발간등록번호/
11-1613000
-001862-01

15TAIP-
C092504-
01-000000

국토교통기술사업화지원사업 R&D Report

재난·재해 대비 및 유지관리를 위한
하수암거 원격 탐사시스템 개발
최종보고서

2017.

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

보안 과제( ), 일반 과제(✓) / 공개(✓), 비공개( )

국토교통기술사업화지원사업 제2차년도 최종보고서

R&D /
15TAIP-C092504-01-000000

재난·재해 대비 및 유지관리를 위한 하수암거 원격 탐사시스템 개발 최종보고서

2017. 04.

주관연구기관 / (주)경화엔지니어링

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'재난·재해 대비 및 유지관리를 위한 하수암거 원격 탐사시스템 개발' (연구개발 기간 : 2015.04.27. ~ 2017.04.26.) 과제의 최종보고서 00부를 제출합니다.

2017. 04. 26.

주관연구기관명: (주)경화엔지니어링 (인)

주관연구기관책임자 : 이 성 복 (인)

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유
번 호</td><td>15TAIP-C092
504-01</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td colspan="2">2015.04.27.
~2017.04.26</td><td>단계구분</td><td>2단계</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="5">국토교통기술사업화 지원사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="5">중소기업 보유기술 및 아이디어 사업화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="5">-</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="5">재난、재해 대비 및 유지관리를 위한 하수암거 원격
탐사시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">이성복</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 10명
내부: 10명
외부: -명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td>정부: 411,000천원
기업: 274,000천원
정부 외: - 천원
계: 685,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 10명
내부: 10명
외부: -명</td><td>총
연구개발비</td><td>정부: 825,000천원
기업: 550,000천원
정부 외: - 천원
계:1,375,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="3">㈜경화엔지니어링
기술연구소</td><td>참여기업명</td><td></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td>상대국 연구기관명:</td><td></td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td>연구책임자:</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서 면수 : 100 pages</td><td></td></tr>
</table>

기존 사각하수암거의 경우 육안조사를 통하여 내부상태를 확인하고 있는 실정이나 교통통제, 하수악취, 하수월류 등으로 조사시행의 어려움이 따르며, 하수도사업이 대부분 오수처리 위주의 사업으로 진행됨에 따라 하수암거의 중요성 인식이 저하되어 구조적(관파손, 관침하 등), 기능적(토사퇴적, 역경사 등)에 이상부분 발생됨에도 불구하고 적절한 조치가 행해지지 않고 있는 실정이다. 또한 최근 하수관거 등 지하매설물 손상에 따른 도로함몰사고(씽크홀 등)가 급증하고 있어 안전사고에 대한 관심이 증가되고 있는 추세이다.

이에 따라 본 연구개발에서는 카메라, 계측기 등을 포함한 탐사장치를 하수암거 상부에 설치된 레일을 따라서 이동함으로써 관거 내부의 구조적, 환경요소에 대한 조사가 가능함과 동시에 무선 원격으로 이를 운용하므로서 안전성을 극대화하고 안정적인 자료를 얻도록 구현하였다. 특히, 한번 충전으로 최대 2.0㎞까지 장거리 운전과 전·후진이 가능하고 기존기술보다 빠른 속도로 실시간 모니터링함과 동시에 DB관리가 가능하도록 시스템을 개발하였다.

이와같은 시스템에 의해 지하시설물의 환경 상태를 제어하고 감지할 수 있도록 무선통신 인터페이스를 갖는 내부 네트워크로 상호 연결한 효율적인 모듈 시스템을 구축하였다. 본 기술은 급변하는 환경 및 재난시장에서 요구되는 조건과 환경인자들의 사양에 대하여 보다 적응성 있고 유연성과 안정성을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

[국 문 요 약 문]

연구의 목적 및 내용	• 연구의 목적 하수암거(BOX) 내부를 상시적으로 탐사·계측하여 하·폐수 관거의 기능 회복, 구조적 문제점 분석, 악취 및 홍수피해에 대한 사전예방과 신속한 감시대응체계를 구축할 수 있는 ICT 기반 통합 유지관리 시스템 기술 확보 • 연구내용 재난관리를 위한 하수암거 무인 원격탐사 장비 개발 및 정기적인 탐사자료 자동 축적 시스템 구축 - 하수암거 상부 천정에 설치할 이송용 레일개발 - CCTV카메라, 계측장치 등을 탑재한 무선 이동 탐사장치 개발 - 전원 공급용 배터리충전장치 및 유도전류 충전기술 개발 - 원격으로 무선탐사장치를 제어하기 위한 통신 중계 시스템 구축 - 취득 데이터를 실시간으로 모니터링 및 DBase 할 수 있는 운영 프로그램 개발
연구개발성과	• 기술적 성과 - 하수암거(BOX) 상부천정에 탐사장치를 위한 이송용 레일을 설치하여 암거내부를 상하좌우 및 측시를 실시간 연속적으로 촬영하여 상태평가의 안정성확보와 정확성을 기할 수 있음. - 관거내부상태, 협잡물, 악취(H_2S) 및 수위변화 등의 다양한 조사가 가능하고, 인력 조사의 한계성을 극복하여 실시간 원격으로 내부정보를 수집 및 dBASE화하는 기술적 성과를 획득함. - 하수암거 외 도시기반시설망인 통신관로 등의 공동구에도 응용 적용할 수 있어 지하 구조물 관리에 새로운 패러다임으로 자리 매김할 것으로 판단됨. • 사회적 성과 - 씽크홀 예방 등의 재난관리와 영상 및 탐사정보를 dBase함으로써 도시기반시설인 하수암거의 안정적 관리와 신뢰성있는 정보 제공 - 계측장비로 악취민원 및 홍수피해를 사전에 감지·대응방안 수립이 가능하고, 이로 인한 재산적·인명적 피해 최소화

연구개발성과	• 학술적 성과 - 환경신기술 인증 신청 : 「레일형 무선자주차를 이용한 하수관거 모니터링 시스템 및 맵표시 기술」, 한국환경산업기술원 - 특허 출원 : 「하수 이송관 관로 탐사장치 및 이를 이용한 실시간 관로 모니터링 방법」 외 1건, 특허청 - 연구논문 게재 : 「재난 예방과 대응 할 수 있는 사각 하수암거 원격탐사 시스템개발에 관한 연구」, 환경기술학회 - 소프트웨어 프로그램 등록 : 「하수암거용 자주차 원격모니터링 소프트웨어] 외 1건, 한국소프트웨어 저작권 협회
연구개발 성과의 활용계획 (기대효과)	• 활용계획 - 하수암거(BOX)의 연속적·정기적 실태조사 및 분석 - 실시간 감시체계 구축 구조적·기능적 안전성 확보 및 조사자료 축적을 통한 DBase화로 안전사고 방지 및 예측자료 활용에 기여 - 그 동안 자주차 중심의 하수관 조사는 원형관에 국한되고, 사각암거는 사람이 관거내부로 직접 들어가 육안으로 제한적 조사하거나 교통, 악취, 강우시 수위 상승 등 시행의 어려움 겪었으나, 본 기술개발로 새로운 유지관리방식의 기틀 마련 - IT기술 기반으로 카메라, 자주차, 레일, 영상 입출력기술, TM/TC, 웹 모니터링, 스마트 폰 어플 등을 이용하여 제품화 하므로서 연관 산업에 시너지 효과를 줄 수 있음. • 기대효과 - 지하관로에서의 영상 및 데이터 취득을 위한 충전기술 및 하수관거 내의 무선 통신기술작용과 IT 융합의 커다란 시너지 효과를 나타낼 수 있을 것으로 판단됨 - 한정된 예산범위 내에서 일시적·임의적 조사에서 탈피하고 연속적·정기적으로 조사가 가능하여 장기적으로 예산 절감 가능 - 도로침하, 함몰 등 재난·재해 원인규명과 방지를 위한 자료 축적 및 제공 - 지하시설물 관리의 새로운 방향모색 제공

핵심어 (5개 이내)	**하수암거탐사**	**지중무선통신**	**배터리충전장치**	**레일장치**	**재난관리**

[Summary]

The Purpose of Study & Content	• The Purpose of Study The purpose of this study is to secure the technology with integrated maintenance and management system based on ICT to build up advanced prevention and rapid monitoring system of reaction for recovery function, analysis of structural problem, nasty smell and damages caused by flood by exploring and measuring inside of culverts in sewerage and waste water continuously. • The Contents of Study To build up to develop automated remote sensing equipment inside of box culverts for disaster management and establishment of automated accumulation system of exploration data regularly. - Development of traveling rail to install on ceiling shaft above underdrain - Development of wireless traveling exploration equipment equipped with CCTV cameras, measuring instruments and etc. - Development of technologies to charge by battery charging device and induced current for Electric Power Supply - To install a communications relay system to remotely control radio exploration devices - To develop operational programs to allow real-time monitoring and DBase of acquired data.
Achievement of R & D	• Technical Achievement - By installation of traveling rails for exploration device in the upper ceiling of box culvert, it is possible to ensure stability and accuracy to examine the conditions of all sides of box culvert in real time. - Various surveys such as internal condition of culvert, trashes, nasty smell (H2S), and water level changes are possible, and acquired the technical achievement by overcome the limitation of survey by manpower collecting the internal information remotely in real time and dBASE. - It is judged that the new paradigm will be applied to the management of underground structures in addition to the application of the communication conduit system as well as box culvert. • Social Achievement - By means of dBase, images management of disaster such as the prevention of sink hole, video images and information of exploration are possible to provide with reliable information, stable management of box culvert which is urban infrastructure of box culvert - Measuring equipment enables prior detection and countermeasure of civil complaints and flood damage in advance and minimizes damage to property and human life caused by it

Achievement of R & D	• Academic Achievement - Applied Environmental Technology Certification : "Monitoring System of culvert using rail type wireless mobile car and Map indication technology ", Korea Environment Industry Institute - Patent Applied : 「Inspection Device of Transfer Pipe Conduit and real-time pipe monitoring method」 and other 1 case Intellectual Property Office - Publication of Research Paper : 「A Study on the Development of a Remote Sensing System of square type culvert for Disaster Prevention and Remote Sensing」, Korean Society of Environment Technology. - Registration of Software Program : 「Remote Monitoring Software for Mobile Car for box culverts of sewage] and other 1, Korea Software Copyright Association
Utilization Plan of R&D Achievement (Expected Effects)	• Utilization plan - Investigation and analysis of the continuous and periodic conditions of box culvert - DBase through real-time monitoring buildup and security of structural and functional safety and the accumulation of survey data, it can contribute to utilize for the prevention of accidents and predictive data. - This development of New Maintenance Technique established basis of maintenance system while the conventional survey has been limited only round culvert by means of mobile car, and it was difficult to perform as worker should enter square type culvert to survey with the naked eye, and transportation, nasty smell, increase of water level have been the other difficulties. - Based on the IT technology development, it is possible to provide synergy effects to the related industries and commercialization by using camera, mobile car, rail, technology of input/output image/video, TM/TC, web monitoring and smartphone application. • Expected Effects - It is judged that there will be a large synergy effect for charging technologies and data acquisition technologies in the underground pipe conduit, as well as a large synergy effect as fusion technology between wireless communication technologies and IT. - Within a limited budget, beside of temporary and periodical survey, continuous and periodic investigations into a long-term budget can make savings - To accumulate and provide with identified materials and prevention of disasters such as road settling and depression - To provide a new direction of underground facilities management

Keywords	Square Sewerage Culverts Examining	Underground Wireless Com.	Battery Charge Station	Rail Device	Disaster Recovery

목 차

제1장 연구개발 과제의 개요 ····13

1. 연구개발 목적 ····13
2. 연구 개발의 필요성 ····15
3. 연구 개발의 범위 ····16

제2장 국내외 기술개발 현황 ····19

1. 국내 기술의 현황 ····19
2. 해외 기술의 현황 ····21
3. 유사기술 문제점 개선 ····23

제3장 연구수행 내용 및 성과 ····25

1. 하수암거 무선탐사장치 모니터링 시스템의 개발 ····25
2. 성능시험 결과 ····65
3. 연구개발 성과 ····73

제4장 목표 달성도 및 관련분야 기여도 ····81

1. 목표 달성도 ····81
2. 관련분야 기여도 ····83

제5장 연구 개발 성과의 활용 계획 ····85

1. 현장 적용 방안 ····85
2. 실용화, 제품화 방안 ····86

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ····88

제7장. 연구개발성과의 보안등급 ····101

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 ·장비 현황 ····102

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 ·····103

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ·····104

제11장. 기타 사항 ·····105

제12장. 참고 문헌 ·····106

[별 첨]

1. 논문 / 환경기술학회 / "재난의 예방·대응하기 위한 사각 하수암거 원격탐사 시스템 개발에 관한 연구" / 2017.
2. 특허출원 / 특허청 / "지하관로 운영관리를 위한 지하관로내 환경모니터링용 자주차" / 2016.
3. 특허출원 / 특허청 / "하수이송관 관로 탐사장치 및 이를 이용한 실시간 관로 모니터링 방법" / 2017.
4. 저작권 등록 / 한국저작권위원회 / "하수암거용 자주차 원격제어용 소프트웨어 " / 2016.
5. 저작권 등록 / 한국저작권위원회 / "하수암거용 자주차 원격모니터링 소프트웨어" / 2017.
6. 신기술 신청 / 한국산업환경기술원 / "레일형 무선자주차를 이용한 하수관거 모니터링 및 맵 표시기술" / 2017.
7. 공문 / 인천광역시 / "하수박스내 온라인용 자주차 설치공사를 위한 협의의견 회신"
8. 무선 데이타 통신시스템용 무선기기 적합 인증서
9. 카메라 품질 보증서
10. 황화수소 시험 성적서
11. 공인시험성적서
    - 자주차 방수 시험 성적서
    - 자주차 신뢰성 시험 성적서
    - 무선 통신 거리 확인 시험 성적서

표 목 차

[표 1-1] 하수암거의 주요 문제점 ·····13
[표 1-2] 주요기술 개발항목 및 개발방향 ·····17
[표 2-1] 국내 관련특허 현황 ·····19
[표 2-2] 관련 R&D 현황 ·····20
[표 2-3] 일본 관련특허 현황 ·····21
[표 2-4] 하수관로 상태평가 기술 ·····24
[표 3-1] 각부의 명칭 및 구성요소 ·····26
[표 3-2] 토사방지용 커튼 재질 비교 ·····31
[표 3-3] 각부의 명칭 및 구성요소 ·····35
[표 3-4] 홀센서 감지거리 시험 ·····43
[표 3-5] 무선통신모듈 시험 ·····44
[표 3-6] 하수암거 CCTV장비 기준검토 (촬영부 기준) ·····45
[표 3-7] 카메라 스펙 ·····46
[표 3-8] LED 모듈 제원 ·····48
[표 3-9] 원형코어에 유도 코일 유기전력 장치 실험결과 ·····53
[표 3-10] 코어 구경별 실험 결과 ·····53
[표 3-11] 충전장치 단자대 설명 ·····56
[표 3-12] 통신 콘트롤 ·····59
[표 3-13] 암거내 수위 측정 결과 ·····68
[표 3-14] 암거내 황화수소 측정 결과 ·····69
[표 3-15] 실험실내 황화수소 측정 결과 ·····70
[표 3-16] 원가 분석(원격탐사시스템) ·····78
[표 3-17] 현가분석 ·····79
[표 3-18] 가치분석 ·····79
[표 4-1] 기존기술과의 비교 · 검토 ·····81
[표 4-2] 목표 및 달성도 ·····82
[표 4-3] 관련 분야 기여도 ·····83
[표 5-1] 하수암거 시설연장 ·····85
[표 5-2] 노후 하수관로 정비 연차별 투자계획(서울시) ·····86
[표 5-3] 서울시 공동구 시설현황 ·····86
[표 6-1] 해외기술정보 ·····88

그 림 목 차

[그림 1-1] 도로함몰 원인분석 및 노후관로 현황 ·····13
[그림 1-2] 기술 개발 목표 ·····14
[그림 2-1] 국내 하수암거 조사장비 ·····19
[그림 2-2] IBAK PANORAMO시스템 ·····22
[그림 2-3] Sonar system ·····23
[그림 3-1] 이송용 레일장치 구성도 ·····27
[그림 3-2] 가이드레일 설계도면 ·····28
[그림 3-3] 가이드레일 제작 및 설치 사진 ·····28
[그림 3-4] 가이드레일 설계도면 ·····29
[그림 3-5] 가이드레일 제작 및 설치 사진 ·····30
[그림 3-6] 토사방지 브러시 커튼 설계도 ·····31
[그림 3-7] 토사방지 커튼 실험 및 설치 사진 ·····32
[그림 3-8] 자석 설치도 ·····33
[그림 3-9] 자석 설치 사진 ·····34
[그림 3-10] 무선 자주차의 전체 구성도 ·····34
[그림 3-11] 모터 외형 설계도 ·····36
[그림 3-12] 모터 장착 사진 ·····36
[그림 3-13] 동력전달장치 및 바퀴 설계 창착도 ·····36
[그림 3-14] 충전용 단자 설계도 ·····37
[그림 3-15] 충전용 단자 사진 ·····37
[그림 3-16] 제어보드 회로도면 ·····38
[그림 3-17] 제어보드 사진 ·····39
[그림 3-18] 초음파 거리측정센서 ·····40
[그림 3-19] 현장실험 (수위 측정) ·····40
[그림 3-20] 황화수소 농도측정 장치 구성도 ·····41
[그림 3-21] 황화수소 농도 측정 장치 사진 ·····42
[그림 3-22] 홀센서 구성도 ·····43
[그림 3-23] 홀센서 작업 사진 ·····44

[그림 3-24] 무선통신모듈 구성 예시도 ·····44
[그림 3-25] 무선통신모듈 구성 및 현장시험 ·····45
[그림 3-26] 관로 탐사를 위한 전용 카메라 ·····47
[그림 3-27] 카메라 모듈 설계도(A) ·····47
[그림 3-28] 카메라 모듈 설계(B) ·····48
[그림 3-29] 구동부 기구 사진 ·····49
[그림 3-30] 구동부 기구 설계도 ·····50
[그림 3-31] 자주차 몸체 우측면(후) 설계도 ·····51
[그림 3-32] 자주차 몸체 좌우 측면(후) 설계도 ·····51
[그림 3-33] 자주차 몸체 정면(후) 설계도 ·····52
[그림 3-34] 자주차 몸체 내부 보드 설계도 ·····52
[그림 3-35] 몸체기구 사진 ·····53
[그림 3-36] 코어. 구리성정 및 유기전력 발생 장치 ·····53
[그림 3-37] 충전회로도 ·····54
[그림 3-38] 유기전력 발생장치 사진 ·····55
[그림 3-39] 충전 장치 구성도 ·····55
[그림 3-40] 충전 장치 회로도 ·····56
[그림 3-41] 충전장치 사진 ·····57
[그림 3-42] 통신용 패널 설치 ·····58
[그림 3-43] 통신 에이전트 프로그램 ·····60
[그림 3-44] 운영현황 화면 ·····61
[그림 3-45] 경향분석 화면 ·····61
[그림 3-46] 탐사장비 위치보기 화면 ·····62
[그림 3-47] 보고서 화면 ·····62
[그림 3-48] 사용자 정보 화면 ·····62
[그림 3-49] 사용자 정보 설정 화면 ·····63
[그림 3-50] 설치정보 설정 화면 ·····63
[그림 3-51] 카메라 보기 메뉴 ·····64
[그림 3-52] 카메라 보기 및 탐사장비 제어 프로그램 화면 ·····64
[그림 3-53] 암거내 원격탐사장치 구동 ·····65
[그림 3-54] 방수시험 전경 ·····66

[그림 3-55] 암거내 수위 실측값 측정 ·····67
[그림 3-56] 수위측정값 비교표 ·····68
[그림 3-57] 하수암거내 황화수소 측정 ·····69
[그림 3-58] 황화수소 농도측정값 비교표 ·····70
[그림 3-59] 실험실 내 황화수소 실측값 측정 ·····71
[그림 3-60] 자주차 내부 황화수소 챔버 개방 구조 ·····73
[그림 3-61] 황화수소 가스 흐름도 및 호스 구성도 ·····74
[그림 3-62] 마그네틱이 장착된 레일과 자주차 저면도 ·····75
[그림 3-63] 하수암거 내 무선 자주차의 충전장치 구성도 ·····76
[그림 3-64] 하수암거 내 무선 자주차의 충전공정 진행도 ·····76
[그림 3-65] 자주차 충전장치 설치 사진 ·····77
[그림 3-66] 최근 10년간 질식 사망자 현황 ·····80

제1장 연구개발 과제의 개요

1. 연구개발 목적

가. 연구개발 배경

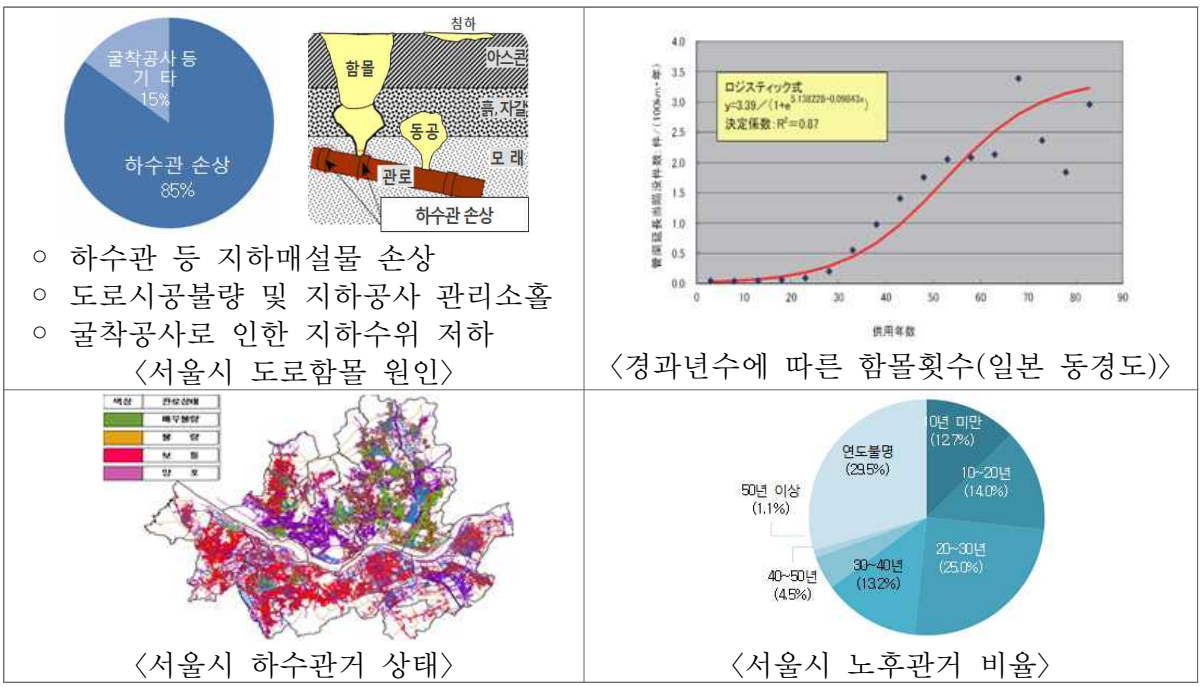
하수관거는 생활환경 개선, 공중위생, 침수방지, 공공수역의 수질보전 및 건전한 물순환 등을 구축하기 위하여 반드시 필요한 도시기반시설이다. 하수관거가 시민의 생활이 쾌적하고 안전하게 유지되도록 기능을 다하기 위해서는 지속적인 상태파악 및 유지관리에 의하여 이상상황을 파악하고 즉시 대응할 수 있는 체계가 필요하다.

하수암거의 문제점은 시설, 환경, 방재, 유지관리 측면으로 구분할 수 있다.

[표 1-1] 하수암거의 주요 문제점

구 분	시설측면	환경측면	방재측면	유지관리측면
문제점	매설년수(노후화), 구조 · 기능상 문제	수질오염, 하수악취 등	통수능력부족, 침수피해	인력 · 예산 부족, 운영관리문제

최근 도로함몰(싱크홀)로 인한 시민불안이 높아지고 이로 인한 안전사고 방지를 위한 많은 노력을 기울이고 있다. 최근 서울시 자료에 의하면 도로함몰의 가장 주된 요인이 하수관 손상에서 기인하며, 이는 매설관 경과년수가 증가함에 따라 점차 증가되는 것으로 조사되었다.



