은 정확도
- 주관적 평가

인력 점검

업무방식에 따른 비효율성

- 고비용 (1.27배)
- 고위험
- 낮은 정확도
- 주관적 평가



GS인증획득

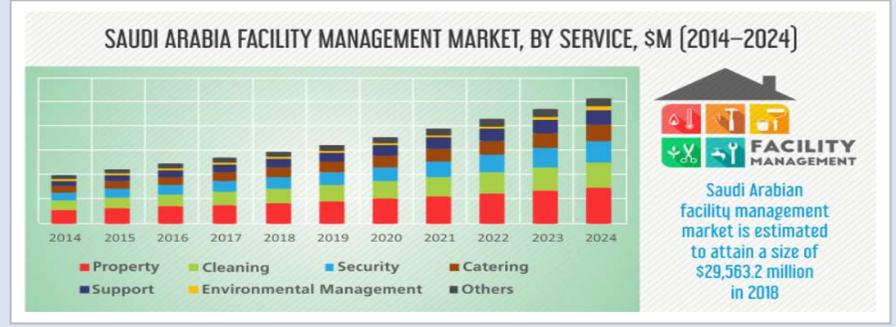
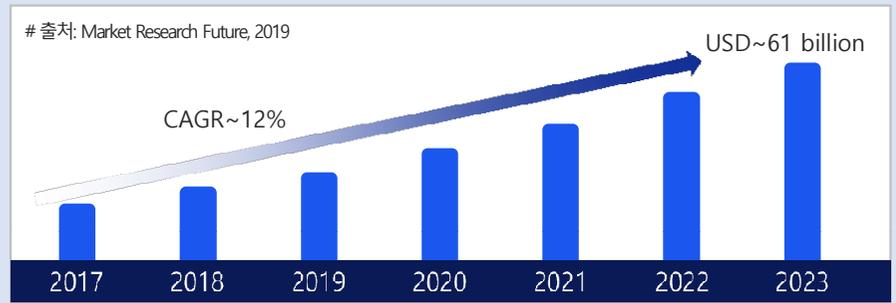


- ◆ 차별화 포인트: End to End 파이프라인의 모든 요소에서 경쟁력 갖추
- ◆ 경쟁사(그룹1): 안전진단 전문기관, 경제성, 속도, 성능 측면에서 경쟁 우위
- ◆ 경쟁사(그룹2): 국내 영상기반 안전점검 기술 기업, 해외기술도입, 모든 면에서 경쟁 우위
- ◆ 경쟁사(그룹3): 해외 영상기반 안전점검 기술 기업, 주행속도를 제외한 모든 면에서 경쟁 우위

9 기술의 적용성 및 파급성

- 01 글로벌 유지관리 시장규모는 약 70조원(49조원 대체가능)으로 추정(2023년 기준).
- 02 가속화된 시설물 노후화로 인해 시장규모는 지속적으로 증가 (국내시장규모 1조원(7,000억원 대체가능), 정부 SOC 예산 15%/년 증가)
- 03 지속적인 인건비 상승으로 혁신적이고 경제적인 신기술 필요성 꾸준히 증가

<p>터널/교량 시설물 (15,418개소)</p> <p>5,178km 국도안전관리원 기준 3,480억원</p> 	<p>공항 시설물 (21개소)</p> <p>932km 공항공사 자료 기준 1,806억원</p> 	<p>도로 시설물 (평균3차로)</p> <p>117,000km 국도교통부 기준 2,100억원</p> 
<p>댐 시설물 (605개소)</p> <p>976억원</p> 	<p>건축 시설물 (63,653개소)</p> <p>2,573억원</p> 	<p>기타 시설물 (10,743개소)</p> <p>최내 11,560억원 최소 1,156억원</p>



기대효과&파급성

안정적이고 지속성장하는 시장규모, 디지털전환 포텐셜이 매우 높음.
 당사 기술 적용시 연간 190억원의 비용절감 가능함.
 터널시설물 뿐만 아니라 교량, 댐, 공항시설물에도 적용 가능함.