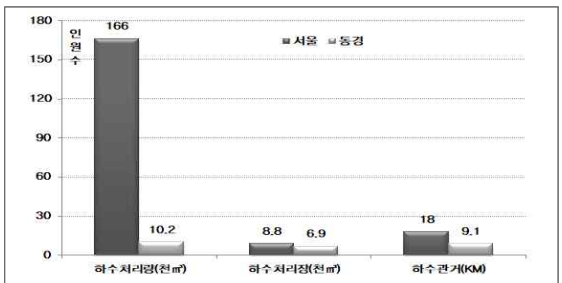
자료 : 서울시 도로함몰(싱크홀) 관리대책(2014.08)

[그림 1-1] 도로함몰 원인분석 및 노후관로 현황

또한 하수관거는 부식, 마모, 파손, 균열 등의 안전성이 낮아져 발생하는 구조적 문제와 누수, 토사퇴적, 역경사 등 수밀성과 유하능력이 부족해 발생하는 기능적 문제도 안고 있어 하수관거의 주기적인 조사와 정비를 수행하여야 하는 이유이기도 하다.

도시화와 생활수준의 향상은 공공수역의 수질문제와 하수관거에서 발생하는 악취 등 환경문제에도 관심이 증가되고, 강우시 유출량 증가로 인하여 하천주변 저지대의 경우 침수피해 위험도 가중되고 있는 실정으로 하수관거는 우리 생활주변에서 직·간접적으로 상관관계를 형성하고 있어 집중적인 관리가 요구된다.

이를 위하여 각 자치단체별로 하수관거 유지관리에 많은 노력을 기울이고 있지만 한정된 예산, 인력, 장비 등으로 인하여 원만한 관리가 이루어지지 않고 있으며, 하수관 내부상태 조사도 필요시 일부 관거에 대하여 시행하고 이를 연계성 있는 관리가 이루어지지 않고 있는 실정이다.



〈서울시 동경도 하수도 관리현황〉

자료) 하수관거 최적관리 모니터링연구(서울시정개발연구원, 2006년)

이러한 상황에서 하수관거가 도시기반시설로 역할과 기능을 지속적으로 유지하고 재난 및 위기상황에 적절하게 대처하기 위해서는, 하수관거상태를 실질적으로 파악할 수 있는 하수관거 최적관리 방안이 절실히 요구된다.

나. 연구개발 목적

본 기술 개발은 하수암거 내부를 해부학적으로 파악하여, 하수암거의 기능을 지속적으로 유지하고, 시민생활의 안정 확보 및 공공수역의 환경보전측면에서 사회적 문제인 도로함몰 등의 관거사고, 하천수질오염, 침수피해에 대한 사전예방과 신속한 대응력을 갖출 수 있는 **[재난·재해 대비 및 유지관리를 위한 하수암거 원격탐사시스템 개발]** 하는 것이다.



[그림 1-2] 기술 개발 목표

주요 개발목표는 하수관거 내부탐사를 위한 모니터링 카메라와 황화수소 측정기 및 초음파 수위계를 이용하여 취득한 데이터를 유·무선 통신을 이용 실시간으로 현장제어반을 거쳐 운영실로 전송하고, 하수관거 내부탐사장비를 원격으로 운용할 수 있는 시스템을 개발하여 하수관거의 영상자료 취득, 하수암거 내의 황화수소 농도와 수위변화 자료를 연속적으로 획득 할 수 있도록 하는 시스템 개발하는 것이다.

본 기술개발의 주요 특징은 지금까지 운용된 적이 없는 하수암거 내부 천정에 레일을 고정시키고 이동식 관거 탐사용 장치를 레일에 장착하여 하수암거 내부를 주기적으로 이동하면서 관거의 내부환경상태, 즉 하수암거의 구조적(부식, 파손, 균열 등)·기능적(토사퇴적, 타관통과 등) 문제를 실시간으로 내부 환경을 동영상촬영과 함께 모니터링 함과 동시에 황화수소와 수위계측을 통하여 환경적, 방재적 측면까지 포함한 종합형 탐사시스템으로써 기능을 갖추도록 하였다.

또, 정기적인 하수암거 조사를 통하여 시설물 유지관리와 자연 재해에 대응하고 시설물 피해를 최소화 위한 정보를 사전에 제공하는 등 시설물 수명연장을 위한 ICT 기반 통합 유지관리 시스템기술 개발하는 것이 최종 연구 목표이다.

2. 연구 개발의 필요성

가. 기술 개발의 당위성

하수암거(Sewerage)는 각종 생활 생산 활동으로 발생하는 오수 및 강우 시에 빗물 등을 배수하는 현대사회의 가장 기본적인 도시기반시설이다. 앞서 언급한바와 같이 이러한 도시기반시설의 가장 중요한 시설물이 화학작용에 의한 부식, 시간의 흐름에 따른 노후화, 외부에서 유입된 퇴적물에 의한 통수단면의 축소, 지반침하에 따른 하수암거의 파손 등으로 인하여 하수이동능력의 저하를 가져오는 주요 원인이 되거나, 이러한 원인으로 인하여 하수의 누출은 주변 지반의 침하 및 붕괴(Sinkhole), 지하수, 지표수, 토양오염 등의 2차 오염을 발생 시킬 수 있다.

도시 발달에 따른 삶의 질이 중요시되는 이 시대에 생활환경의 개선과 공공수역의 안정성은 그 어느 때보다 매우 중요하게 받아 들여 지고 있다. 특히, 하수관 손상에 따른 사고위험은 지속적으로 증가가 예상되나 이에 따른 유지관리는 기술적, 경제적, 장비 및 인력부족 등으로 상당히 어려운 실정이다.

특히, 대형 암거는 대부분 도시 한가운데 혼잡하고, 인구 밀집 지역과 간선도로 아래에 대부분 설치되어 있는데, 이러한 사회 기관시설물인 하수 암거의 콘크리트 부식이나, 공동화 현상, 대형 협작물 또는 토사로 인한 통수능력 저해, 가스폭발 등이 발생하면 국가적 재앙이 나타날 수 있고, 이미 산업화가 우리보다 빠른 국가에서는 실제로

빈번하게 일어나고 있는 문제 이다.

국내에서도 최근 발생한 서울시 송파구 석촌지하 차도, 지하철 9호선, 기타 하수관 손상 등에 따른 지반함몰사고와 서울 광화문, 강남역 침수사고, 광주광역시 도시 침수사고 등은 하수관거와 미세하거나 또는 직접적 연관관계가 있으며, 이는 지하매설물 유지관리 및 예방의 중요성을 알려준 사례이기도 하다.

이러한 문제들을 사전 조사를 통하여 미리 예측하고 대비하는 방안을 연구 개발하여 안정한 도시기능을 유지하기 위한 노력이 필요하다.

나. 기술의 개발 필요성

본 과제의 개발로 모든 문제점을 해결할 수는 없지만 상시 연속적인 조사를 가능하게하고 노후관 손상에 따른 관리 기능을 보완함으로서 앞으로 관거 노후화에 따른 사고는 미연에 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

1) 본 기술은 그동안 하수 암거의 유지관리 및 조사에서 발생하는 비용적, 기술적인 문제와 인명사고에 대한 우려로 유지관리가 사실상 한계에 종착한 부분에 대해서 근본적인 문제를 해결하고자 레일 및 자주차를 개발하여 현장에 적용하고자 한다.

2) 원격운영이 가능한 자주차가 이동할 수 있는 레일을 암거 상부 천정에 설치하여 상시 하수관거 내부에 대한 화상 모니터링이 가능하게하고, 이와 동시에 황화수소 농도, 관거내 수위를 취득하여 운영관리자에게 실시간 전송함으로써 현장 유지관리 효율성을 향상시킬 수 있도록 한다.

3. 연구 개발의 범위

가. 기술 개발 개요

기존의 육안조사나 CCTV조사방식은 강우시 유량증가와 퇴적물에 의한 하수 암거 내부조사가 불가능한 현재의 기술을 극복하기 위하여 가이드 레일을 하수암거 천정에 설치하고, 그 레일에서 운행되는 무선 이동식 원격 탐사장치를 통해서 영상 및 수위, 황화수소 농도 데이터를 취득하고 이를 실시간으로 디스플레이 할 수 있는 모니터링 시스템을 개발하고자 하였다.

나. 기술 개발의 범위

1) 기술개발 시스템 : 하수암거 레일이동 무선탐사장치 및 모니터링 시스템

2) 조사 대상물 : 사각 하수 암거

3) 측정 데이터 : 암거 내부 촬영 영상, 측정 수위 데이터, 측정 황화수소 데이터

4) 통 신 방 식 : 무선 WiFi

5) 주요개발항목

가) 하수 암거 내부에 설치될 이송용 레일장치

나) 계측기와 CCTV 카메라를 탑재한 무선탐사장치 개발

다) 전력선을 이용한 유기전력 발생장치 개발

라) 상시운전을 위한 배터리 충전 장치 개발

마) 충전장치 전원공급 및 데이터 전송용 통신 패널 개발

바) 탐사장치 구동 제어 및 데이터 모니터링용 운영 소프트웨어 개발

[표 1-2] 주요기술 개발항목 및 개발방향

항 목	상세 항목	개 발 방 향
이 송 용 레일장치	레 일	• 내부식성, 경량 재질로 개발 • 자주차 하중을 고려하여 개발 • 하수암거 상부에 고정할 수 있도록 개발
	접 속 부	• 레일 연결 시 좌우상하 간격이 생기지 않도록 접속 장치 사용
	브 러 시 커 튼	• 레일내부로 이물질이 들어오지 않도록 브러시 커튼 장착 • 탐사장치 이동에 영향을 주지 않도록 설치
	거리측정용 자 석	• 거리측정을 위해 1m 간격으로 설치 • 레일의 시작점과 끝점을 판단하기 위해 자석 설치
무선이동 탐사장치	구 동 부	• 4륜바퀴를 구동할 수 있도록 기어와 체인을 설계 • 1분에 15m 이내의 속도로 주행할 수 있도록 모터의 기어비를 고려하여 계획
	카 메 라	• PTZ기능을 갖도록 개발 • 2000루멘 이상의 고휘도 LED를 채용 • 최대 200만 화소(1,080P)의 해상도 적용 • 카메라 렌즈 등은 IP67의 방수성능을 갖도록 개발
	황화수소 측정장치	• 1~100ppm 까지 황화수소(H_2S) 농도를 측정 장비 부착 • 방수를 위하여 흡기 · 배기 밸브를 사용
	수위측정 장 치	• 최대 5m까지의 거리를 측정할 수 있는 초음파센서를 채용하여 사용
	무선통신 장 치	• 관거내에 설치된 무선 AP와 연결할 수 있는 Wi-Fi Bridge Station모듈을 사용

[표 1-2] 주요기술 개발항목 및 개발방향(계속)

항 목	상세항목	개 발 방 향
유기전력 발생장치	유기전력 발생코어	• 원형코어에 유도코일권선을 감아 제작 • 최소 600mA 이상의 전류가 유도 되도록 개발
	유기전력코어용 트레일러	• 유기 전력용 전선이 레일 상에 유지되고 코어가 마찰 없이 진행될 수 있는 구조로 설계 제작
	유기전력 부하장치	• 5KW 열선 부하 제작 • 부하용 패널 제작 설치
배터리 충전장치	충전전원 공급장치	• 10시간 이내에 만충전을 할 수 있는 DC 12V SMPS 전원장치 사용 • 전원 공급 및 차단 회로부 개발
	충전단자	• 관거내 레일 시작지점에 설치하여 탐사장치 단자와 접속 할 수 있도록 제작 • 스프링핀 등 사용하여 접속 불량이 생기지 않도록 개발
전원 및 통신 패널	전원공급 및 차단장치	• 유기전력 발생장치, 배터리충전장치, 통신모뎀 등에서 사용하기 위한 전원공급 및 차단장치 제작
	인터넷모뎀	• 관거내 무선 중계기와의 통신을 위한 상용 인터넷 모뎀 설치
	관 거 내 무선중계기	• 탐사장치의 무선통신 모듈과 통신을 중계하기 위한 WiFi Bridge AP 제작 설치
운 영 소프트웨어	통신에이전트 프로그램	• 탐사장치와 인터넷을 통하여 접속하여 데이터를 송수신하기 위한 프로그램 개발 • 일정한 주기로 수신한 데이터를 데이터베이스에 저장
	맵 연 동 웹프로그램	• 설치된 탐사장치의 위치를 지도상에 표시하고 수신된 측정 데이터를 함께 표시할 수 있는 프로그램 개발 • 저장된 데이터를 조회하고 출력 할 수 있는 프로그램 개발
	카메라 영상뷰어 및 탐사장치제어 프로그램	• 탐사장치로부터 촬영된 영상을 실시간으로 조회할 수 있는 프로그램 개발 • 이상구간 발견시 정지영상을 촬영할 수 있도록 개발 • 카메라의 PTZ 제어를 할 수 있도록 개발 • 탐사장치의 구동(전진/후진)을 제어 할 수 있도록 개발

제2장 국내외 기술개발 현황

1. 국내 기술의 현황

가. 개 요

하수암거 내부조사는 30여년전에는 작업원이 직접 하수암거 내부로 진입하여 이상상태를 육안으로 확인하였으나, 하수암거의 크기가 작아 진입이 불가능하거나 악취 및 안전사고 위험성 등으로 진입하기 곤란한 구간 등으로 조사에 어려움이 많았다.

1990년 이후 하수암거 탐사용 자주차가 도입되면서 진입이 불가능하거나 곤란한 구간은 자주차를 활용하기 시작하였으며, 암거내부 상태평가의 정확성과 정밀성을 높이기 위한 기술과 함께 CCTV 화질개선, 카메라를 운반하는 자주차의 기계적기술 부분의 발전도 함께 전개되었다.

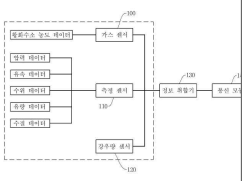
		
하수암거 조사용	암거 청소용	재난 조사용

[그림 2-1] 국내 하수암거 조사장비

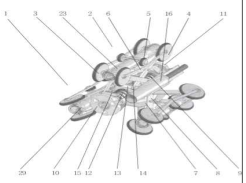
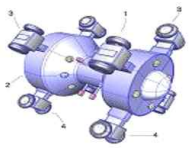
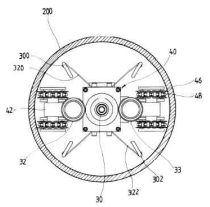
나. 국내 기술개발 현황

국내에서도 하수암거 내부 조사, 관리를 위하여 다양한 연구가 진행되고 있으며, 본 연구개발과 같이 기업 또는 개인의 아이디어나 지식재산권으로 정부에서 추진중인 다양한 방식의 R&D를 활용하여 기술개발에서 신기술 인증(NET), 신제품 개발(NEP) 등의 사업화까지 영역을 확장하고 있다.

[표 2-1] 국내 관련특허 현황

발명명칭	출원인	문헌번호	기술내용
하수관거 모니터링 시스템	코오롱 워터앤 에너지 주식회사	10-1187998	• 하수관거 내 황화수소 및 수위 등 다양한 계측기를 설치, 상태정보를 수집 및 분석하고 관거 노후도 파악 • 지역정보와 하수관거 이력정보를 입력하여 DB화 

[표 2-1] 국내 관련특허 현황(계속)

발명명칭	출원인	문헌번호	기술내용
배관내부 진단용 마이크로로봇	정선구 외 2인	2007-0027430	• 배관 이동로봇 및 관 내부 상태 점검 • 카메라와 초음파탐촉자에 의해 검출된 데이터는 유선으로 외부 제어장치에 전송, 실시간으로 관 정보 분석 
관내상태점검 로 봇	김 선 배	2007-0044553	• 상부좌우 및 하부좌우 등 4면에 자주형 바퀴를 갖춘 관내점검 로봇 • 상수관내부 관내상태 점검 
관로탐색용 로보트	안 이 랑	2000-0015228	• 다관절 링크에 의해 연결, 수평 및 수직각도 검출수단을 구비하여 관로주행으로 내부 탐색하는 기술 • 카메라로 관로 내부 촬영, 수평 및 수직 각도를 비교·연산하여 관로상태 기록하고 데이터화 

[표 2-2] 관련 R&D 현황

과제명	연구기관	주관기관	기술내용	연구기간
하수관거 조사, 관리 및 불명수 저감을 위한 최적 정비시스템 연구	㈜나스텍 엔지니어링	한국환경기 술 진흥원	• 하수관거 탐사용 장비개발 – CCTV조사 및 장애물제거가 가능한 조사장비 개발 – 소형 CCTV 탐사장비 개발 – 부유형 CCTV 탐사장비 개발 및 CCTV 탐사장비의 규격화 • 하수관거 유지관리 시스템의 개발 – 하수관거 자료의 검색 및 DB화 – 하수관거 DB를 위한 연계프로그램 개발 – 최적정비 프로그램의 개발	2001. ~ 2004.
멀티센서를 이용한 지하매설물 상태평가 및 관리시스템 개발	한국건설 기술연구원	한국건설 교통기술 평가원	• 관로 내면상태를 취득하기 위한 기법 및 장비개발 • 관로 내면상태를 영상데이터 취득 및 결과를 정량적으로 판독할 수 있는 소프트웨어 개발 • GIS와 연계한 관로상태평가 및 관리시스템 개발	2006. ~ 2008.
하수관망 손상의 다목적 검사를 위한 통합 시스템 및 운용기술 개발	성균관 대학교 탑환경(주)	한국건설 교통기술 평가원	• 하수관망 정밀측정을 위한 통합센서유닛 및 센서 안정화 매커니즘 개발 • 센서 안정화 매커니즘을 기반으로 한 전용 로봇 플랫폼 개발 • 관망 지도구축을 위한 위치추정 및 맵핑 알고리즘 개발	2009. ~ 2010.

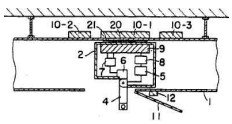
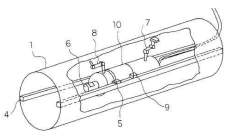
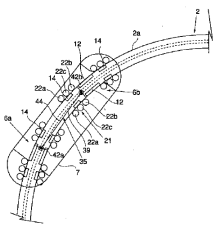
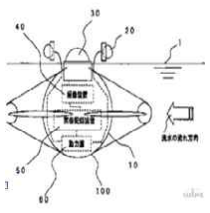
2. 해외 기술의 현황

해외의 경우 하수암거 유지관리를 위하여 광역 감시시스템이나 모니터링시스템을 설치하고 하수암거 상태를 실시간으로 파악하여 홍수예방, 하수도계획 평가, 월류수 관리와 방안, 침입수/유입수의 산출 및 저감계획을 수립하고 있다.

가. 관련 특허 분석

일본의 관로 내부 탐사 및 유지관리를 위한 기술연구는 국내보다 약 10년이상 선행되고 있는 것으로 검토되었다.

[표 2-3] 일본 관련특허 현황

발명명칭	출원인	문헌번호	기술내용
INSPECTING DEVICE	TOSHIBA CORP.	JP62-137518 (1987.)	• 레일이 설치된 관로 내부 탐색용 소형 감시차로 공기압에 의해 주행하며 자석수단에 의해 원하는 위치에 정지하는 기술임 • 카메라로 관로 내부 촬영하여 전송함 
PIPE INSPECTION AND REPAIR ROBOT	HITACHI LTD	JP평4-123972 (1992.)	• 관로 내 측면에 설치된 2개 레일 따라 주행하며 카메라로 촬영하여 관로 내 감시 및 세척함 • 광학리더기는 레일 위 마킹으로 위치 표시하며 보수함 
MOBILE MONITORING APPARATUS FOR CONDUIT	NKK CORP	JP평9-89784 (1997.)	• 관로 내 레일과 영구자석으로 상대위치를 지켜 안정된 주행이 가능하도록 한 도관 이동감시장치 • 곡선부도 부드럽게 주행 가능하도록 하였음 • 카메라로 내부 영상 촬영하며, 압력계 및 산소농도계로 압력과 산소 농도를 측정하여 전송함 
관내점검장치	HITACHI LTD	3941420 (2007.)	• 유체가 흘러가는 관의 내부를 점검하는 장치와 방법 • 부력을 활용하여 관내 수면위에 나온 카메라와 조명기구로 내부 촬영하고 Data수집 

나. 기술 현황

(1) SSET(Sewer Scanner and Evaluation Technology)

가) 기술개요

○ 관로 내부를 전개하여 도면화 작업을 거쳐 관로 내부를 평면적으로 파악할 수 있도록 처리하는 방식

나) 개발자

○ 일본 Toa Grout사에서 최초 고안

○ OYO-USA(일본 지하매설물 탐측회사의 미국현지법인)와 ASCE(미국토목학회), CERF(미국토목공학연구재단), TTC(비굴착공법연구센터) 공동으로 개발

다) 개발진행사항

① 1세대

○측면영상의 경우 본체의 영상취득 장치를 물리적으로 회전시켜 디지털 이미지 획득

② 2세대

○어안광학렌즈 개발로 측면영역까지 화각이 확대

○정밀 2축 경사계 탑재로 관로내부 및 기울기까지 측정

○전용분석 소프트웨어(DAI) 구축

(2) PANORAMO 3D Optical Scanner

가) 기술개요

○ 기존 하수도 시스템과는 달리 185° 어안 렌즈를 갖춘 2개의 고해상도 디지털 카메라를 사용

○ 각 카메라는 5㎝거리에서 이미지를 촬영하고 자동으로 조립하여 하수관 내부 모습을 3D 재현하여 내부상태 평가



[그림 2-2] IBAK PANORAMO시스템

나) 개발자

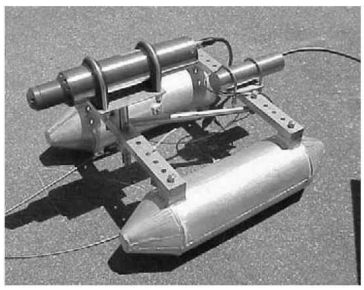
○ 독일 IBAK사

(3) 미국 신시네티시의 MSD(Metropolitan Sewer District)

- ○ 미국 오하이오주 신시네티시를 중심으로 인근 해밀턴카운티를 포함 80만명에게 하수도서비스 제공
- ○ 유량계 설치(307개소)를 통하여 하수의 실시간 유하상황을 파악하여 홍수를 예방하는 프로그램 실시, 각종 하수도계획 평가, 월류수(SSO, CSO)관리계획, 침입수/유입수(I/I)량 산출 및 저감계획에 사용

(4) 미국 보스턴시의 MWRA(Massachusetts Water Resources Authority)

- ○ 미국 메사추세츠주 보스턴시를 중심으로 61개 지자체 250만명에게 상하수도서비스 제공
- ○ MWRA는 간선관거, 관련 지자체는 지선관거 유지관리 담당
- ○ 하수관거 조사자료 전담인력 배치 및 하수도시설 관리시스템 상시 운영관리
- ○ 수중음파탐지기술을 이용한 Sonar Scanner Camera를 도입 간선관거 등의 수위가 높은 구간 조사



수중음파발생장치



소냐 탑재차량

[그림 2-3] Sonar system

3. 유사기술 문제점 개선

가. 암거시설의 문제점

하수암거는 지하에 매설되어 시공되기 때문에 일단 시공한 후에는 암거 상태에 대한 검사나 기능 확인에 어려움이 따르며, 하수암거의 부실 정도를 정확히 파악하고 이를 근거로 하수암거 정비계획과 유지관리하는 방안모색이 필요하나 종래의 조사 및 평가방법으로는 시간적, 경제적 난점과 정확성이라는 측면에서 매우 비효율적이었다.

뿐만 아니라 한국산업안전보건공단에 따르면 2005~2009년 공공기관 발주사업 중

상하수도 15명(38.5%), 오 · 하수처리 시설 9명(23.1%), 폐수처리시설 3명(7.7%)이 질식으로 사망하였으며, 하수도 건설관리 과정에서 익사, 붕괴, 협착, 질식, 폭발 등에 의한 인명사고 발생이 빈번하게 일어나고 있는 실정이다.

나. 조사방법에 따른 현재 기술 수준

CCTV자주차를 이용한 암거 내부상태 파악기술은 원형관 D1,000mm미만에 국한되어 있으며 시행전 준설 등을 통하더라도 암거 내부의 상태에 따라 자주차 주행이 어려운 구간이 상당부분 발생한다.

사각하수암거는 사람이 내부로 직접 들어가 카메라를 이용한 인위적 영상 데이터 취득으로 작업자의 안전에 대한 우려 및 현장 환경에 따른 영상 취득의 한계 등으로 관로 상태 데이터의 Data Base 구축이 어려운 실정이다.

따라서, 기존의 하수암거 조사 방법인 CCTV기술을 대체하는 기술로 최근 해외에서 사용중인 SSET, PANORAMO 등을 활용할 수 있을 것으로 판단되며, 다양한 Sensoring기법의 발달로 하수관로 상태 평가기술이 진보하고 있으나, 기술개발의 초점이 소구경관로에 국한되고 있고 있는 것이 현실이다.

아래표 다양한 하수관로 상태평가 기술 및 조사범위는 하수상태 평가 기술과 활용범위를 요약한 것이다. 현재 국내에서는 CCTV기술 이외에는 별다른 SSET기술 및 Sense를 이용한 하수관로 상태 평가 방법의 기술개발이 거의 이루어지지 않고 있지만, 해외의 경우에는 CCTV의 단점을 보완한 다양한 하수관로 상태평가 기술이 개발되고 있다.

[표 2-4] 하수관로 상태평가 기술

하수관 상태 기술	조사범위				
	내면조사	내면형태 (변형률)	노후화 조사	외부지반 조건조사	누수위치 조사
SSET	O				O
Laser Based Techniques	O	O			O
Sonar(Ultrasonic)	O		O		O
Accosting Measuring Techniques (Impact echo testing)			O		O
Wave Impedance Probe				O	
Ground Penetrating Radar(Electromagnetic)			O	O	
Focused Electrode Leak Locator					O

제3장 연구수행 내용 및 성과

1. 하수암거 무선탐사장치 모니터링 시스템의 개발

가. 개 요

본 연구 개발은 하수관로 내부의 환경상태를 주기적으로 조사하기 위하여 하수관로 내에 레일을 설치하고 원격으로 모니터링 할 수 있는 자주차를 개발하여 영상정보를 획득하고, 수위, 황화수소 농도를 측정하기 위한 '하수암거 무선 탐사장치 모니터링 시스템' 개발을 수행 하였다.

'하수암거 무선 탐사장치 모니터링 시스템'은 하수관로 내에서 상측(천정)에 설치되는 가이드 레일을 따라 원격탐사시스템 장비가 이동하면서, 하수관로 내부의 환경상태에 대한 영상정보를 촬영하여 송신하고, 초음파 감지기를 이용하여 측정한 수위의 변화 정보와 황화수소 농도 측정 감지기를 이용한 관로 내부 구간별 황화수소의 농도의 계측 데이터를 실시간, 원격으로 송신하도록 개발하였다.

대형 하수관로 및 우수관로는 사람이 직접 암거 내부로 카메라를 가지고 들어가 측정하는 방법으로 비정기적으로 환경모니터링을 하였다. 그러나 강우에 따른 수위의 증가나 황화수소의 위험 등으로 인하여 사실상 자유롭게 자료를 취득하는 것이 불가능 하였다.

이러한 문제점을 개선하고 자료의 신뢰성과 안정성을 확보하고 이를 활용하는데 있어 용이하도록 Database화 하는 것이 가능하도록 본 연구 개발을 수행 하였다.

본 연구 개발을 통하여 앞으로 대형 하수 및 우수 암거에 대한 안정성확보와 효율적인 관리가 될 수 있는 새로운 계기가 되었으면 한다.

나. 하수암거 무선탐사장치 모니터링 시스템 기능

1) 하수암거 내 무선탐사장치는 CCTV 카메라 촬영 데이터 및 수위 또는 황화수소 농도 측정값을 실시간으로 수집하고, 수집된 데이터는 중계기를 거쳐 서버에 전달되어 실시간 디스플레이 및 이상 징후에 대한 경보를 모니터링 하는 시스템을 구현.
2) 하수암거 내 무선 자주차는 하수암거 내에 설치된 레일을 따라 이동하면서 유해가스 농도 및 수위를 측정하며, 자주차에 구비된 가스유입 챔버에서 하수암거 내부의 공기를 유입하고 챔버 내부의 농도 측정센서가 유입된 공기의 유해가스 농도를 측정함으로써, 실시간으로 하수암거 내의 오염도를 모니터링 및 검측함.
3) 무선자주차가 실시간으로 측정한 유해가스 농도 및 수위 데이터는 와이파이 등의 무선통신 방법에 의해 하수암거 내 복수의 지하중계기에 전송되며, 지하중계기로

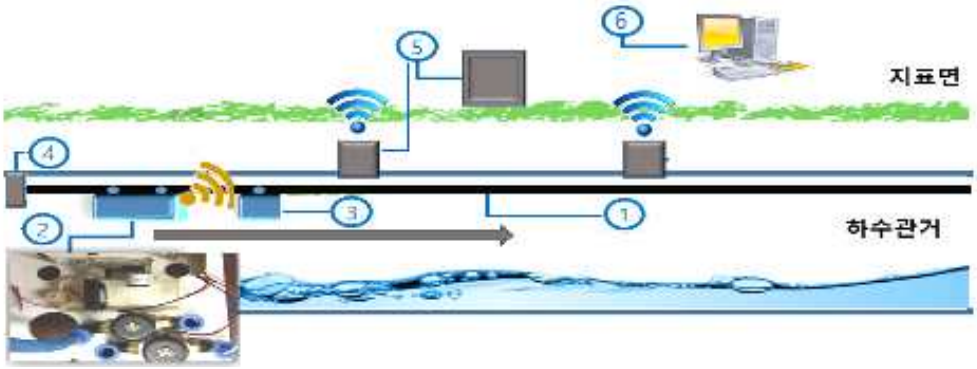
수신된 데이터는 지상중계기에서 취합되어 서버로 전송됨

4) 서버에서는 수신된 데이터를 비교 연산하여, 현재 하수암거 내의 이상 유무를 진단하며, 상기 데이터는 지리정보와 연동되어 지리정보 상에 디스플레이 됨.

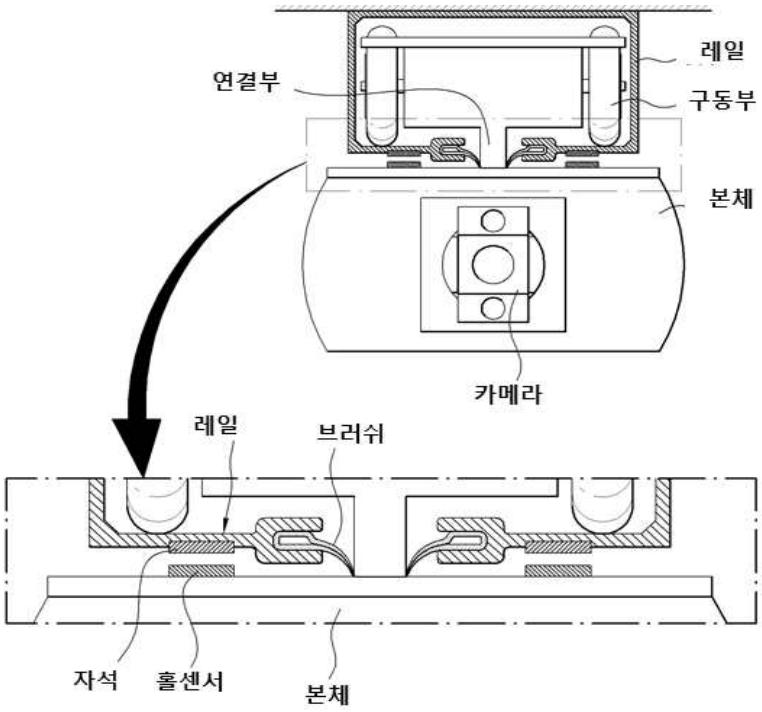
다. 하수암거 무선탐사장치 모니터링 시스템 구성 및 개발 내용

하수암거 무선탐사장치 모니터링 시스템의 전체 구성도 및 구성 내용은 [표 3-1]과 같다.

[표 3-1] 각부의 명칭 및 구성요소

No.	명 칭	구성 요소
		
①	**이송용 레일장치**	– 가이드 레일 – 레일 연결부 소켓 – 토사방지 브러시 커튼 – 거리측정용 자석 – 레일 시작지점/ 끝지점 감지용 자석 – 레일 끝지점 마감장치
②	**무선이동탐사장치**	– 구동부 장치 – 제어 및 통신 장치 – 카메라 – 탐사장치 기구
③	**유기전력 발생장치**	– 유기전력 발생 코어 – 유기전력 코어용 트레일러 – 유기전력 부하장치
④	**배터리 충전장치**	– 충전전원 공급 장치 – 충전단자
⑤	**전원 및 통신 패널**	– 전원 공급/차단 장치 – 인터넷모뎀 – 암거내 무선중계기
⑥	**운영 소프트웨어**	– 통신 에이전트 프로그램 – 맵 연동 웹 프로그램 – 카메라영상뷰어 및 탐사장치제어 프로그램

1) 이송용 레일 장치 개발



[그림 3-1] 이송용 레일장치 구성도

이송용 레일장치는 하수암거 천정부에 가이드레일을 고정하여 무선이동탐사장치가 레일을 따라 원활하게 이동할 수 있게 하기 위한 장치로 그 구성은 다음과 같다.

① 가이드 레일

② 레일 연결부 소켓

③ 토사방지 브러시 커튼

④ 거리측정용 자석

⑤ 레일 시작지점/ 끝지점 감지용 자석

⑥ 레일 끝지점 마감장치

가) 가이드 레일 연구

① 구조 및 형상 설계

- 자주차가 레일 상에서 이탈하지 않으면서 원활한 이동을 할 수 있는 형상 설계
- 토사 방지 커튼을 고정 할 수 있는 구조 설계
- 하수암거 상부에 직접 고정할 수 있는 구조 및 설치 작업 편리성 고려한 크기
- 레일 하부에 거리측정용 자석을 설치 할 수 있도록 1m간격 홀 제작 고려

② 레일 재질 선정

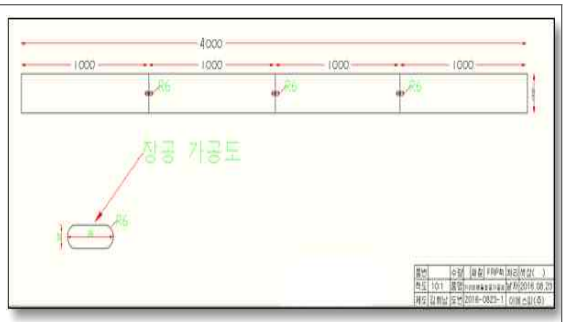
- 하수암거의 환경을 고려한 내부식성 재질 선정
- 천정 설치 등 작업편리성을 위한 경량 재질 선정
- 제작 편의성 및 경제성 등을 고려하여 재질 선정

③ 가이드레일 제원

- 크기(mm): 4,000(L)×405(W)×320(H)
- 재질 : FRP
- 고정방식 : 레일 상부의 장공을 통한 앙카 직접 고정방식



레일 단면도



레일 장공도

[그림 3-2] 가이드레일 설계도면



레일 생산



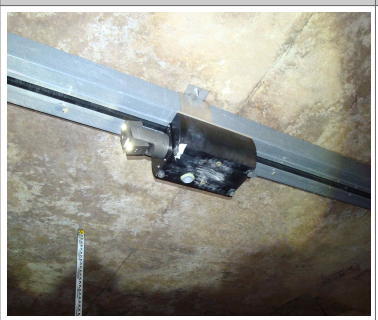
레일 생산



레일 실험실 설치



레일 설치 작업



레일에 탐사장치 설치



탐사장치 구동

[그림 3-3] 가이드레일 제작 및 설치 사진

나) 레일연결부소켓 연구내용

① 구조 및 형상 설계

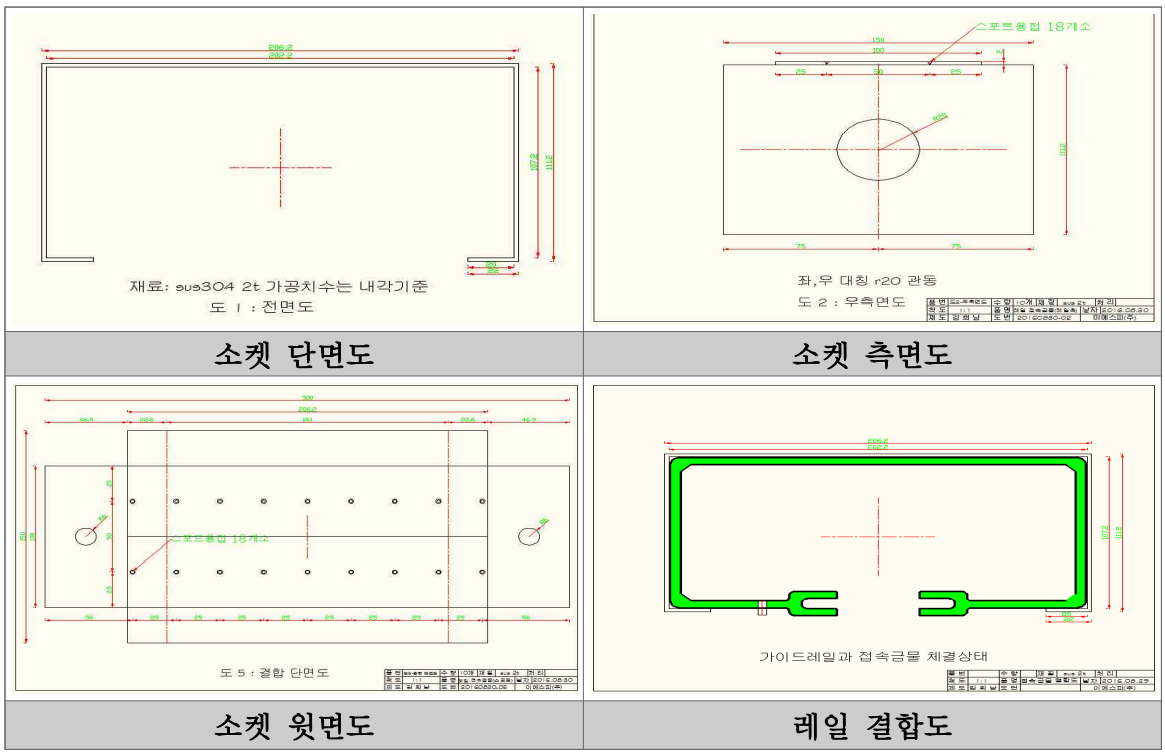
- 탐사장치 구동에 방해가 되지 않는 구조로 설계
- 레일과 레일의 연결이 어긋나지 않도록 좌우 유격이 없도록 설계
- 하수암거 상부에 직접 고정할 수 있는 설치 구조 고려
- 레일 설치 편의성 고려하여 크기 결정

② 재질 선정

- 하수암거의 환경을 고려한 내부식성 재질 선정
- 제작 편의성 및 경제성 등을 고려하여 재질 선정

③ 레일연결부소켓 제원

- 크기(mm): 502(L)×405(W)×320(H)
- 재질 : SUS304
- 고정방식 : 소켓 날개의 장공을 통한 앙카 직접 고정방식



소켓 단면도 | 소켓 측면도

소켓 윗면도 | 레일 결합도

[그림 3-4] 가이드레일 설계도면

다) 토사방지 브러시 커튼 연구

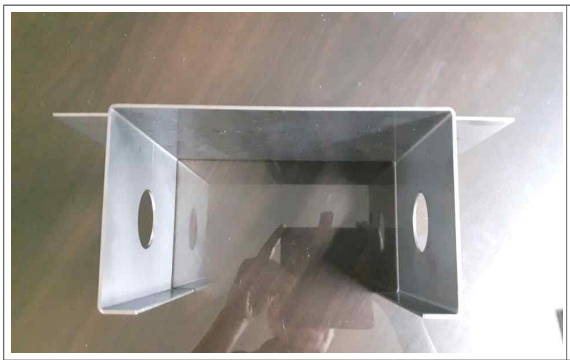
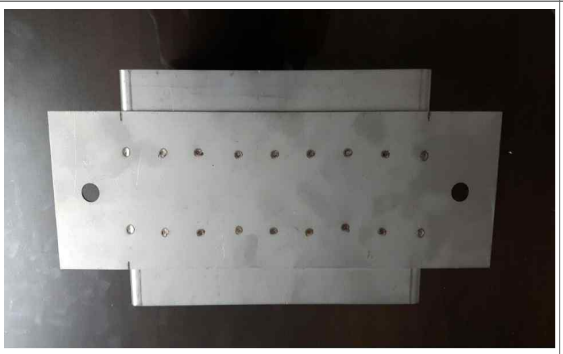
① 구조 및 형상 설계

- 가이드레일 하부에 열려있는 공간으로 토사 등이 유입되는 것을 방지할 수 있는 구조 설계

- 탐사장치의 전진/ 후진 등의 구동에 방해가 되지 않는 구조 설계
- 가이드레일 하부 형상과 탐사장치 연결부 두께/ 높이를 고려하여 커튼의 두께 및 넓이 결정
- 설치 및 설치 후 고정상태 등을 고려하여 구조 설계

② 재질 선정

- 하수암거의 환경을 고려한 내부식성 재질 선정
- 탐사장치 연결부와의 마찰 등을 최소화 할 수 있는 재질 선정
- 탐사장치가 지나간 후 다시 복원되어 닫힐 수 있는 재질 선정
- 온도의 변화 등에 따라 변형이 최소화 될 수 있는 재질 선정

	
소켓 정면 사진	**소켓 밑면 사진**
	
소켓 윗면 사진	**레일 결합 설치 사진**

[그림 3-5] 가이드레일 제작 및 설치 사진

③ 토사방지 브러시 커튼 제원

- 크기(mm): 1000(L)×40(W)×4(H)
- 재질 : SUS & 폴리에스터
- 고정방식 : 레일 하부에 삽입 후 나사고정

라) 거리측정용 자석 연구

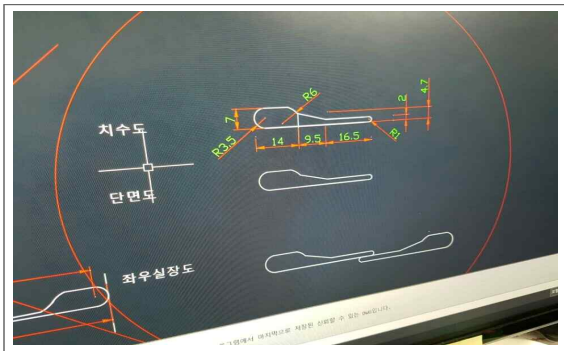
① 자석 선정 및 설치방안

- 레일 하부에 부착하기 용이한 형태의 자적 선정

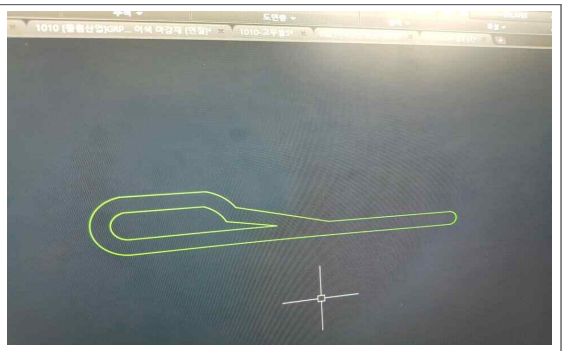
- 탐사장치 내부에 있는 홀 센서에서 감지 할 수 있을 정도의 자력(잔류자속밀도)을 갖는 자석을 선정
- 탐사장치의 주행에 방해가 되지 않는 두께의 자석 사용
- 하수암거의 환경을 고려한 내부식성 재질 또는 코팅이 되어있는 자석 선정
- 단극 인식 홀센서를 사용하기 때문에 자석의 극방향을 맞추어 설치
- 레일 시작점에서 탐사장치 진행 방향의 우측에 1M 간격으로 설치

[표 3-2] 토사방지용 커튼 재질 비교

구 분	플라스틱 커튼	투명비닐 커튼	브러시 커튼
외형도			
특징	• 탐사장치 연결부와의 마찰저항이 심함 • 구동부 모터에 부하가 되어 전력소비가 큼	• 차가운 공기에 장시간 노출시 변형이 심하고 경화되어 복원력이 떨어짐 • 마찰저항 중간 정도	• 온도와 주변 환경에 가장 영향 적게 받음 • 탐사장치 연결부와의 마찰저항이 가장 적음 • 가격이 고가



토사방지 커튼 치수도



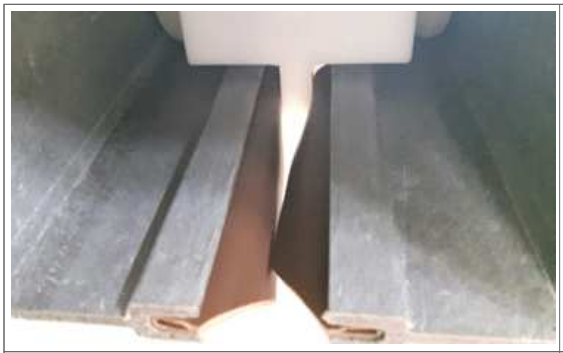
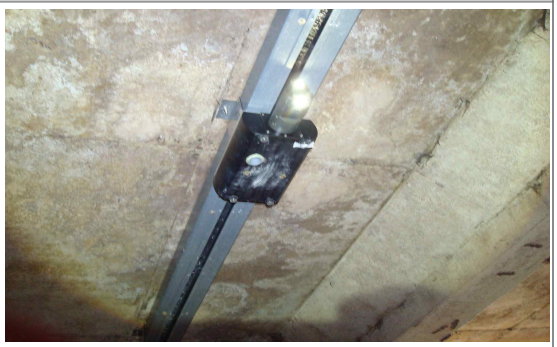
토사방지 커튼 단면도

[그림 3-6] 토사방지 브러시 커튼 설계도

② 자석 제원

- 크기(mm): 20(ϕ)×5(H) , 내경 4ϕ
- 재질 : 네오디뮴 (NdFeB)
- 잔류자속밀도 : 3,000gauss

- 착자방식 : 상하착자 방식
- 고정방식 : SUS 4x16 나사로 레일 하부에 직접 고정
- 고정방향 : N극이 아래방향에 위치하도록 고정
- 고정위치 : 레일의 우측

	
플라스틱 커튼 시험 사진	**플라스틱 커튼 시험 사진**
	
비닐커튼 설치 작업 사진	**브러시 설치후 구동시험 사진**

[그림 3-7] 토사방지 커튼 실험 및 설치 사진

마) 레일 시작지점/ 끝지점 감지용 자석 연구

① 자석 선정 및 설치방안

- 레일 하부에 부착하기 용이한 형태의 자적 선정
- 탐사장치 내부에 있는 홀 센서에서 감지 할 수 있을 정도의 자력(잔류자속밀도)을 갖는 자석을 선정
- 탐사장치의 주행에 방해가 되지 않는 두께의 자석 사용
- 하수암거의 환경을 고려한 내부식성 재질 또는 코팅이 되어있는 자석 선정
- 단극 인식 홀센서를 사용하기 때문에 자석의 극방향을 맞추어 설치
- 레일 시작점에서 탐사장치 진행 방향의 좌측에 설치하여 거리측정용 자석과 구별되도록 설치
- 탐사장치가 자석을 감지하고 바로 멈춤 동작을 하여도 자석을 지나쳐서 멈추게 될 수 있으므로 이를 감안하여 자석의 위치를 정함

② 자석 제원

- 크기(mm): 20(ϕ)×5(H) , 내경 4ϕ
- 재질 : 네오디뮴 (NdFeB)
- 잔류자속밀도 : 3000gauss
- 착자방식 : 상하착자 방식
- 고정방식 : SUS 4x16 나사로 레일 하부에 직접 고정
- 고정방향 : N극이 아래방향에 위치하도록 고정
- 고정위치 : 레일의 좌측 끝지점 50Cm, 시작지점 10Cm에 설치

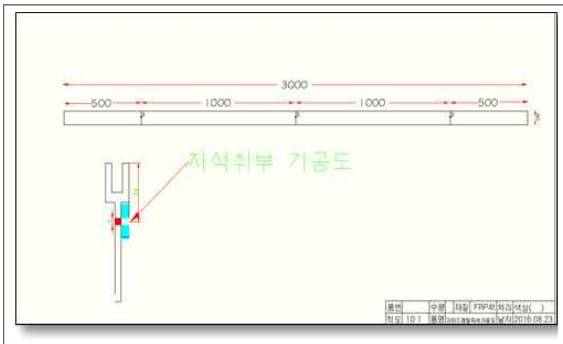
③ 감지 방식

- 전진 시에는 끝지점 자석만 감지하고 후진 시에는 시작지점 자석만 감지하도록 프로그램

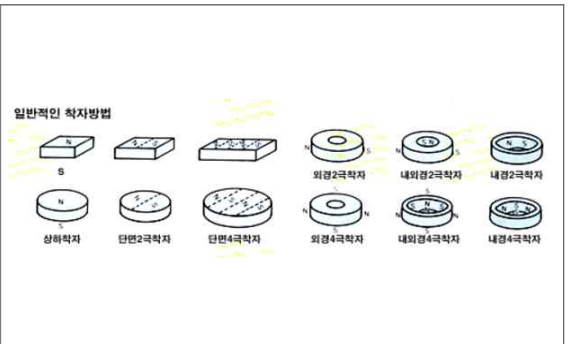
바) 레일 끝지점 마감장치 연구내용, 수행방법 및 결과

① 구조 및 형상, 재질 설계

- 레일의 끝 지점에 마감장치를 설치하여 자주차가 레일 밖으로 빠져나가지 않도록 설계
- 레일의 내부 형상과 동일한 형상으로 제작하여 이물질이 들어오지 않게 밀폐되도록 설계
- 하수암거의 환경을 고려한 내부식성 재질 사용.