9 기술의 적용성 및 파급성

표23. 현장 적용 목록

번호	용역명	발주자	용역기관	용역기간	용역규모	도로통제	총용역금액 (신기술공사 금액)	비고
1	2018년 상반기 동부권 시특법 시설물 점검 용역 및 내진보강 실시설계용역(화산터널)	경기도 화성시 동부출장소	에스큐 엔지니어링(주)	2019.01	상행 L=330m, 하행 L=370m, 편도 3차로	통제 X	624,410,500 (16,800,000)	주행 중 영상촬영, 전단면 파노라마 영상 생성 균열 검출/측정, 외관조사망도 작성
2	국도 33호선 관호IC교외 23개소 정밀안전진단 및 정밀점검 기술용역(득성터널)	대구국토관리 사무소	(주)한국건설방재 연구원	2018.12	상행 L=391.5m, 하행 L=358m, 편도 2	통제 X	168,120,000 (12,900,000)	주행 중 영상촬영, 전단면 파노라마 영상 생성 균열 검출/측정, 외관조사망도 작성
3	국도 30호선 강창2교외 17개소 정밀안전진단 및 정밀점검 기술용역(감천터널)	대구국토관리 사무소	(주)한국건설방재 연구원	2018.12	하행 L=895m, 편도 2차로	통제 X	145,109,013 (11,545,500)	주행 중 영상촬영, 전단면 파노라마 영상 생성 균열 검출/측정, 외관조사망도 작성
4	2018년 상반기 동부권 시특법 시설물 점검 용역 및 내진보강 실시설계용역(방교터널)	경기도 화성시	에스큐 엔지니어링(주)	2019.01	상, 하행 L=580m, 편도 2차로	통제 X	624,410,500 (19,488,000)	주행 중 영상촬영, 전단면 파노라마 영상 생성
5	남산 1호터널(신) 정밀안전진단용역	서울시 서부도로사업소	에스큐 엔지니어링(주)	2019.07	상행 L=1532m, 편도 2차로	전면통제 (청소실시 사유)	118,915,000 (19,762,800)	주행 중 영상촬영, 전단면 파노라마 영상 생성 균열 검출/측정, 외관조사망도 작성 상태평가보고서 작성
6	금화터널 외 3개소 정밀점검(봉산터널)	서울시 서부도로사업소	(주)한국건설방재 연구원	2019.07	상행 L=475m, 하행 L=405m, 편도 2	1차로 통제 (육안점검 병행)	125,085,000 (12,900,000)	주행 중 영상촬영, 전단면 파노라마 영상 생성 균열 검출/측정, 외관조사망도 작성 상태평가보고서 작성
7	금화터널 외 3개소 정밀점검(금화터널)	서울시 서부도로사업소	(주)한국건설방재 연구원	2019.08	상행 L=555m, 하행 L=555m, 편도 2	1차로 통제 (육안점검 병행)	125,085,000 (14,319,000)	주행 중 영상촬영, 전단면 파노라마 영상 생성 균열 검출/측정, 외관조사망도 작성 상태평가보고서 작성
8	2019년 수도권본부 거모4교(강릉) 등 37개소 정밀안전점검 및 성능평가 용역(중부3터널)	한국도로공사 수도권본부(광주)	에스큐 엔지니어링(주)	2019.11	하행 L=369m, 편도 2차로	2차로 통제 (고속도로 규정)	254,034,770 (6,450,000)	주행 중 영상촬영, 전단면 파노라마 영상 생성 균열 검출/측정, 외관조사망도 작성 상태평가보고서 작성
9	2019년도 대구포항선 임고4터널(대구) 등 12개소 정밀안전진단 및 성능평가용역(임고4터널)	한국도로공사	에스큐 엔지니어링(주)	2019.11	하행 (포항방향) L=1,690m, 편도 3차로	3차로 통제 (고속도로 규정)	404,641,600 (28,392,000)	주행 중 영상촬영, 전단면 파노라마 영상 생성 균열 검출/측정, 외관조사망도 작성 상태평가보고서 작성
10	정산터널 시설물 정밀점검 및 정밀안전진단 용역	광양시	(주)한국건설방재 연구원	2019.11	상행 L=310m, 하행 L=273m, 편도 2차로	통제 X	134,631,000 (12,900,000)	주행 중 영상촬영, 전단면 파노라마 영상 생성 균열 검출/측정, 외관조사망도 작성 상태평가보고서 작성