자석 설치 도면

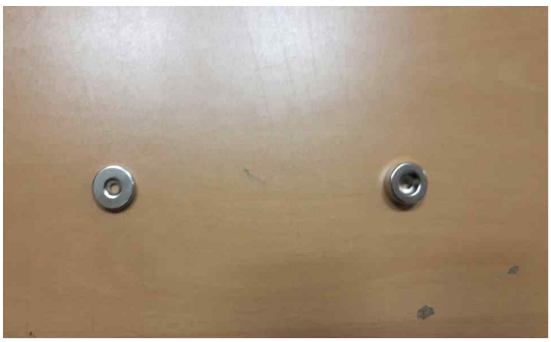


일반적인 착자 방식

[그림 3-8] 자석 설치도

② 제원

- 크기(mm) : 4,000(L)×405(W)×320(H)×25(T)
- 재질 : 폴리에틸렌 판재
- 고정방식 : 레일 끝부분에 상하좌우 SUS 나사로 고정



높이 5m /10m 자석



자석과 SUS나사



자석 설치 작업

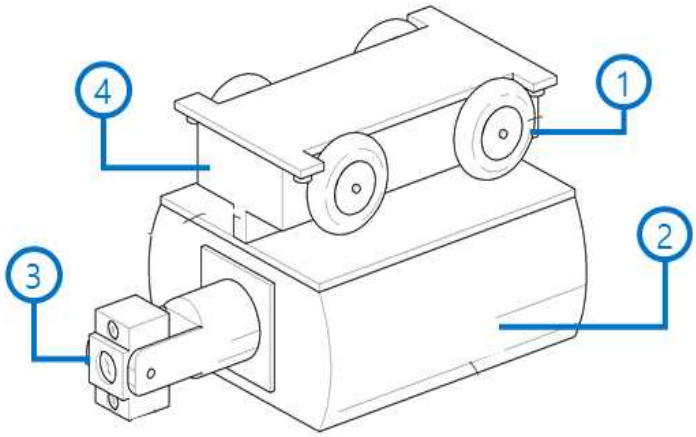


레일에 부착설치된 자석

[그림 3-9] 자석 설치 사진

2) 무선이동 탐사장치 개발

무선이동탐사장치는 하수암거에 설치된 가이드 레일 위에서 이동하면서 암거 내부의 영상을 촬영하고 수위 및 황화수소 농도를 측정하며 수집된 데이터를 무선으로 모니터링 장치에 전달하기 위한 장치이다. 무선이동탐사장치에 대한 전체 구성도 및 구성 내용은 다음과 [그림 3-10] 및 [표 3-3]과 같다.



[그림 3-10] 무선 자주차의 전체 구성도

[표 3-3] 각부의 명칭 및 구성요소

No.	명 칭	구성 요소	비 고
①	**구동장치**	(가) 구동 모터 (나) 동력전달장치 및 바퀴 (다) 충전용 단자	
②	**제어 및 통신 장치**	(라) Main 제어보드 (마) 수위 측정 장치 (바) 황화수소 농도 측정 장치 (사) 홀센서 (아) 무선 통신 장치	
③	**카메라**	(자) 카메라 (차) LED 모듈	
④	**탐사장치 기구**	(카) 구동부 기구 (타) 몸체 기구	

가) 구동 모터

① 모터 규격 검토

- 구동모터는 탐사장치의 핵심부품으로 약20Kg의 탐사장치를 레일위에서 원활히 움직일 수 있는 파워 모터 필요
- 배터리를 사용하는 장치이므로 저전력의 DC모터 채용
- 감속기를 사용하여 분당 15M 이내의 속도를 유지할 수 있도록 구성

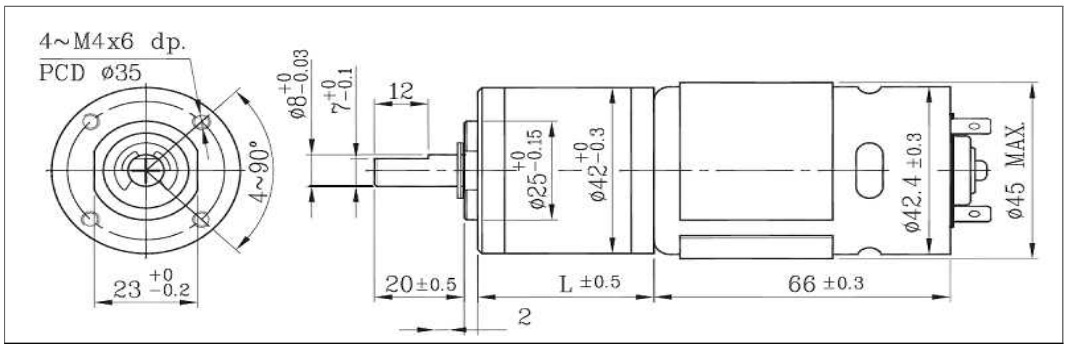
② 모터 제원

- 모델명 : IG-42GM 01TYPE(12V)
- 크기 : 42.7∅,142mm
- 감속비 : 1/24
- 구동전원 : 12V

나) 동력전달장치 및 바퀴 연구

① 구조 및 형상 설계

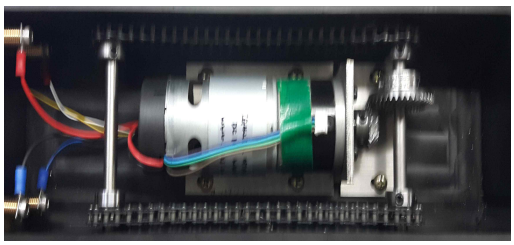
- 동력 전달 장치는 모터의 회전을 바퀴에 전달하는 장치로 모터의 힘을 최대한 발휘할 수 있는 구동 방식 검토
- 방수 등을 고려하여 바퀴와 회전축을 연결하는 방수 베어링 채용 검토
- 습기 등에 미끄러짐 이 적은 재질의 바퀴 선정
- 감속기를 사용하여 분당 15M 이내의 속도를 유지할 수 있도록 구성



[그림 3-11] 모터 외형 설계도

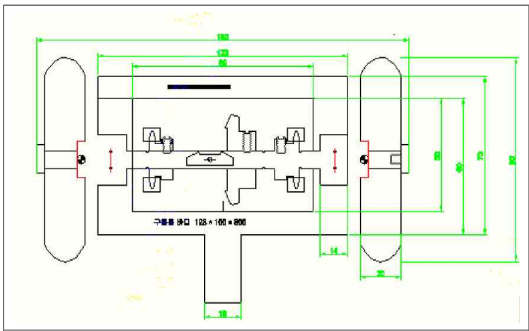


DC 모터

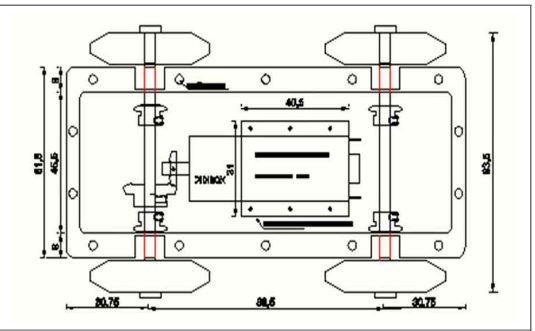


모터 장착

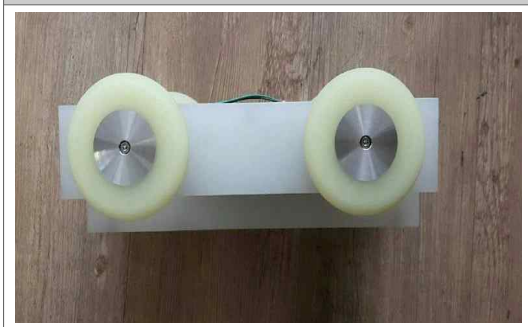
[그림 3-12] 모터 장착 사진



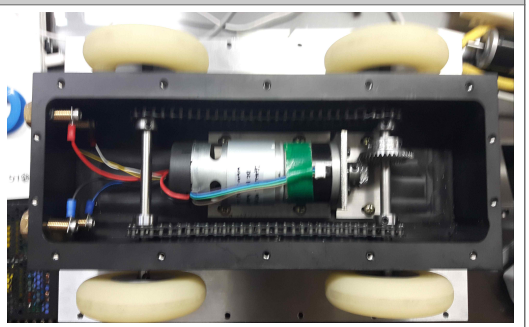
바퀴 치수도



바퀴축 및 모터 설치도



바퀴 외형



동력전달장치 장착

[그림 3-13] 동력전달장치 및 바퀴 설계 창착도

② 동력전달장치 및 바퀴의 제원

- 구동 방식 : 4륜구동 체인 사용
- 바퀴 크기 : 38ϕ×10ϕ×210mm.
- 바퀴 재질 : 알루미늄휠, 우레탄 바퀴

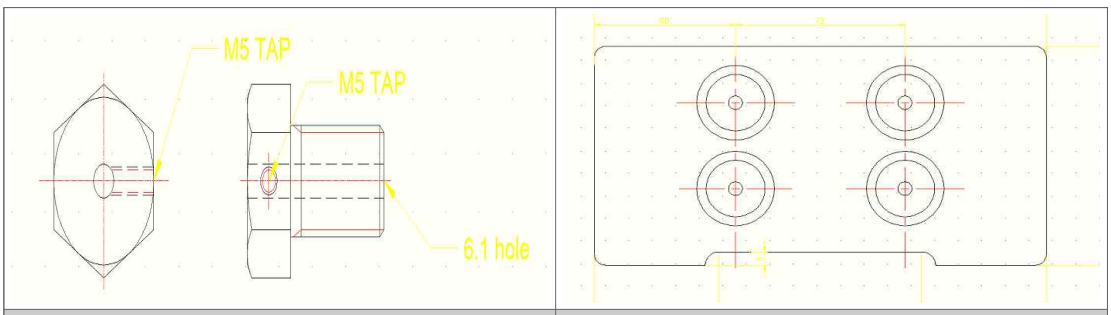
다) 충전용 단자 연구

① 구조 및 형상 설계

- 충전장치측 단자와 접속이 용이하도록 레일과 구동장치의 좌우 유격 등을 고려하여 단자 크기 결정
- 충전장치측 단자와 접속 시 접촉저항 등을 고려하여 재질 선택
- 방수 고려하여 볼트타입으로 제작
- 본체의 제어부와 충전전원 및 신호선 연결

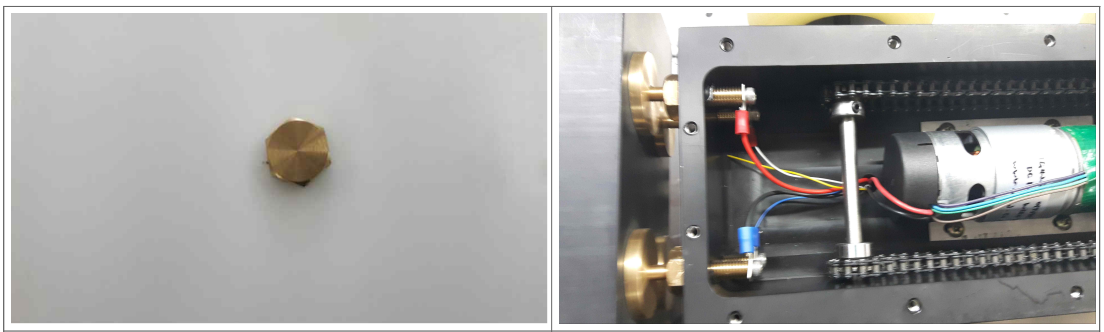
② 충전용 단자의 제원

- 크기 : 크기(mm): 502(L)×405(W)×320(H)
- 재질 : 황동볼트
- 단자 : +12V, GND, Relay ON, CON



충전용 단자 치수 도면	충전용 단자 설치 도면

[그림 3-14] 충전용 단자 설계도



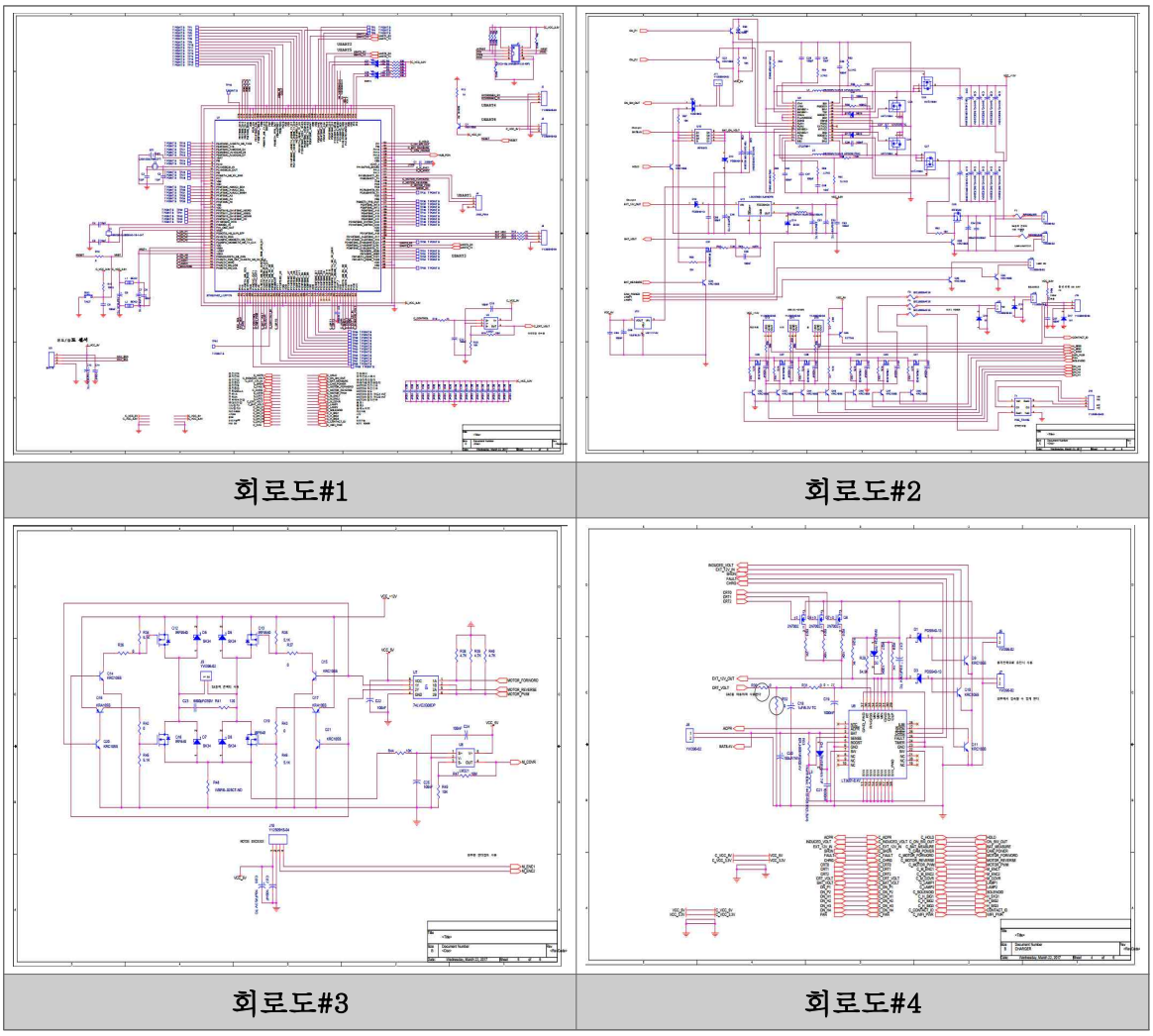
충전용 단자	충전 단자 접속

[그림 3-15] 충전용 단자 사진

라) Main 제어보드 연구

① 제어보드 회로 설계

- Firmware구동을 위한 CPU회로부 구성
- 배터리 전원을 이용한 전원 회로부 구성
- 외부전원을 이용한 충전회로 구성
- 모터 구동 및 속도 제어 회로 구성
- 수취측정센서 Interface 회로부 구성
- 황화수소센서 Interface 회로부 구성
- Ethernet 통신 Module Interface 회로
- Ethernet HUB Module Interface 회로

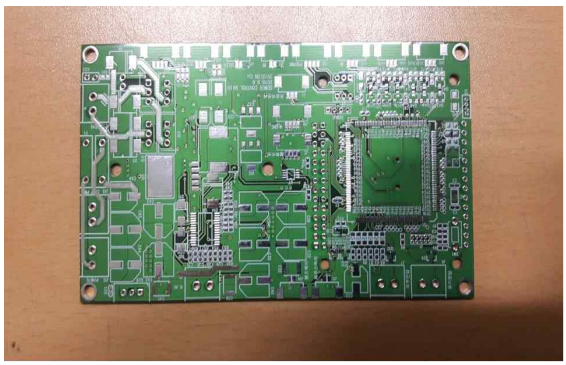
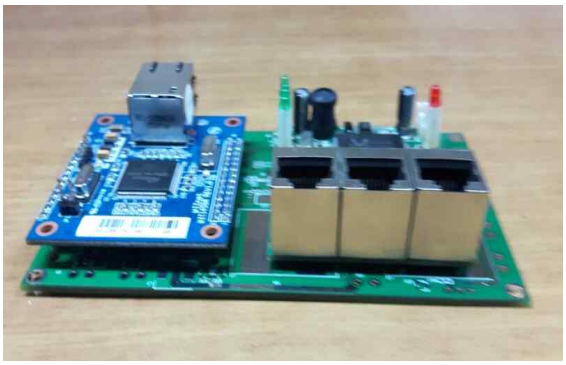


회로도#1	회로도#2
회로도#3	회로도#4

[그림 3-16] 제어보드 회로도면

② 제어보드 제원

- 크기(mm) : 502(L)×405(W)×320(H)
- CPU : STM32F407 16MHz
- 메모리 : 196k Byte
- 입력전원 : DC 7.4V
- 충전용 외부전원 입력 : 12V
- 출력전원 : 카메라 12V, 1A
  LED 12V, 2A
  WiFi_Moule 12V, 1A

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>제어보드 상면</td><td>제어보드 하면</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>이더넷 / HUB 모듈</td><td>제어보드 조립</td></tr>
</table>

[그림 3-17] 제어보드 사진

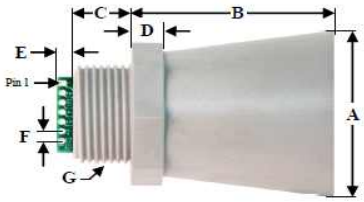
마) 수위 측정 장치 연구

① 수위 측정 장치 설계

- 암거내의 수위를 측정하기 위해 초음파 감지기 부착
- 탐사장치 하부에 노출되어 장착되므로 방수 규격 고려하여 선정
- 하수암거의 높이를 감안하여 5m 이상 거리 감지가 가능한 초음파 감지기 선정

Mechanical Dimensions

Full Horn



A	1.72" dia.	43.8 mm dia.
B	2.00"	50.7 mm
C	0.58"	14.4 mm
D	0.31"	7.9 mm
E	0.23"	5.8 mm
F	0.10"	2.54 mm
G	3/4"-14 NPS	
H	1.032" dia.	26.2 mm dia.
I	1.37"	34.8 mm
Weight		50 grams

Values Are Nominal



[그림 3-18] 초음파 거리측정센서



하수암거 높이 측정



탐사장치 수위 측정

[그림 3-19] 현장실험 (수위 측정)

② 수위 측정 장치 제원

- 모델명 : MB7052
- 크기(mm) : 43.8ϕ x 70.9mm
- 통신방식 : 9600 bps Serial 통신
- 방수능력 : IP67 완전방수
- 입력전원 : DC 7.4V

바) 황화수소 농도 측정 장치 연구

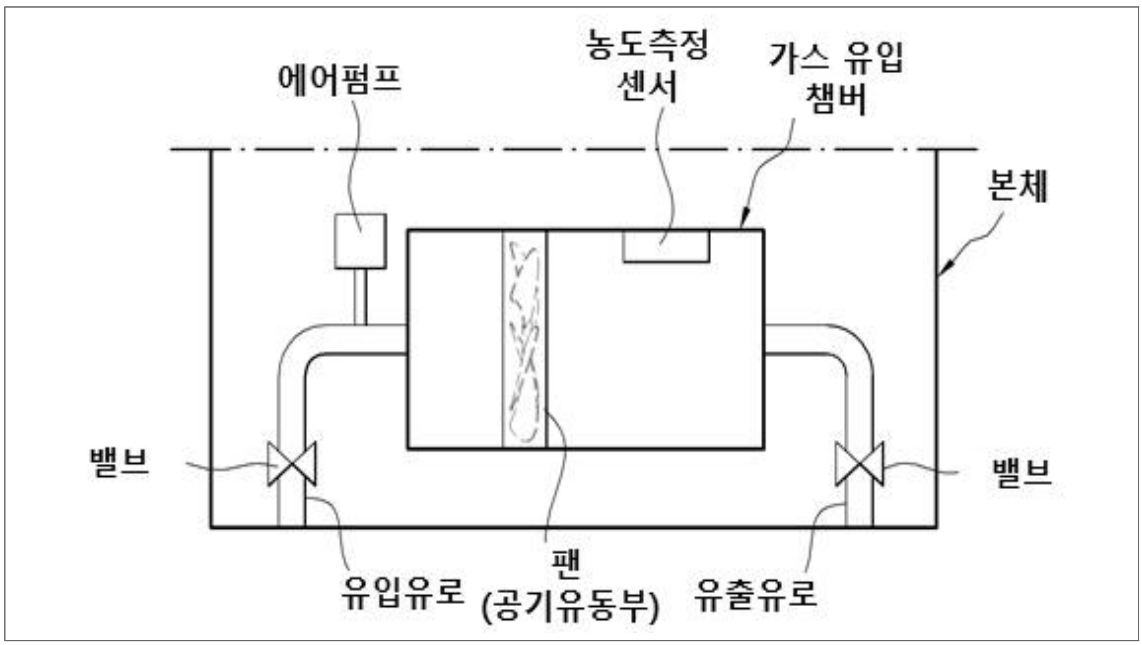
① 황화수소 농도 측정 장치 설계

- 탐사장치는 하수암거의 황화수소 농도를 측정하여 모니터링 장치에 전송하기 위하여 황화수소 측정 센서, 공기 흡입 챔버, 흡기/ 배기 파이프 및 에어밸브 등으로 구성된 황화수소 농도 측정 장치를 내부에 장착한다.
- 탐사장치의 방수성능을 위하여 탐사장치 하부에 뚫어놓은 흡기/배기 구멍에 에어밸브를 설치하여 평상시 흡입구를 닫아놓는다.

- 황화수소 측정 감지기가 달린 챔버로 공기가 흡입 되게 하기 위하여 챔버 내에 팬을 설치한다.
- 탐사장치 내부로 유입된 공기가 제어보드 회로 등의 부식을 시킬 수 있으므로 챔버는 완전히 밀폐되어야 한다.

② 황화수소 농도 측정 장치 제원

- 모델명 : MB7052
- 크기(mm) : 502(L)×405(W)×320(H)
- 에어밸브 규격 :NC(Normal Close) Type 직동형 액추에이터밸브
- 방수능력 : IP67 완전방수
- 입력전원 : DC 7.4V



[그림 3-20] 황화수소 농도측정 장치 구성도

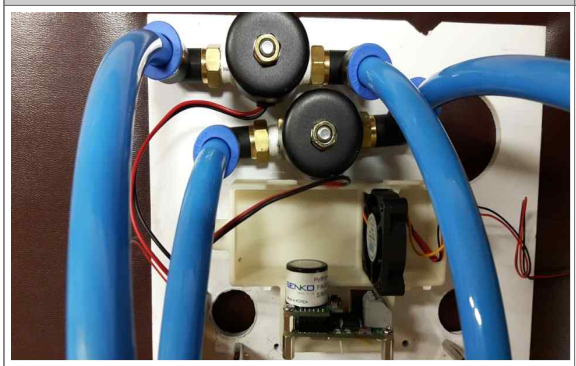
사) 홀센서 연구

① 홀센서 구성 및 선정

- 레일하부에 설치된 자석을 감지하여 레일의 시작지점과 끝지점을 인식하고 탐지장치의 진행 거리를 카운트 할 수 있도록 하기위하여 탐지장치 본체내의 윗면 좌우에 레일의 자석 위치에 맞추어 홀센서를 설치
- 자석과 홀센서의 극성을 맞추어 설치
- 자석의 세기와 홀센서의 감지성능 등을 고려 감지거리 이내에 설치
- 전진 시에는 끝점 자석만 감지하고 후진 시에는 시작점 자석만 감지하도록 홀센서를 각각 설치하고 그에 맞추어 프로그램 구성

② 홀센서 제원

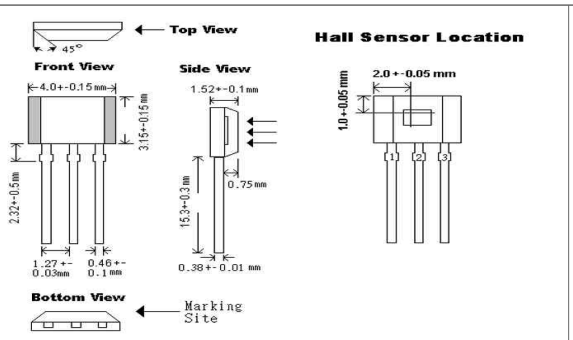
- 모델명 : WSH130NL-XPAN1
- 크기(mm) : 18.5(L)×4(W)×1.5(H)
- 감지성능 : 50 Gauss
- magnetic field output : LOW
- No magnetic field output : High
- 입력전원 : DC 2.4V ~ 26V

	
황화수소센서	직동형 밸브
	
황화수소농도 측정 장치	암거내 황화수소 농도 실측
	
실험실 시험	실험실 계측기 시험

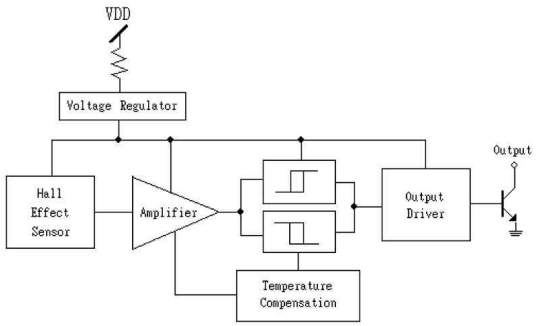
[그림 3-21] 황화수소 농도 측정 장치 사진

[표 3-4] 홀센서 감지거리 시험

자석₩홀센서	WSH130NL-XPAN1 (50 Gauss)	WSH130NL-XPAN2 (70 Gauss)	WSH130NL-XPAN5 (150 Gauss)
20 x 5 size (3000 Gauss)	3.5 cm	3.0 cm	2.5 cm
20 x 10 size (4000 Gauss)	4.0 cm	3.5 cm	3.0 cm



홀센서 외형도



홀센서 구성도

[그림 3-22] 홀센서 구성도

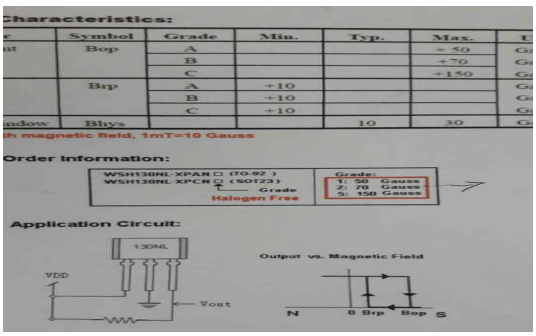
아) 무선 통신 장치 연구

① 구성 및 기능 설계

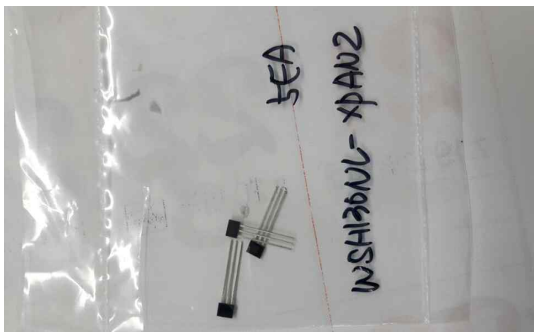
- 무선탐사장치와 지상과의 인터넷 연결을 중계하기 위하여 레일 시작점에 브리지모드의 AP를 설치하고 자주차 내에 WiFi 무선 통신 모듈을 장착
- 하수암거 내에서 최대한 통신거리를 확보하기 위한 지향성 안테나를 채용함
- 자주차 내의 WiFi 무선통신모듈은 브리지모드의 Station으로 설정
- WiFi 무선통신모듈을 통해 중계된 인터넷 데이터는 PoE허브를 통하여 제어보드의 이더넷 모듈과 연결

② 무선통신모듈 제원

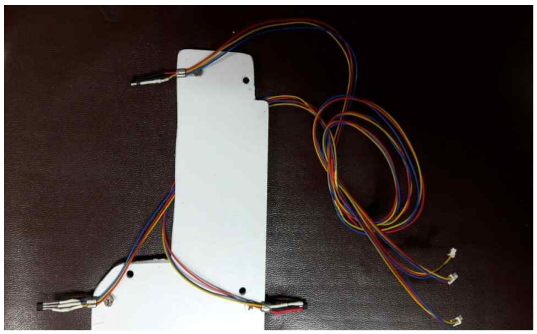
- 표준 : IEEE802.11 a/n
- 안테나 : 20dBi 이중편파 안테나
- 소비전력 : MAX 4.42W
- 전원 : 24V, Passive PoE
- 이더넷 : 10/100 base T, MDI/MDIX X 1
- IP : IPv4, IPv6 DHCP Server, Client, PPPoE Client



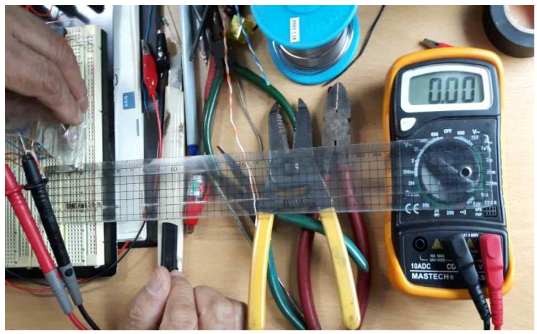
홀센서 특성



홀센서 사진



홀센서 고정



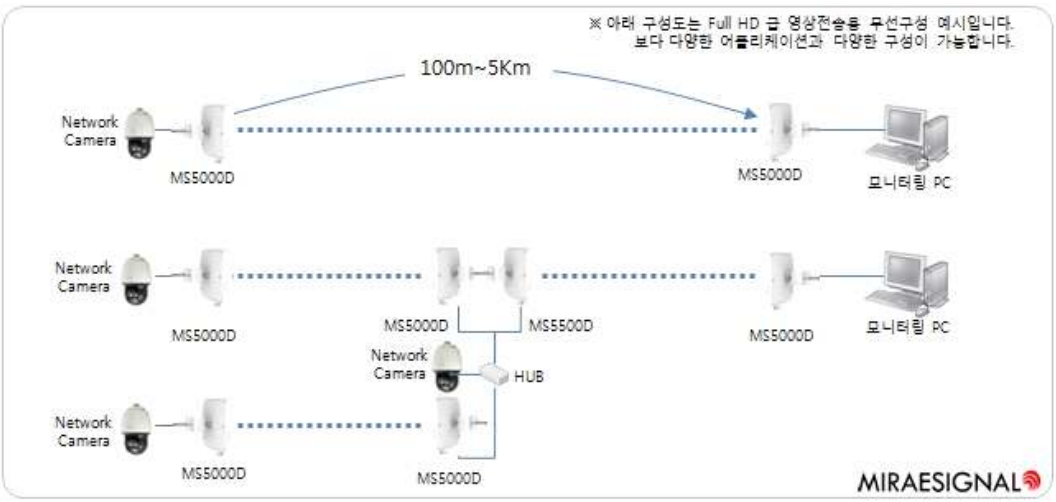
감지거리 시험 사진

[그림 3-23] 홀센서 작업 사진

② 하수암거 내 무선통신모듈 시험

[표 3-5] 무선통신모듈 시험

시험거리	RSSI LED	수신감도	실효속도	영상전송	비 고
400m	3칸	45~60dBm	70~40Mbps	문제없음	
874m	2칸	60~70dBm	40~20Mbps	문제없음	



[그림 3-24] 무선통신모듈 구성 예시도

		
WiFi 무선통신모듈과 PoE HUB	WiFi Repeater Station	암거 내부 WiFi 무선 통신 시험

[그림 3-25] 무선통신모듈 구성 및 현장시험

[표 3-6] 하수암거 CCTV장비 기준검토 (촬영부 기준)

구 분			기 준	금회개발
촬영부	카메라부	방 수	• IP 67	• IP 67
		회전각도	• 측시 : 360° • 상하좌우 : 90°	• 측시 : 360° • 상하좌우 : 120°
		화 소	• 41만 화소이상	• 200만화소
		조 명	• 1000루멘(lm)이상	• 2,000루멘(lm)
		테스트패턴	• 테스트패턴 통과	-
		흑백/컬러	• 컬러	• 컬러
	상·하조절부		• 최대관경의 1/2까지 카메라부가 위치해야함 • 단계조절이 가능해야 함	•해당사항없음
	주운행부	방 수	• IP 67	• IP 67
		속 도	• 15 m/분이하 • 파형관 : 10m/분이하	• 15 m/분이하
		바 퀴	• 바퀴크기별 조사암거표시 • 바퀴크기별 속도변화표시	•해당사항없음
	영상저장부	저장방식	• 디지털	• 디지털
		저장사이즈	• 640×480 이상	• 1920×1080
		저장파일형식	• MPEG	• MPEG
		촬영화면 항 목	• 사업명, 조사일시, 암거번호, 맨홀번호, 주행방법, 주행거리, 관경, 관종, 배수체계	• 설치구간에 한하여 적용가능
	소구경카메라	방 수	• IP 67	•해당사항없음
		화 소	• 27만 화소이상	
		조 명	• 100루멘(lm) 이상	

기준 : 하수암거 CCTV 조사 및 개·보수 판단기준 표준매뉴얼(환경부)

자) 카메라 장치 연구

① 구조 및 형상 설계

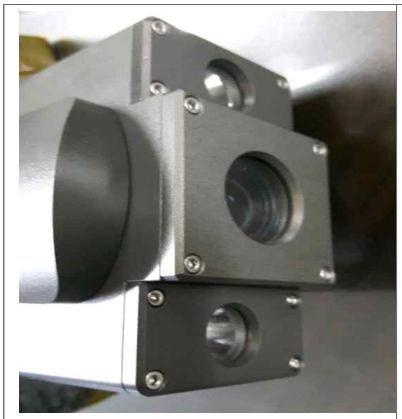
- 하수암거의 환경과 홍수 등을 대비하여 완전방수(IP67) 조건을 만족 할 수 있도록 설계한다.
- 하수암거 내 이상구간의 상세화면 확인을 위해 PTZ 기능을 갖는다.
- 내구성 및 내 부식성 재질을 사용하여 설계한다.
- 하수암거의 촬영이 가능하도록 조명을 제어할 수 있도록 한다.
- 영상 판독이 충분할 정도의 고해상도 카메라 렌즈를 사용한다.

② 카메라 제원

- 해상도 : 1920 x 1080 (200만 화소)
- 방수능 : IP67
- PAN 각도 : 360도
- TILT 각도 : 좌우 90도, 전체 180도
- ZOOM : 광학 10배줌
- LED 조도 : 2000루멘

[표 3-7] 카메라 스펙

Model	Spec.
Imege Sencer	1/3" Panasonic CMOS Sencer
Total Picele	1,958(H) x 1,266(V). 2.48M Picele
Active Picele	1,944(H) x 1,092(V). 2.12M Picele
Scanning System	Progreceive Scan
Sync. System	Internal
	Digital : 1080p/60(50)fpe. 1080p/30(25)fpc.
Pecolution	720p/60(50)fpc. 720p/30(25)fpc.
	Analog : 700TVL
Min. Illumination	Color : 0.5lux, BW : 0.1lux.
	Color DSS : 0.002 lux, BW DSS : 0.001 lux.
Video Output	HD : Digital(LVDS)
	Analog SD : VBS(without WDR)
S/N Ratio	more than 50dB(AGC off)



카메라 기구 설계

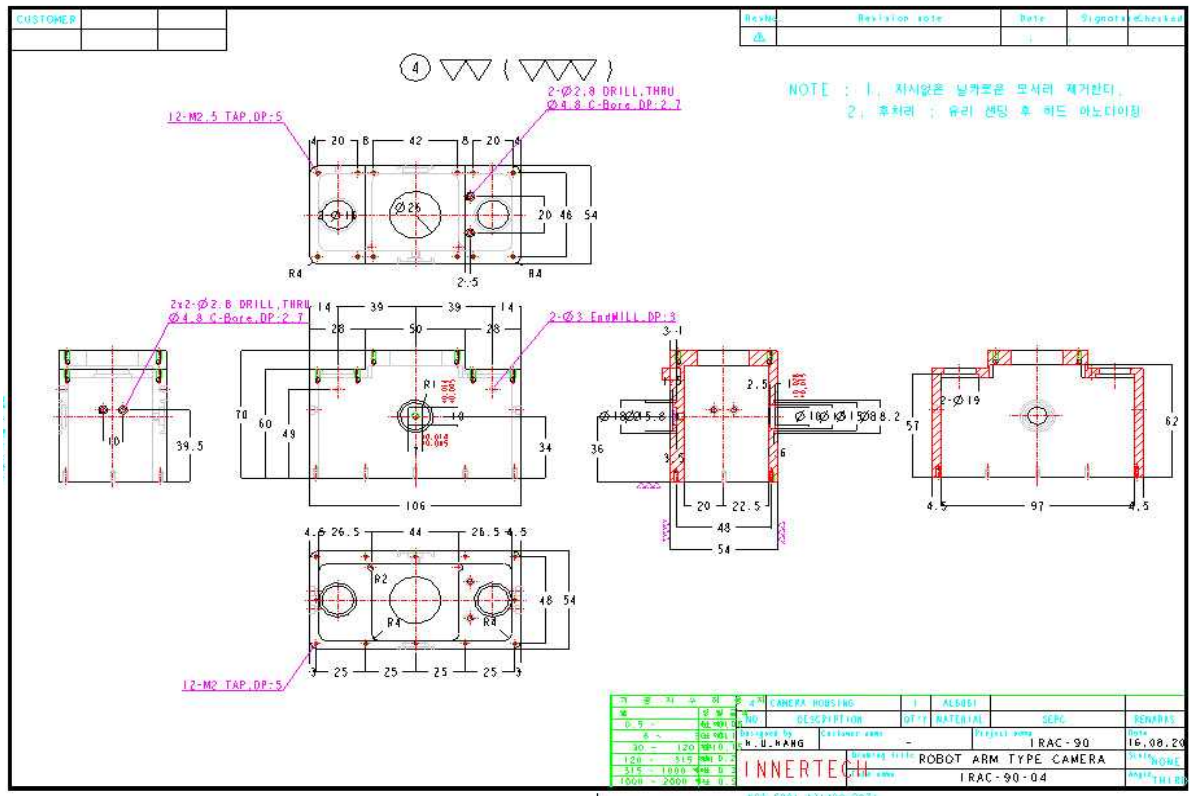


고희도 LED 램프

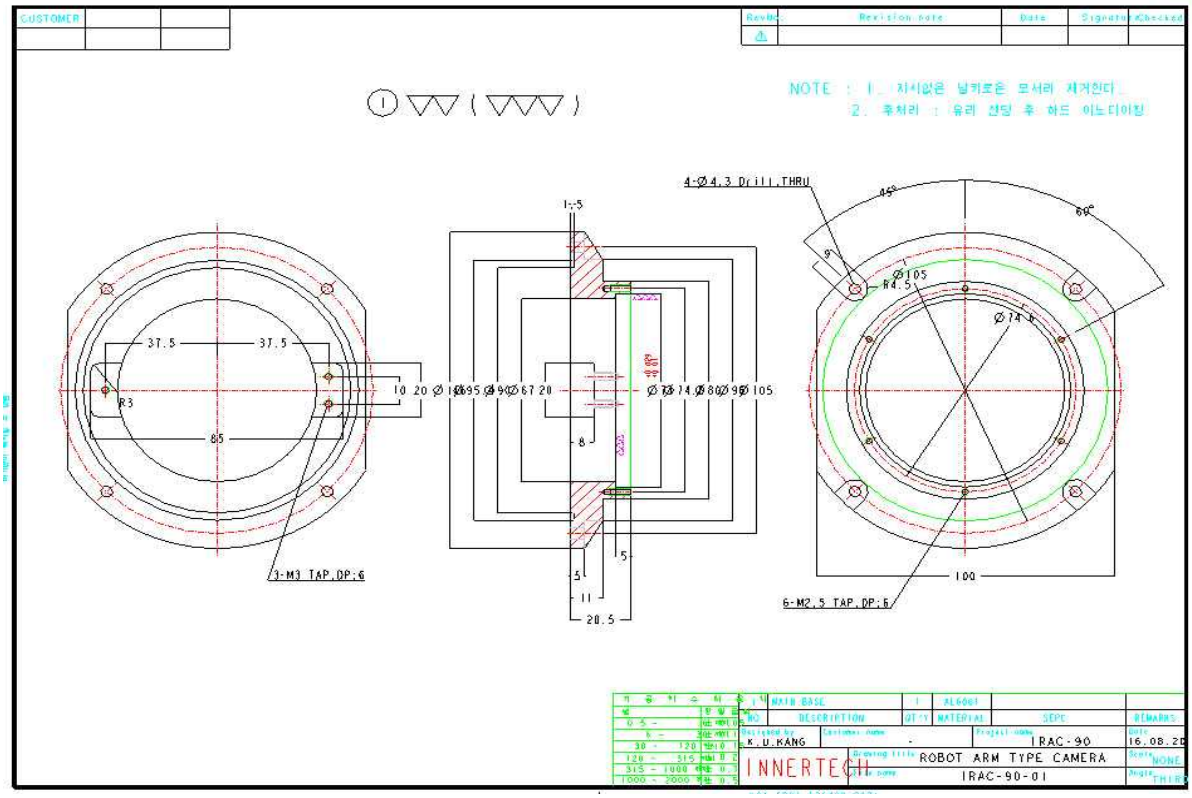


PAN/TILT 제어 회로부

[그림 3-26] 관로 탐사를 위한 전용 카메라



[그림 3-27] 카메라 모듈 설계도(A)



[그림 3-28] 카메라 모듈 설계(B)

[표 3-8] LED 모듈 제원

Model : XLamp XP-L	Spec.
Size	3.45 x 3.45 mm
Maximum Drive Current	3 A
Maximum Power	10 W
Maximum Light Output	1150 lm
Maximum Efficacy at Binning Conditions	161 lm/W
Typical Forward Voltage	2.95 V @ 1.05 A
Maximum Reverse Voltage	-5 V
Viewing Angle	125 °
Maximum Junction Temperature	150 ° C
Binning	85° C
	ANSI
Maximum ESD Withstand Voltage	8000 V (HBM per Mil-Std-883D)
Reflow Solderable	Yes - JEDEC J-STD-020C-compatible
RoHS-Compliant	Yes
REACH-Compliant	Yes
UL-Recognized	Yes - Level 4 Enclosure Consideration

차) 카메라 LED모듈 연구

① 구조 및 형상 설계

- 카메라 렌즈의 방향에 맞추어 같이 방향전환이 이뤄질 수 있도록 설계
- 하수암거내의 크기를 고려하여 2000루멘 이상의 고희도 LED 채용
- 방수 고려하여 카메라 내부에 장착

② LED 모듈 제원

- LED 모듈 제원은 [표 3-8]과 같다.

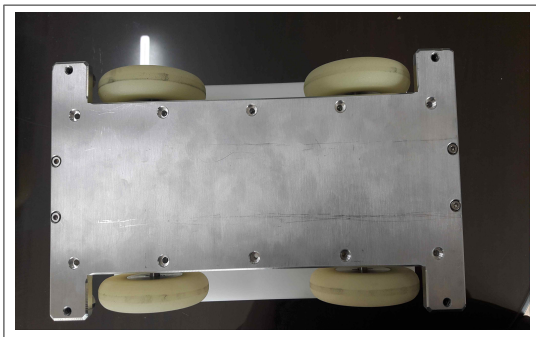
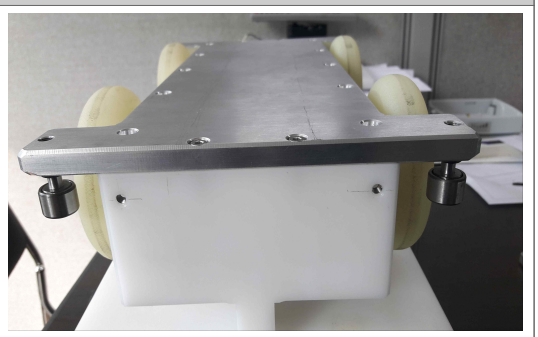
카) 탐사장치 구동부 기구 연구

① 구조 및 형상 설계

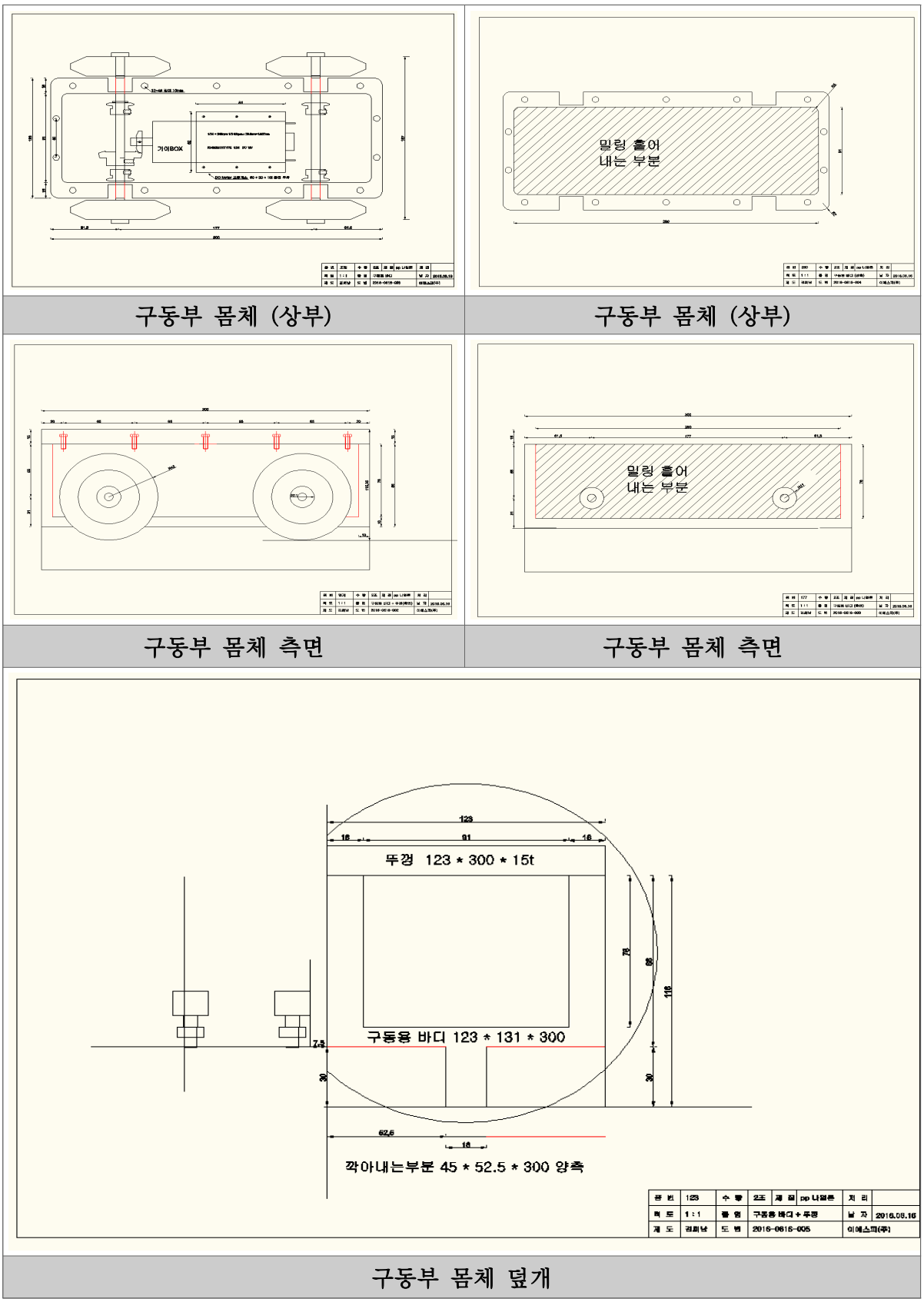
- 레일의 높이와 넓이에 맞추어 좌우 유격 등을 고려하여 크기 결정
- 하수암거내의 환경을 고려하여 부식에 강한 재질 선택
- 방수성능 고려하여 뚜껑 연결은 볼트타입으로 제작
- 레일 하부의 본체와의 연결부 고려하여 설계

② 구동부 기구 제원

- 크기 : 크기(mm): 502(L)×405(W)×320(H)
- 재질 : 황동볼트
- 단자 : +12V, GND, Relay ON, CON

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>구동부 상부</td><td>구동부 측면</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>측면 레일 충돌방지</td><td>구동부 후면</td></tr>
</table>

[그림 3-29] 구동부 기구 사진



[그림 3-30] 구동부 기구 설계도

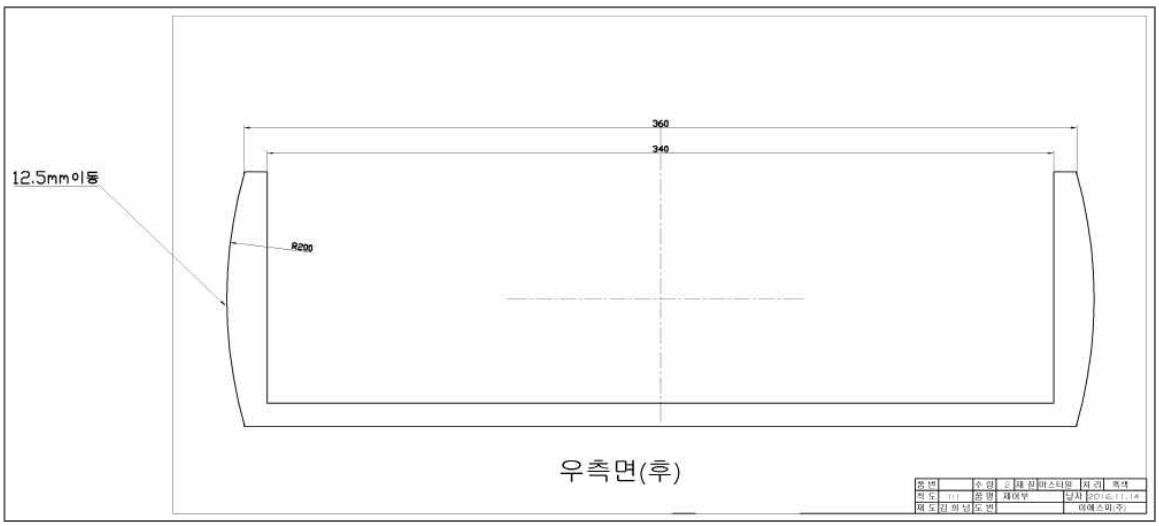
타) 탐사장치 몸체 기구 연구

① 구조 및 형상 설계

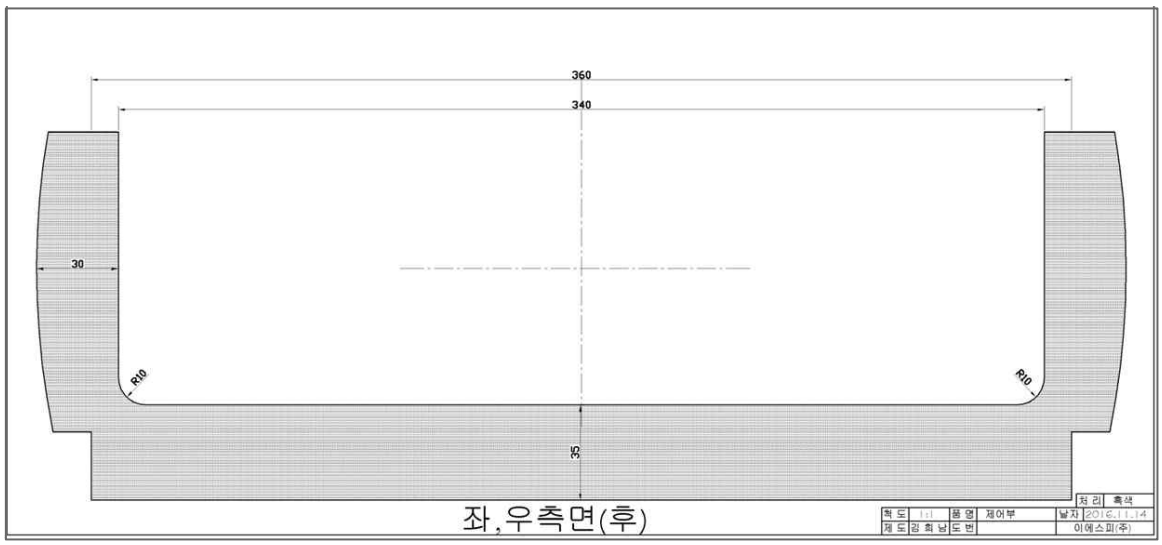
- 하수암거의 환경을 고려하여 내수성, 내부식성이 강한 재질 선택
- 방수 고려하여 최대한 접합부위를 줄이고 뚜껑 접속은 볼트타입으로 제작
- 카메라 고정을 위해 전면부에 이중 구조로 제작
- 외부에 방수 LED 전원 스위치 사용

② 몸체 기구 제원

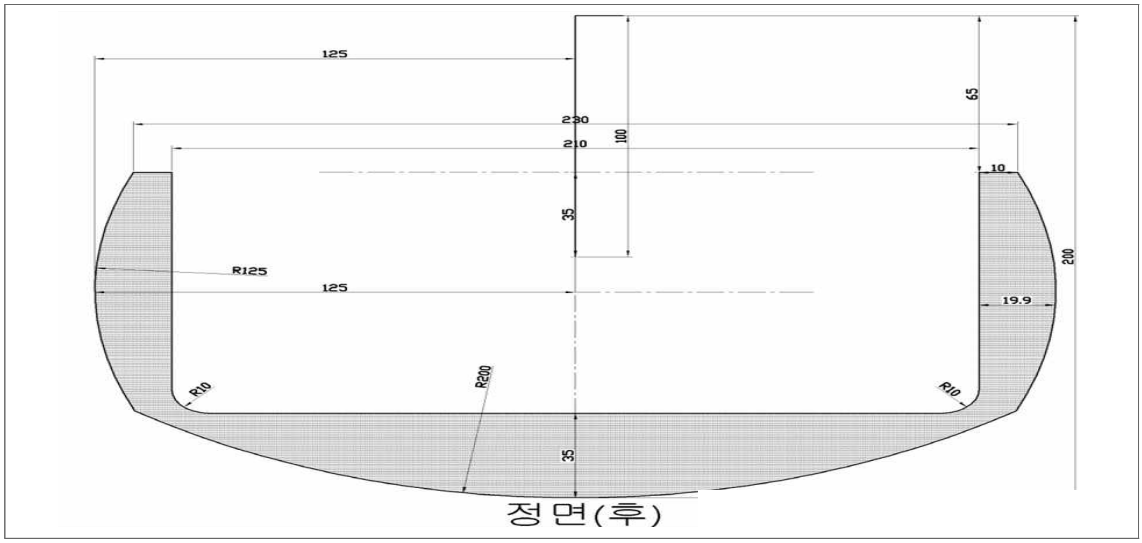
- 크기(mm) : 360(L)×250(W)×250(H)
- 몸체 재질 : 아스타일
- 뚜껑 재질 : 알루미늄



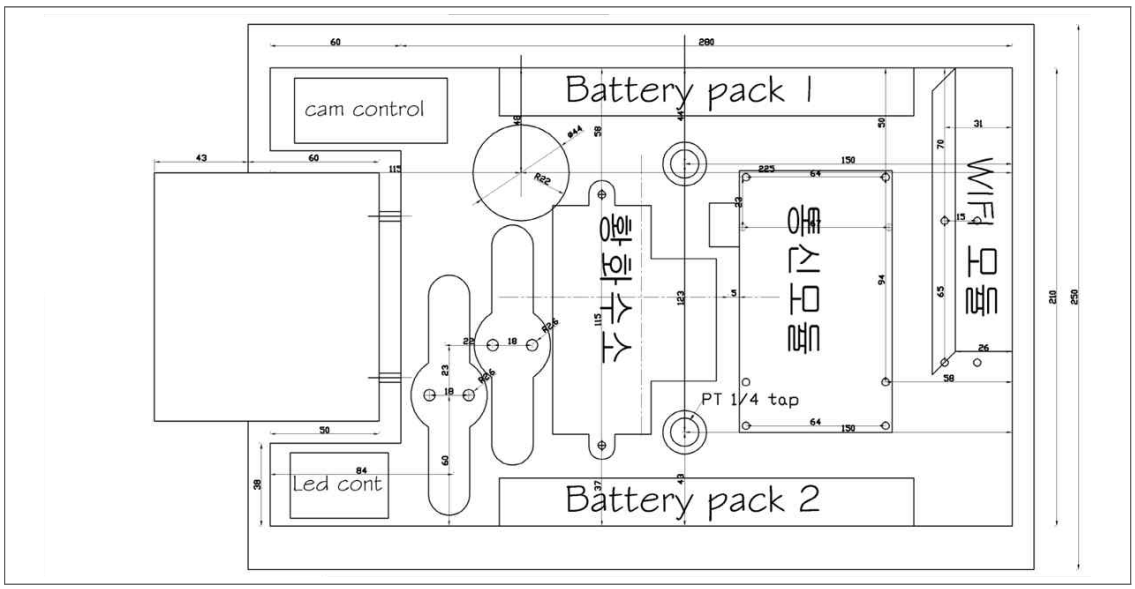
[그림 3-31] 자주차 몸체 우측면(후) 설계도



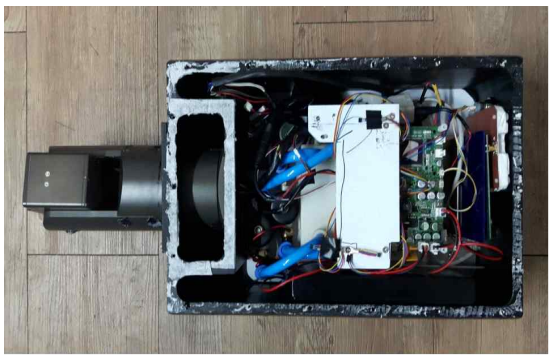
[그림 3-32] 자주차 몸체 좌우 측면(후) 설계도

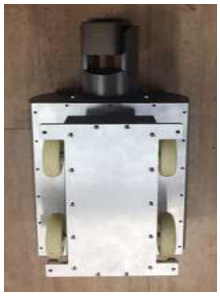


[그림 3-33] 자주차 몸체 정면(후) 설계도



[그림 3-34] 자주차 몸체 내부 보드 설계도

	
몸체 기구 외부	몸체 기구 내부


몸체기구 상면


몸체기구 하면


몸체기구 후면


몸체기구 정면

[그림 3-35] 몸체기구 사진

3) 유기전력 발생 장치 개발 내용

유기전력 발생장치는 레일에 설치된 전력선을 이용하여 탐사장치에 연결된 유기전력 발생 코어에 유기된 전력을 탐사장치의 배터리 충전용으로 사용할 수 있게 하는 장치이다. 그 구성요소는 다음과 같다

① 유기전력 발생 코어

②유기전력 코어용 트레일러

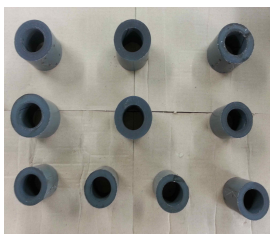
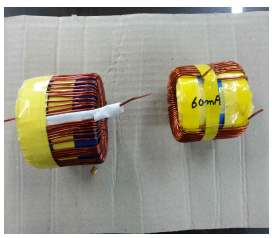
③ 유기전력 부하장치

[표 3-9] 원형코어에 유도 코일 유기전력 장치 실험결과

차수	코어 내경	코어 외경	길이	발생 유기전력	비 고
1차	10Ø	50Ø	220mm	DC12V 0.7A	
2차	25Ø	68Ø	110mm	DC12V 0.6A	
3차	32Ø	90Ø	90mm	DC12V 0.9A	

[표 3-10] 코어 구경별 실험 결과

차수	코어 구경	길이	권선수	잔류량	결과
1차	10Ø	220mm	40회	0.7A	●
2차	25Ø	110mm	20회	0.6A	△
3차	32Ø	90mm	30회	0.9A	△



코어, 구리선선정



유기전력 발생장치

[그림 3-36] 코어. 구리성정 및 유기전력 발생 장치

가) 유기전력 발생 코어 연구

① 유기 전력의 효율적 발생을 위한 재질, 코어구경, 가공성 검토.

② 트로이달코어 선정은 누설 자속이 없고 효율이 높으며 100Hz미만의 주파수 대역에서 유기되어 트로이달코어로 선정함

③ 요구전력을 얻기 위한 구리 구리선의 굵기 선정과 권취(감기) 횟수 선정

→ 자주차 설계 반영을 위한 외경 최소화와 power, 전류 발생량 고려 ϕ 10×220mm 제품 선정

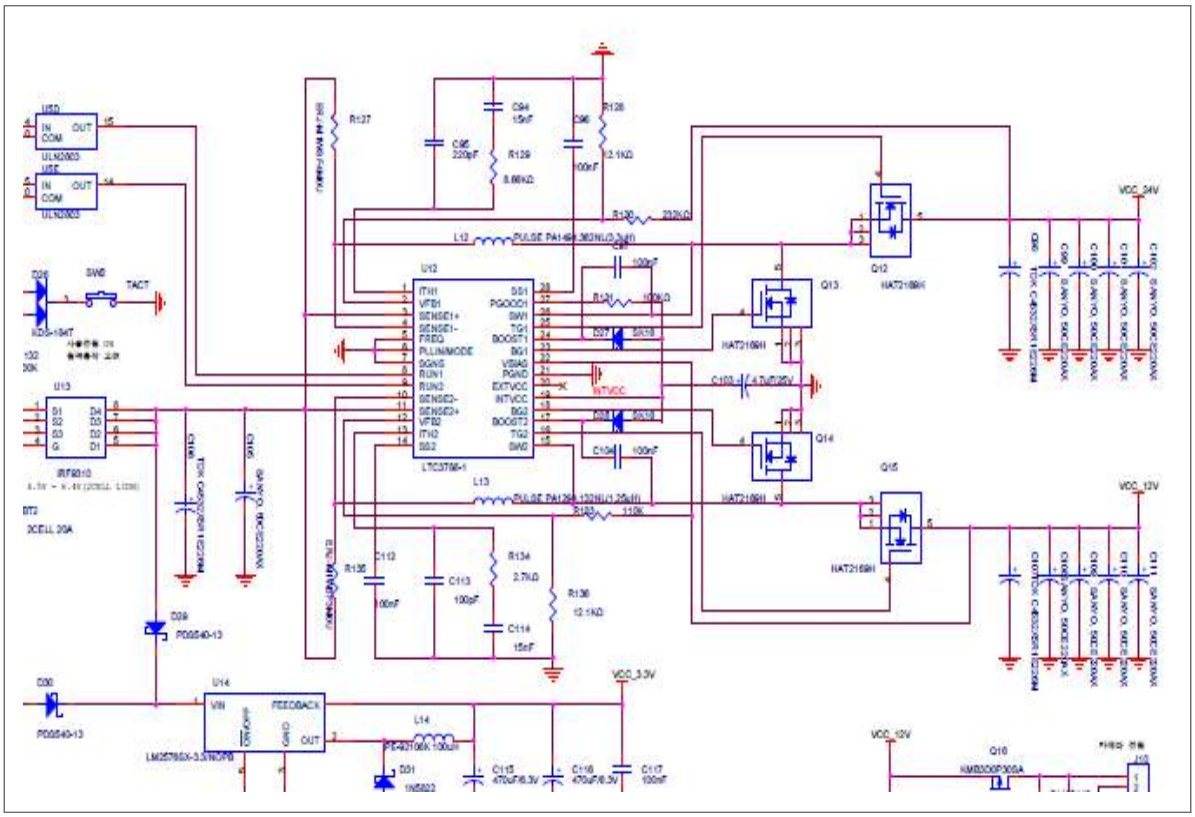
④ AC/DC변환장치

㉮ 교류 전압을 안정적인 직류 전압으로 변경 하도록 구성

㉯ 유기 전력에서 들어오는 AC 600mA 이하의 전압과 전류를 브리지 다이오드로 전송

㉰ 브리지 다이오드를 거쳐 나온 반파에 콘덴서를 달아서 직류 성분으로 변환하고 그 신호를 충전 전용 IC로 보내서 충전

㉱ 충전 회로를 통해 충전된 전압은 DC12V를 만드는 Power 회로를 통해 AC/DC 전압을 안정적으로 공급한다.



[그림 3-37] 충전회로도

나) 유기전력 코어용 트레일러

① 탐사장치의 구동부 앞에 유기 전력용 코어를 탐재한 트레일러를 연결하여 구동부와 함께 이동할 수 있도록 설계

② 유기 전력선이 구동부 바퀴의 진행에 방해가 되지 않도록 가이드 할 수 있는 구조로 설계

③ 구동부와의 연결은 방수 케이블 커넥터를 사용

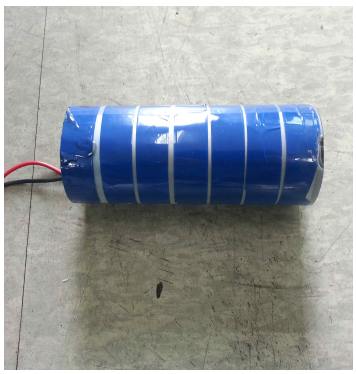
다) 유기전력 부하장치

① 전류를 이용하여 유기 전력을 생산키 위하여 하수암거 외부에 유기전력부하장치용 패널 설치

② 시험운행을 위한 유기 전력용 부하는 5KW 전기 팬히터 사용



유기전력 발생 장치



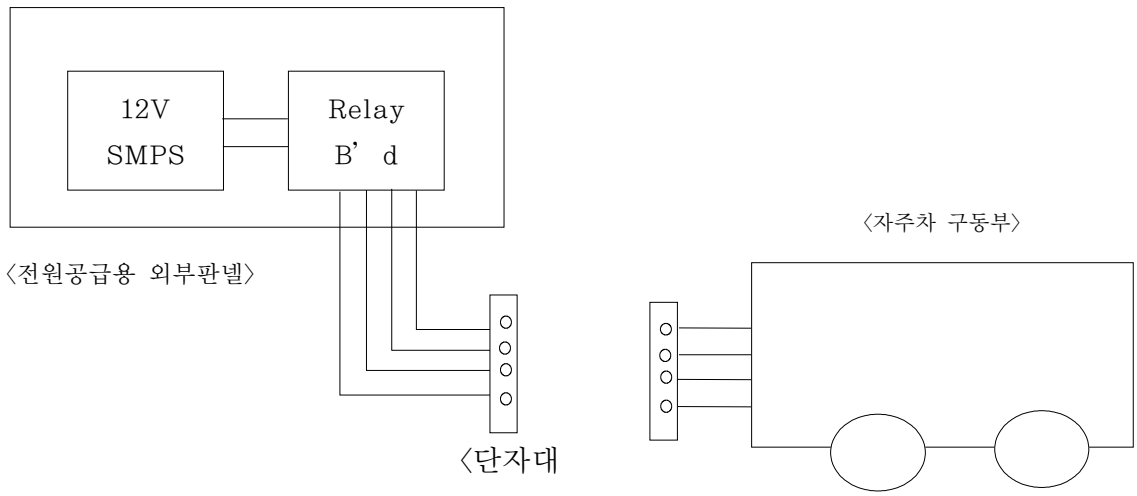
유기전력 발생코어(DC12V)



5KW 유기전력 부하 장치

[그림 3-38] 유기전력 발생장치 사진

4) 배터리 충전장치 연구

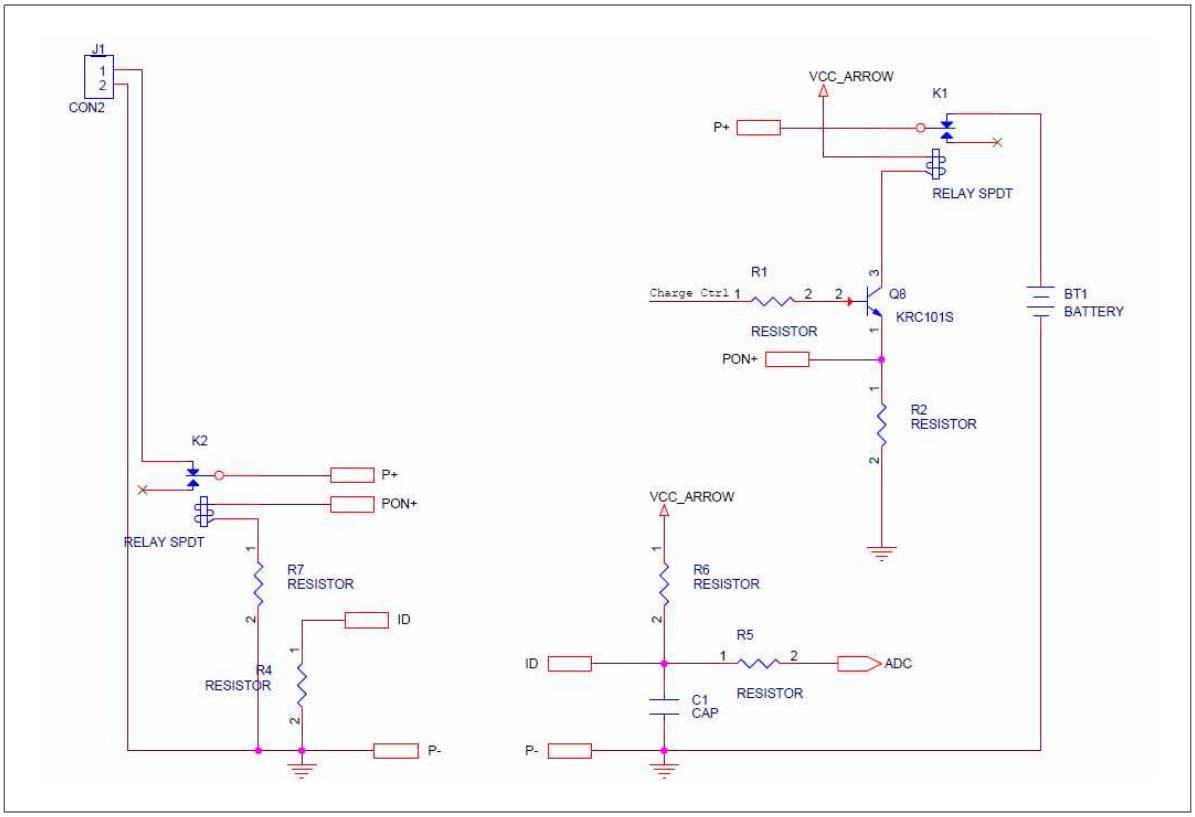


[그림 3-39] 충전 장치 구성도

배터리 충전장치는 탐사장치가 레일의 시작점에 멈춰있는 동안 탐사장치의 단자와 연결하여 탐사장치 내부의 배터리를 충전하기 위한 시스템이다.

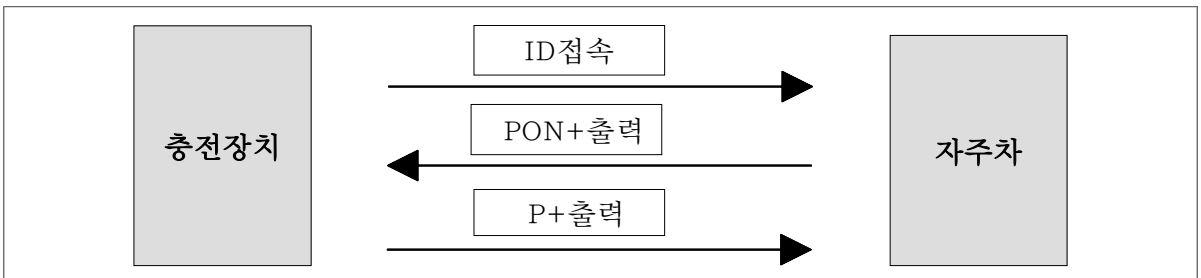
① 충전전원 공급 장치

② 충전용 단자대

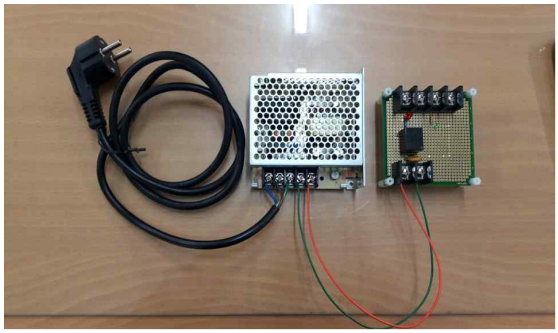
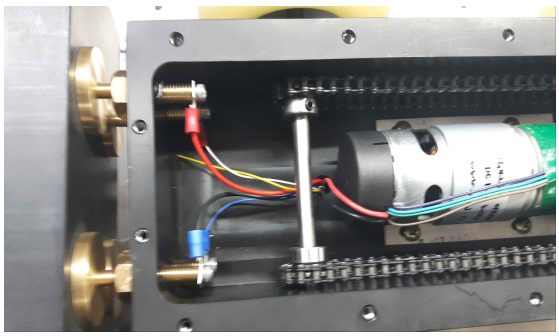
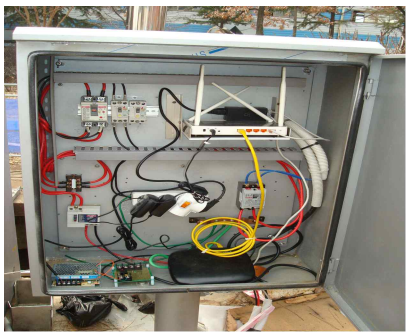


[그림 3-40] 충전 장치 회로도

[표 3-11] 충전장치 단자대 설명



명 칭	용 도	내 용	비 고
P+	+12V 출력	충전전원 (PON+입력 시 ON)	
PON+	+5V 릴레이 구동 입력	충전전원 ON/OFF	
ID	Pull Down 출력	자주차 접속 신호 전달	
P−	GND	GND	

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>충전장치 회로부</td><td>충전장치 단자대</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>단자대 방수처리</td><td>단자대 레일 설치</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>구동부 단자 접속</td><td>전원 공급용 패널</td></tr>
</table>

[그림 3-41] 충전장치 사진

가) 충전전원 공급 장치 동작 설계

① 자주차가 충전장치에 접속이 되면 GND와 ID단자의 PullDown 신호를 받아 자주차가 충전 단자에 접속되었음을 인지함

② 접속이 인지되면 자주차 측에서 PON+ 단자로 5V 신호를 출력함

③ PON+단자로 5V전원을 인가받은 충전장치는 릴레이를 구동하여 +12V 전원을 연결함

④ +12V 전원이 연결되면 P+단자를 통하여 자주차 측으로 충전 전원이 연결됨

⑤ 자주차에서 만충전이 감지되면 PON+ 단자로 0V 신호를 출력함

⑥ PON+단자로 0V신호를 인가받은 충전장치는 릴레이를 구동하여 +12V 전원을

끊어줌

⑦ +12V 전원이 차단되면 P+단자를 통하여 자주차 측으로 충전 전원이 차단됨

5) 전원공급 및 통신용 패널 제작 설치

가) 제작 시 고려사항

① 전원공급 : 한전에서 220V 전원을 신청하여 상용 전원을 연결하며 패널 내부의 통신기기, 충전장치용 전원공급 장치 및 유기 전력용 전선에 전기를 공급한다.

② 인터넷망 연결 : KT에 인터넷 회선을 신청하여 탐사장치와 무선으로 연결된 통신 중계 장치와 인터넷망을 연결한다.

③ 접지공사 : 패널 3종 접지공사를 통한 써지 보호회로를 구성한다.

④ 분전 및 차단기 설치 : 전원 공급의 안정성을 위하여 메인전원 차단 스위치 및 각 용도별 전원 차단 스위치를 분리하여 설치한다.

나) 구성

① KT 광케이블 통신모뎀(인터넷),

② IP 공유기

③ 메인전원 차단기, 분전차단기

④ DC전원 공급 장치(충전장치용)

⑤ PoE 공급 장치(통신 중계 장치용)

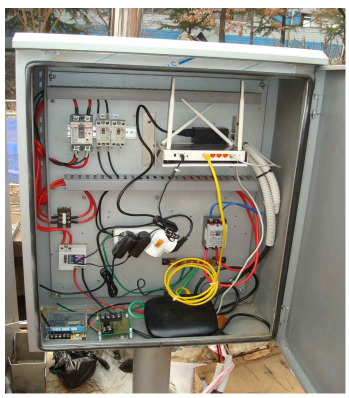
다) 통신용 패널 구성

① 인터넷 연결을 위하여 인터넷 사업자의 모뎀을 패널 설치한다.

② 카메라, 제어 보드등 내부 포트 설정을 위해 공유기를 패널 설치한다.



전원공급 및 통신용 패널



패널 내부사진



유기 전력용 부하 제작

[그림 3-42] 통신용 패널 설치

[표 3-12] 통신 콘트롤

구분		Message Format	동작 설명
START	제 어	STX+START+ETX	카메라 전원 ON
	응 답	STX+START+ETX	
STOP	제 어	STX+STOP+ETX	카메라 전원 OFF
	응 답	STX+STOP+ETX	
자주차 전 진	제 어	STX+CARFxx+ETX	xx=SPEED(10,20…)
	응 답	STX+CARFxx+ETX	
자주차 후 진	제 어	STX+CARBxx+ETX	xx=SPEED(10,20…)
	응 답	STX+CARBxx+ETX	
자주차 일시정지	제 어	STX+CARP+ETX	
	응 답	STX+CARP+ETX	
LAMP ON	제 어	STX+LAMPxON+ETX	x=밝기(1,2,3)
	응 답	STX+LAMPxON+ETX	
LAMP OFF	제 어	STX+LAMPOFF+ETX	
	응 답	STX+LAMPOFF+ETX	
Data 조 회	제 어	STX+SREQ+ETX	
	응 답	STX+시간정보+H황화수소값 +T온도+H습도 +W수위+M이동거리+B밧데리잔량+S상태+ETX	
시간설정	제 어	STX+TSETYYYY-MM-DD hh:mm:ss+ETX	
	응 답	STX+TSETYYYY-MM-DD hh:mm:ss+ETX	
수위설정	제 어	STX+WCALSETxxx+ETX	xxx=암거높이(Cm)
	응 답	STX+WCALSETxxx+ETX	
수위측정	제 어	STX+WREQ+ETX	
	응 답	STX +시간정보+ WREQ수위 + ETX	
황화수소 측 정	제 어	STX+HREQ+ETX	
	응 답	STX +시간정보+ HREQ황화수소값+ETX	

6) 운영 소프트웨어 개발

가) 프로그램 기능 설계

① 운영 소프트웨어는 탐사장치로부터 검출된 데이터를 주기적으로 수집하여 DataBase를 구축하고 이를 조회 할 수 있는 기능을 갖는다.

② 운영 소프트웨어는 탐사장치의 동작을 제어하고 그 결과를 수신 할 수 있는 기능을 갖는다.

③ 운영 소프트웨어는 탐사장치의 실시간 상태를 수신하여 모니터링 할 수 있는 기능을 갖는다.

④ 운영 소프트웨어는 탐사장치로부터 촬영된 동영상을 실시간 또는 녹화 재생할 수 있는 기능을 갖는다.

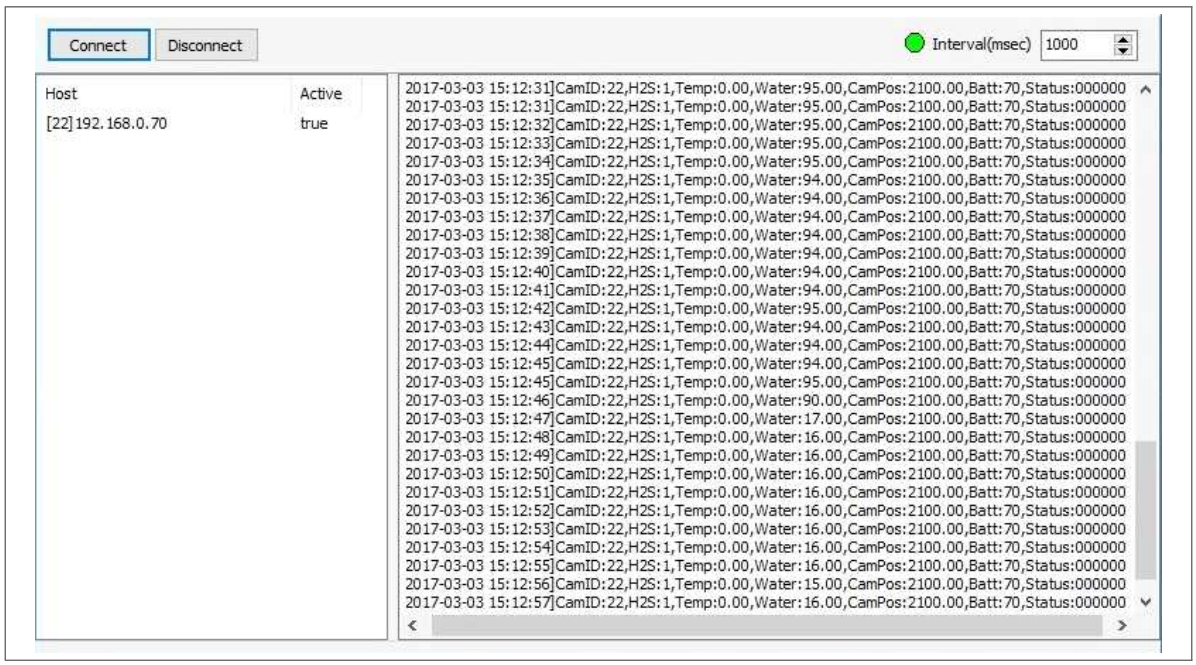
⑤ 운영 소프트웨어는 이상구간에 대한 정지영상을 촬영하여 저장 또는 조회하는 기능을 갖는다.

나) 소프트웨어 구성

① 통신 프로토콜은 [표3-12]와 같다.

② 통신 에이전트 프로그램

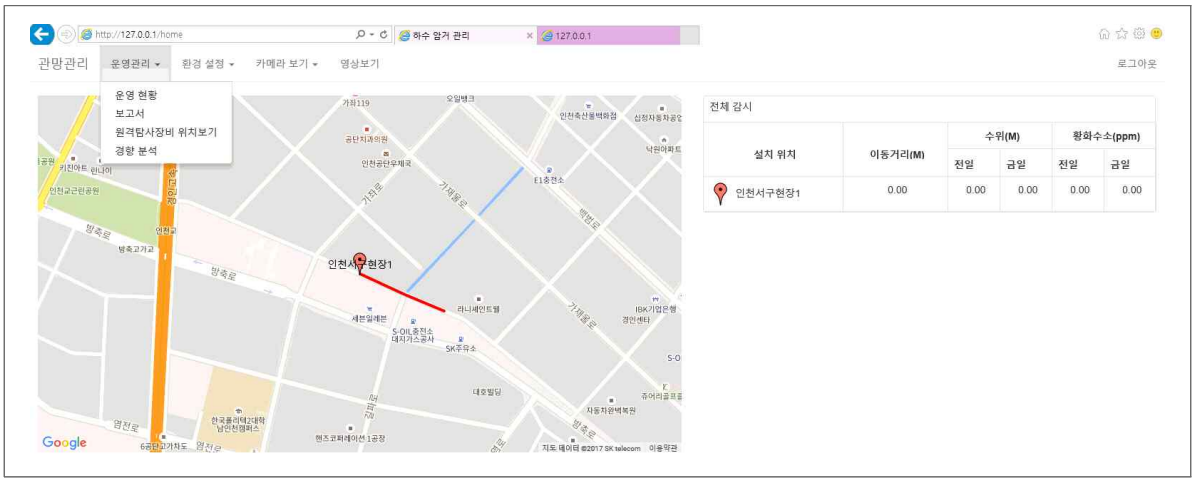
- 탐사장치에 IP로 접속하여 주기적으로 데이터를 수집하고 DB에 저장한다.
- Interval을 msec단위로 조정하여 데이터 수집 주기를 설정 할 수 있다.
- IP 설정은 운영 웹에서 설정한 탐사장치 IP를 사용하며 Port는 5001로 고정하여 사용한다.



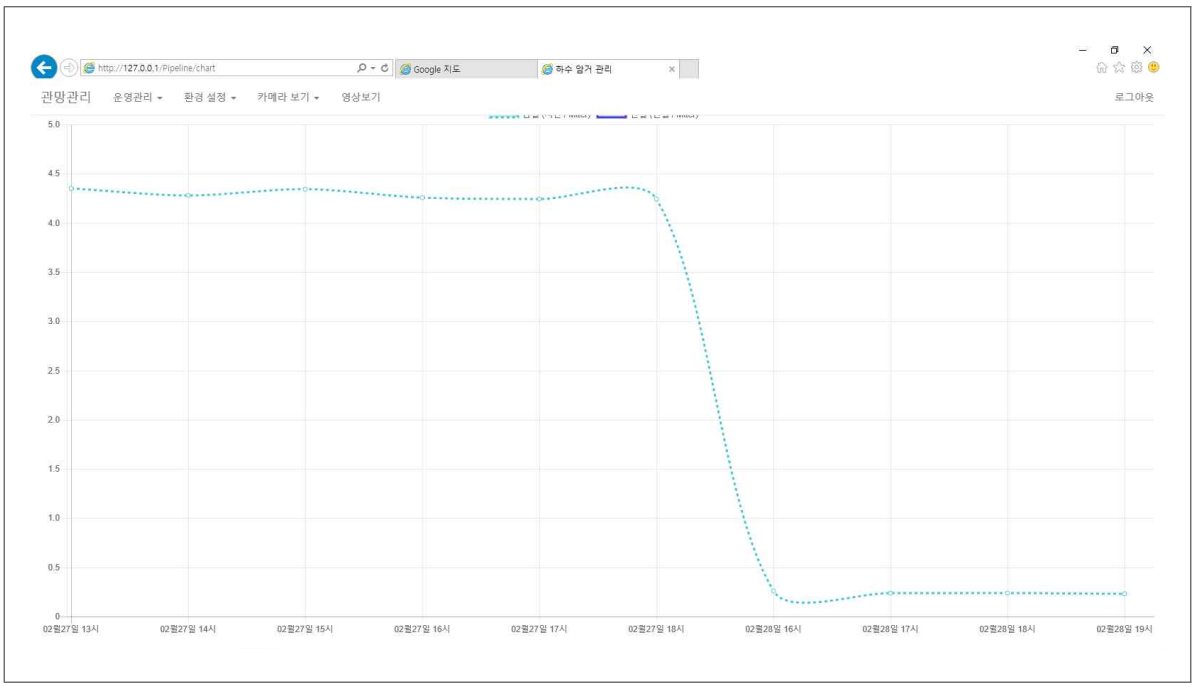
[그림 3-43] 통신 에이전트 프로그램

③ 맵 연동 운영 웹 프로그램

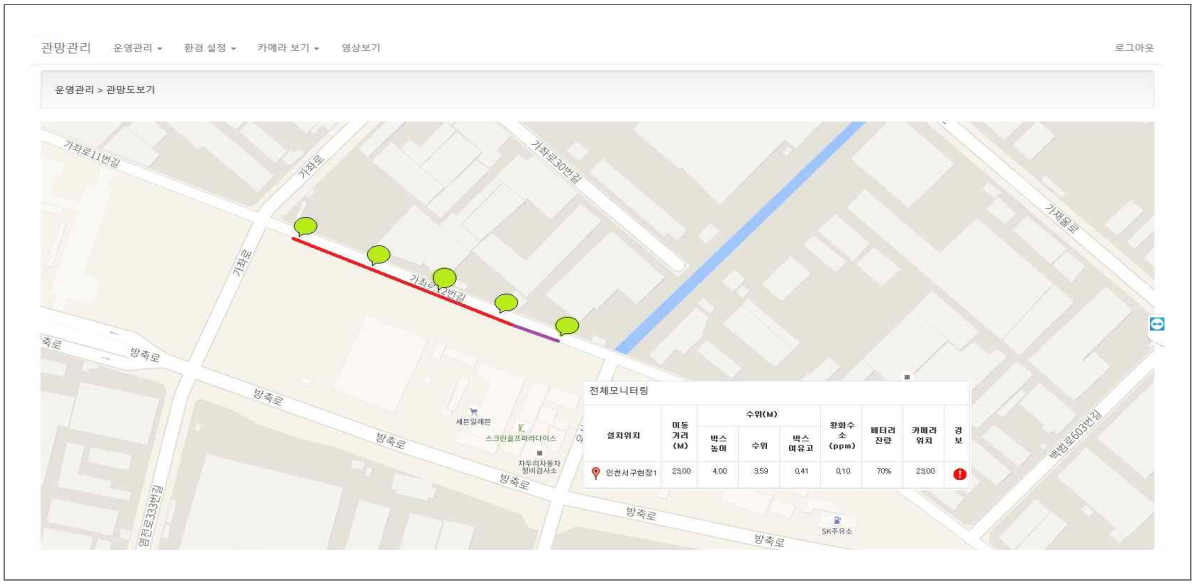
- 운영 웹 프로그램은 운영관리, 환경설정, 카메라보기, 영상보기의 기능을 갖는다.
- 운영관리는 운영현황, 보고서, 탐사장비 위치보기, 경향분석 메뉴로 구성된다.
- 환경설정은 사용자 관리, 설치정보 관리 기능을 갖는다.
- 카메라보기는 카메라 영상 뷰어 및 탐사장치 제어 프로그램을 호출하여 실시간 촬영 동영상 보기 및 탐사장치 제어 기능을 수행 한다.
- 영상보기는 이상구간을 촬영한 정지영상을 다시 보기위한 메뉴이다.



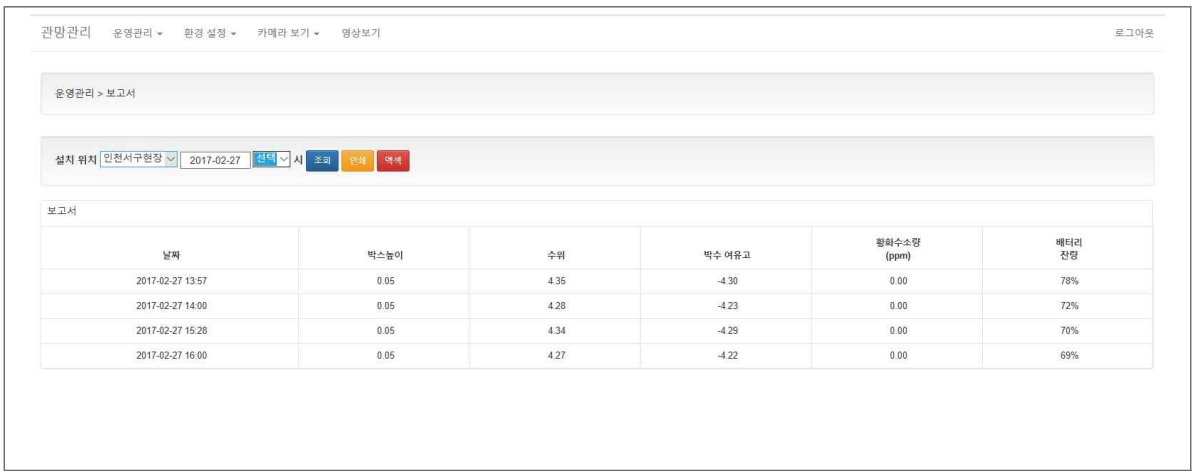
[그림 3-44] 운영현황 화면



[그림 3-45] 경향분석 화면



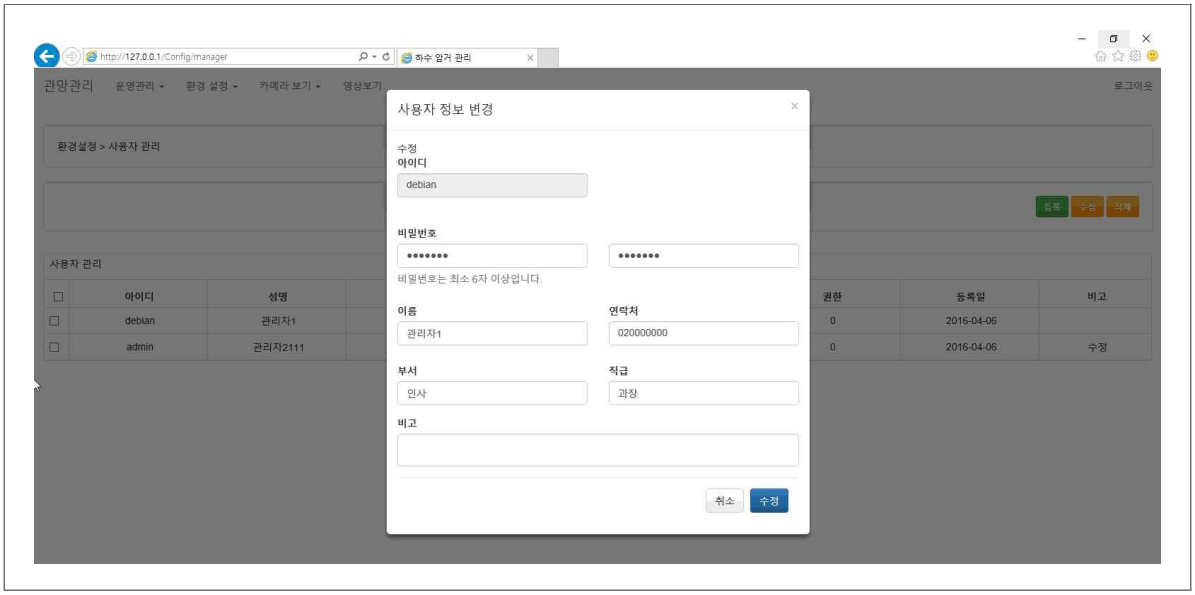
[그림 3-46] 탐사장비 위치보기 화면



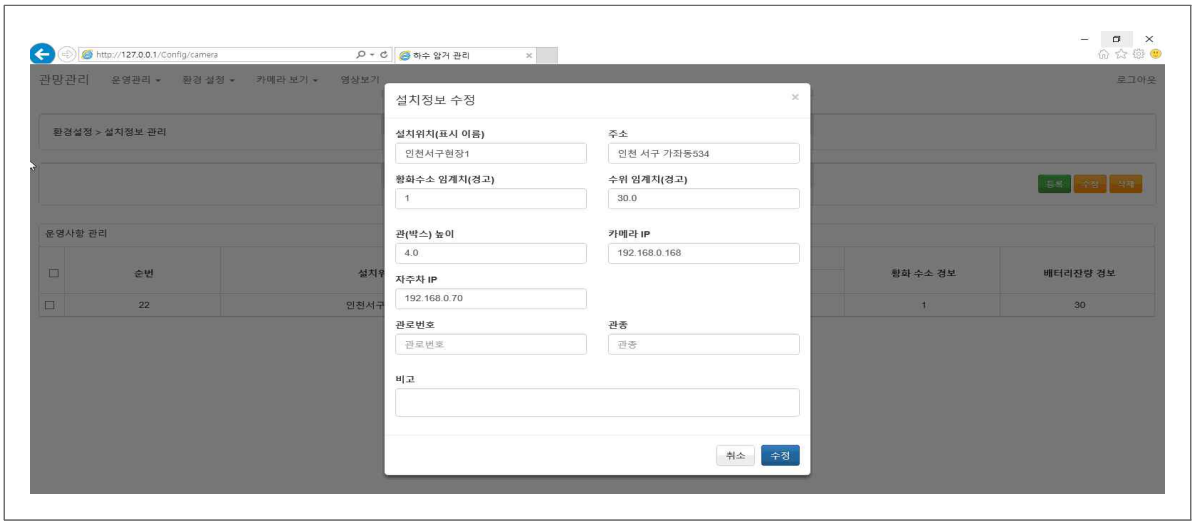
[그림 3-47] 보고서 화면



[그림 3-48] 사용자 정보 화면



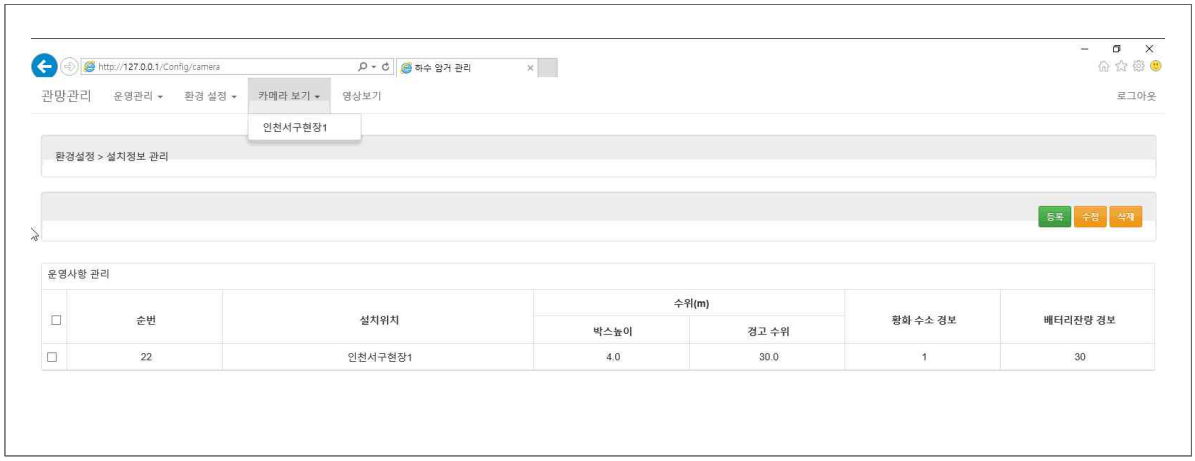
[그림 3-49] 사용자 정보 설정 화면



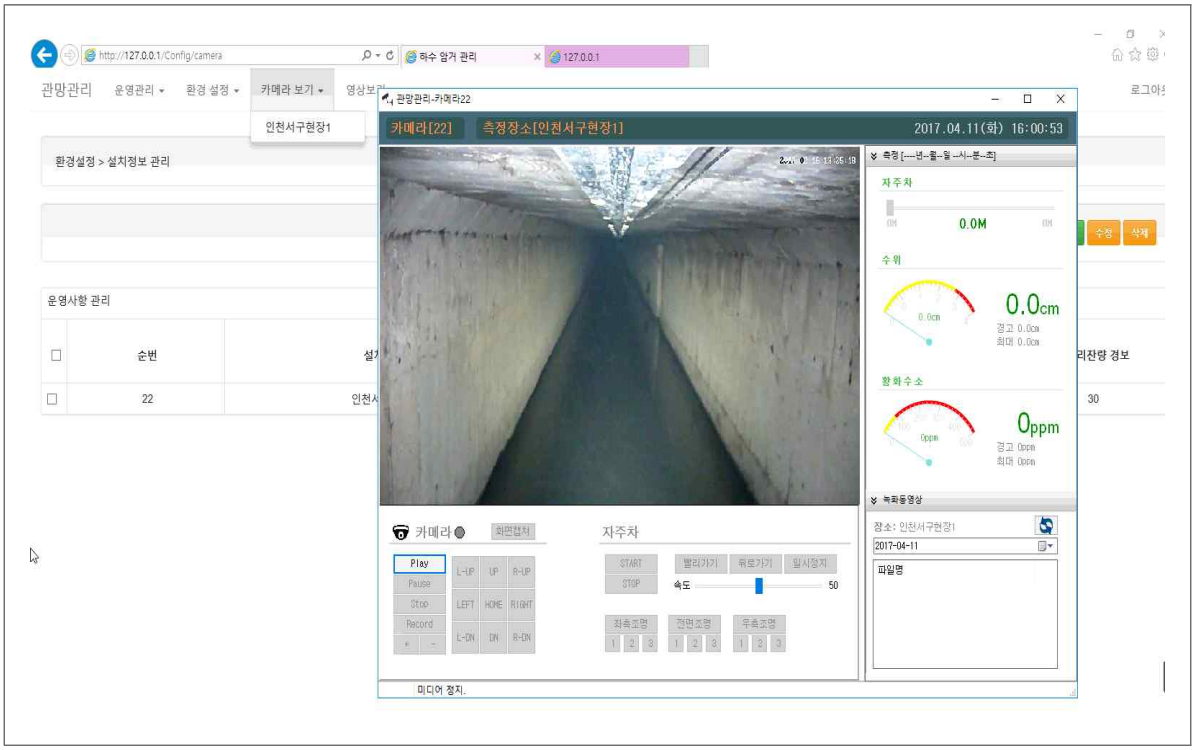
[그림 3-50] 설치정보 설정 화면

④ 카메라 영상 뷰어 및 탐사장치 제어 프로그램

- 함수암거 내의 실시간 동영상을 재생 한다.
- 카메라의 PTZ 제어를 명령한다.
- 자주차 이동거리, 수위측정값, 황화수소 측정값을 표시한다.
- 자주차의 전진, 후진, 정지 및 속도를 제어한다.
- LED LAMP의 ON/OFF 및 밝기를 조정한다.
- 이상구간의 정지영상을 캡처하는 기능을 갖는다.
- 저장된 영상을 재생하는 기능을 갖는다.



[그림 3-51] 카메라 보기 메뉴



[그림 3-52] 카메라 보기 및 탐사장비 제어 프로그램 화면

2. 성능시험 결과

가. 개요

본 연구를 통하여 개발된 각 구성 제품을 통합 연동하여 본 연구에서 구현하고자 하였던 기능들을 시험하고 그 결과를 평가하였다.

○ 원격탐사장치 레일 구동 시험 결과

○ 원격탐사장치 방수 기능 시험 결과

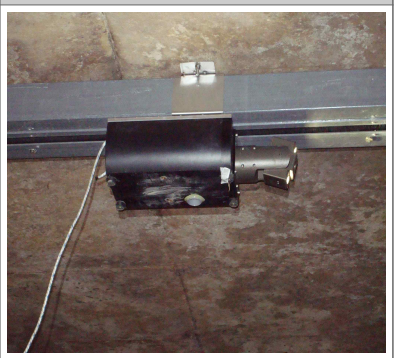
○ 원격탐사장치 수위 측정 기능 시험 결과

○ 원격탐사장치 황화수소 농도 측정 기능 시험 결과

○ 이상 데이터 수신 시 경보 발생 기능 시험 결과

나. 원격탐사장치 레일 구동 시험

1) 시험방법 및 내용

		
암거내부 사진	구동 사진	정면사진
		
후면사진	밑면사진	측면사진

[그림 3-53] 암거내 원격탐사장치 구동

① 하수암거 천정에 부착된 레일에 원격탐사장치를 설치하고 인터넷 망을 통해 원격으로 주행 제어 및 데이터 수집이 되는지를 확인 한다

② 주행 시작 후 거리 측정이 되는지를 확인한다.

③ 매 10m지점 도달 시 자동으로 멈춰서 10초 동안 황화수소 농도를 측정하고 다시 출발 하는지를 확인 한다.

④ 레일의 끝지점을 감지하고 자동으로 멈추는지를 확인 한다.

⑤ 후진 명령시 후진으로 주행하는지 확인 한다. 후진 시에는 황화수소 측정을 위한 자동 멈춤 없이 계속 주행됨을 확인 한다.

⑥ 레일의 끝지점을 감지하고 자동으로 멈추는지를 확인 한다.

⑦ 주행 중 LED 조명 제어가 되는지 확인 한다.

⑧ 주행 중 카메라의 PAN/TILT/ZOOM 기능이 동작하는지 확인한다.

⑨ 주행 중 암거내 촬영 동영상이 전달되는지 확인 한다.

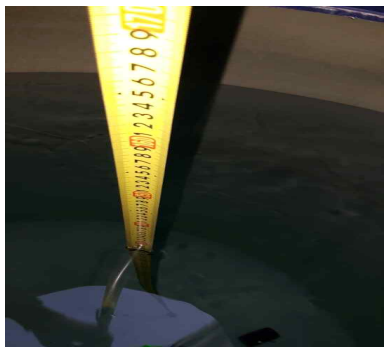
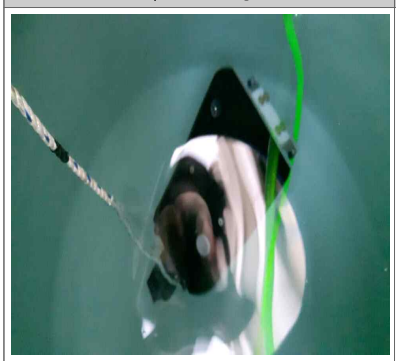
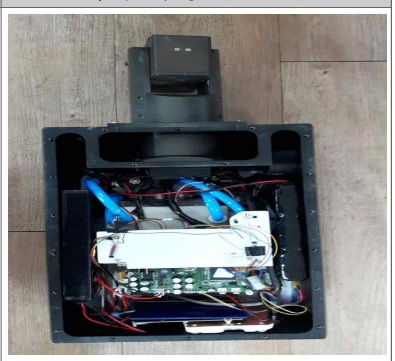
⑩ 주행 중 정지영상 촬영이 되는지 확인한다.

2) 구동결과 : 상기 시험결과 정상가동으로 이상이 없음을 확인함.

다. 원격탐사장치 방수 기능 시험

1) 시험 목표

환경부의 암거내 CCTV 탐자장치 기준인 IP67 방수 기준을 만족하는지 평가한다.

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>수조전경</td><td>수조높이측정 (1.7m)</td><td>수심측정 (1.0m)</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>장비투입1</td><td>장비투입2</td><td>시험 후 내부수분확인</td></tr>
</table>

[그림 3-54] 방수시험 전경

2) 시험 환경 및 방법

가) 시험환경

① 침수용 수조 크기 : 높이 150Cm, 직경 100Cm 원통형 수조

② 물 깊이 : 125 Cm

③ 침수용 추 무게: 14Kg

④ 침수 시간 30분

나)시험 방법

① 침수 시험전 탐사장치 정상 구동 확인

② 탐사장치에 침수용 추를 달아 수조에 1m이상 침수시킨 뒤 30분간 침수

③ 뚜껑 부분을 분해하여 누수가 없었는지 육안검사

④ 조립 후 정상 구동 확인

3) 방수 기능 시험 결과

○ 수심 1.0m이상 구간에서 30분간 침수 후 꺼내어 내부에 수분 침투여부를 조사한 결과 이상이 없음을 확인 함.

라. 원격탐사장치 수위 측정 기능 시험 결과



수위실측사진	감지기높이 측정	자주차 감지기측정값

[그림 3-55] 암거내 수위 실측값 측정

1) 하수암거 현황

○ 시험위치 : 인천광역시 서구 가좌동 534번지 일원

○ 하수암거 규격 : B4.0m×H4.0m

2) 암거내 수위산정 방법

하수암거 바닥에는 불규칙 하게 토사가 쌓여 있어 암거 바닥부터 수면까지의 거리측정은 의미가 없으므로 암거 천정부터 수면까지의 거리를 측정하여 수위를 계산한다.

① 실측수위=암거 높이-천정부터 수면까지의 거리

② 검측수위=암거 높이-감지기위치(25㎝)-수면까지 수위계(초음파센서) 측정거리

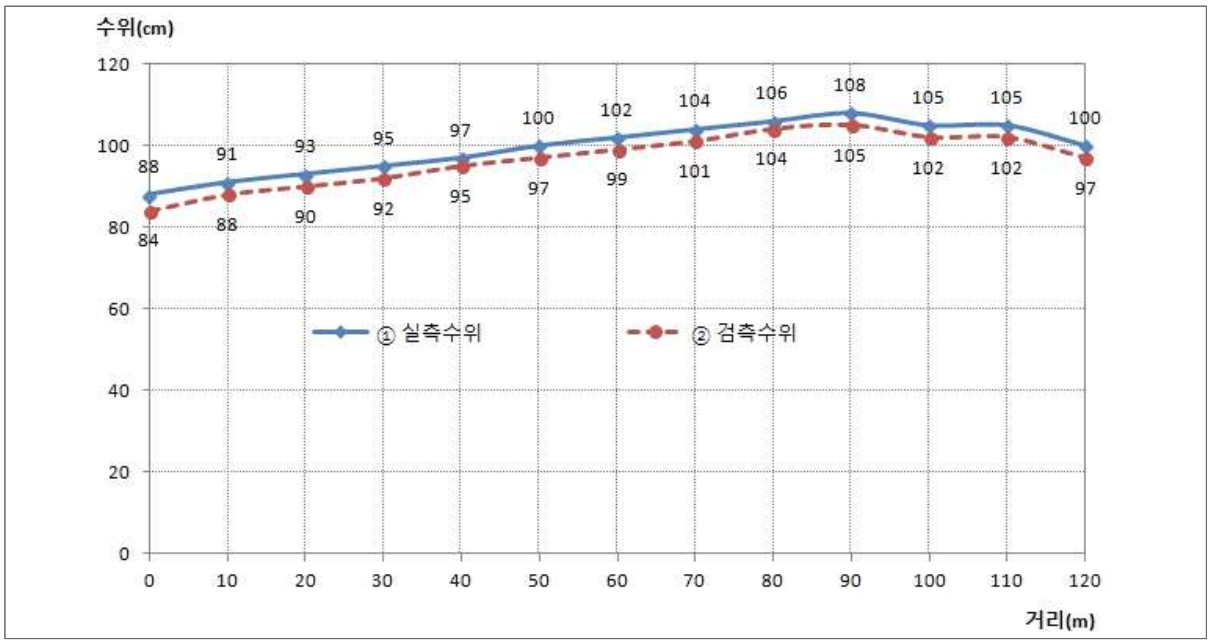
③ 천정부터 수면까지의 실측 거리=자주차 감지기 측정거리+25㎝(감지기위치)

※ 감지기 위치(25㎝) : 하수암거 상부천정에서 자주차 내 수위계까지 높이

[표 3-13] 암거내 수위 측정 결과

(단위 : ㎝)

이동거리	① 실측높이 (천정~수면)	② 검측높이 (센서측정+25)	오 차 (①-②)	수 심 (암거내부H-①)
시 점	312	291+25	4	88
10m 지점	309	287+25	3	91
20m 지점	307	285+25	3	93
30m 지점	305	283+25	3	95
40m 지점	303	280+25	2	97
50m 지점	300	278+25	3	100
60m 지점	298	276+25	3	102
70m 지점	296	274+25	3	104
80m 지점	294	271+25	2	106
90m 지점	292	270+25	3	108
100m 지점	295	273+25	3	105
110m 지점	295	273+25	3	105
120m 지점	300	278+25	3	100



[그림 3-56] 수위측정값 비교표

마. 원격탐사장치 황화수소(H_2S) 농도측정 시험 결과

1) 현장시험

가) 시험위치

○ 인천광역시 서구 가좌동 534번지 일원

나) 시험결과

○ 현장시험 결과 실측 및 자주차 계측기기 모두 황화수소 농도 미검측

○ 계측기기의 측정범위(1ppm)보다 적은 농도 발생으로 데이터가 나타나지 않은 것으로 판단됨.

➡ 하수BOX 내부 황화수소 농도는 하수관거가 위치한 조건에 따라 농도분포가 매우 상이하게 나타남. - 장소이동 또는 실내시험 등으로 위치변경 필요

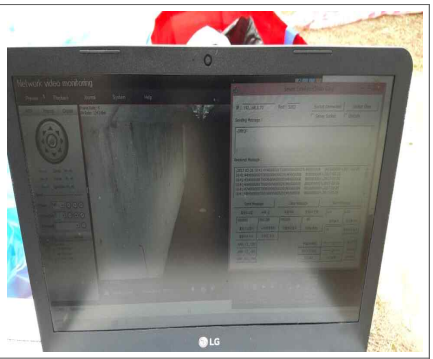
[표 3-14] 암거내 황화수소 측정 결과

(단위 : ppm)

이동거리	실측값 ①	자주차 측정값 ②	오 차 (①-②)	비 고
시 점	0	0	0	
10m 지점	0	0	0	
20m 지점	0	0	0	
30m 지점	0	0	0	
40m 지점	0	0	0	
50m 지점	0	0	0	
60m 지점	0	0	0	
70m 지점	0	0	0	
80m 지점	0	0	0	
90m 지점	0	0	0	



실측정



자주차 측정

[그림 3-57] 하수암거내 황화수소 측정

2) 실내시험

가) 측정방법

○ 안정적 농도치 확보 위해 실내시험 실시

○ 임의 농도의 시료를 준비하여 황화수소 농도 10회 반복 측정

○ 실측치와 자주차 측정치와의 농도Data를 비교 · 검토

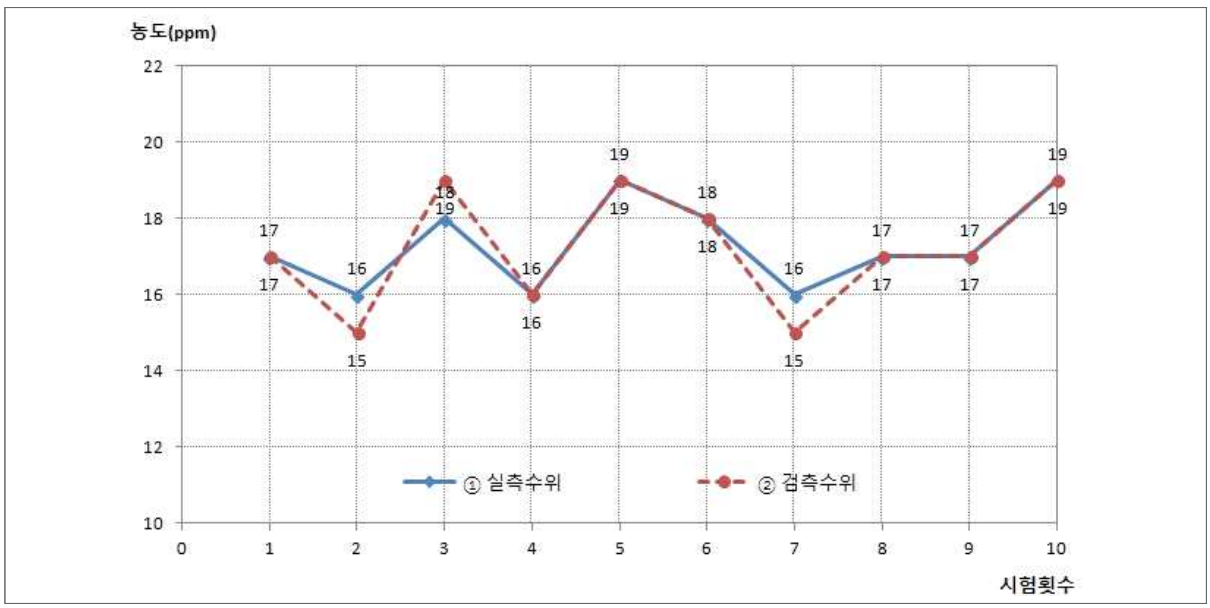
나) 시험결과

○ 계측기기의 최소측정범위(1ppm)보다 높은 농도를 단계별로 변화시켜 측정한 결과 실측치와 자주차 측정치간의 약간의 오차가 발생하였으나 그 차이는 미미하여 Data활용에는 큰 무리가 없는 것으로 파악됨.

[표 3-15] 실험실내 황화수소 측정 결과

(단위 : ppm)

실험횟수	실측값 ①	자주차 측정값 ②	오 차 (①-②)	비 고
1	17	17	0	
2	16	15	1	
3	18	19	1	
4	16	16	0	
5	19	19	0	
6	18	18	0	
7	16	15	1	
8	17	17	0	
9	17	17	0	
10	19	19	0	



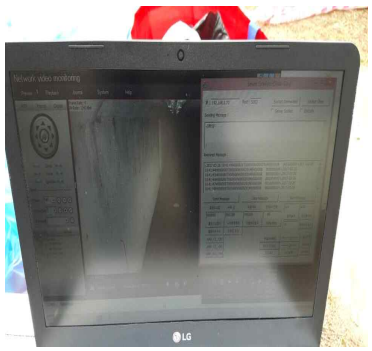
[그림 3-58] 황화수소 농도측정값 비교표



실측사진



측정전경



모니터링

자주차 측정

[그림 3-59] 실험실 내 황화수소 실측값 측정

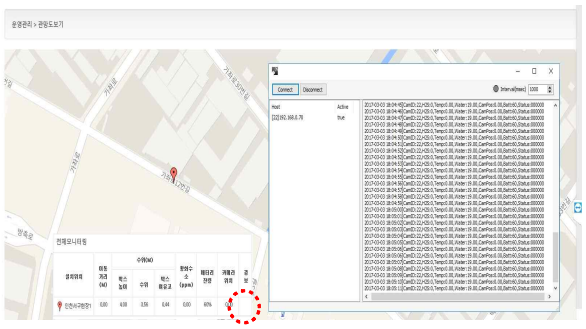
바. 이상 데이터 수신시 경보 발생 기능 시험 결과

1) 조건

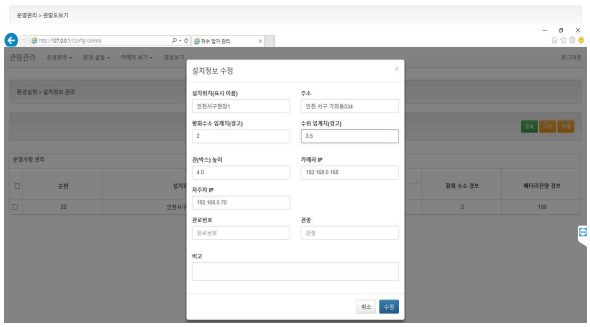
○ 하수암거 내 수위(水位) 및 황화수소(H_2S)를 실시간으로 계측하고 설정값과 비교하여 이상 징후가 확인될 경우 경보 표시

2) 시험결과

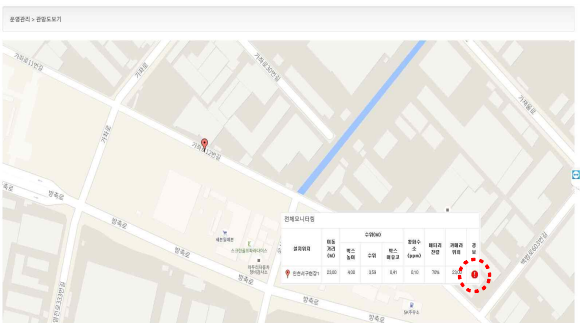
가) 수위경보 설정 값 대비 경보 발생 여부



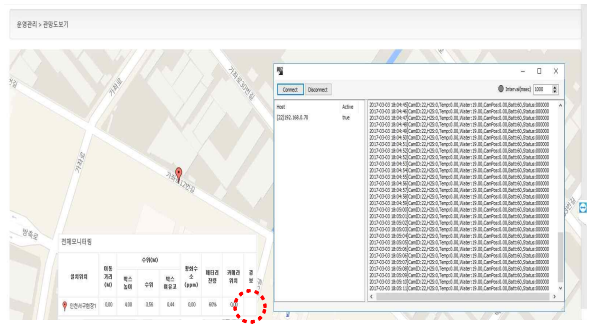
① 임계치 설정전



② 수위 임계치 설정

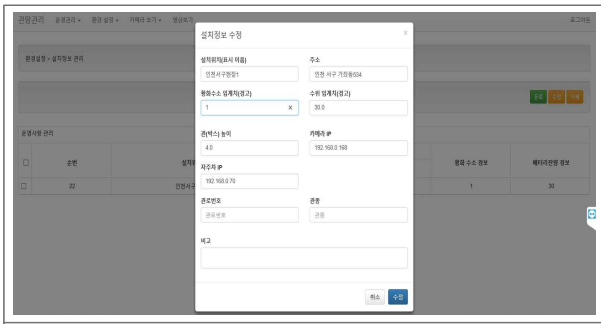


③ 수위경보발생

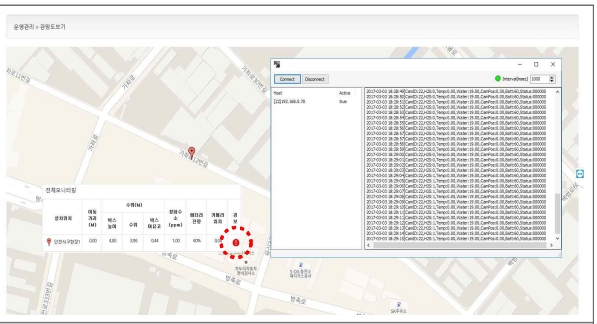


④ 수위경보해제

나) 황화수소 경보 설정 값 대비 경보 발생

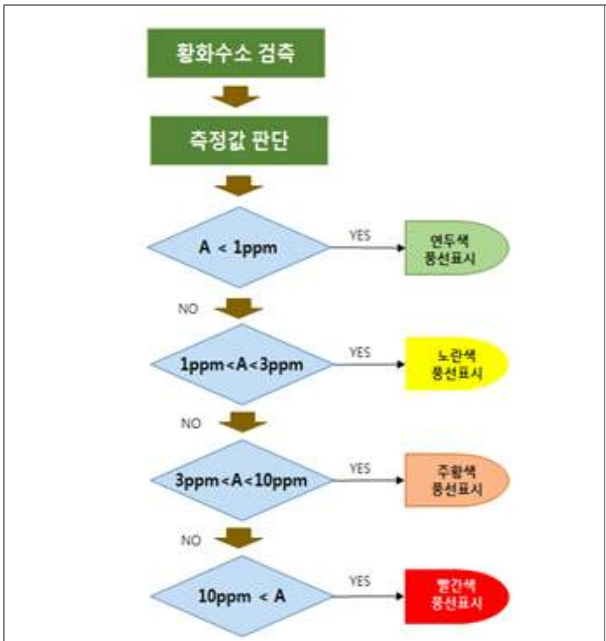


① 황화수소 임계치 설정

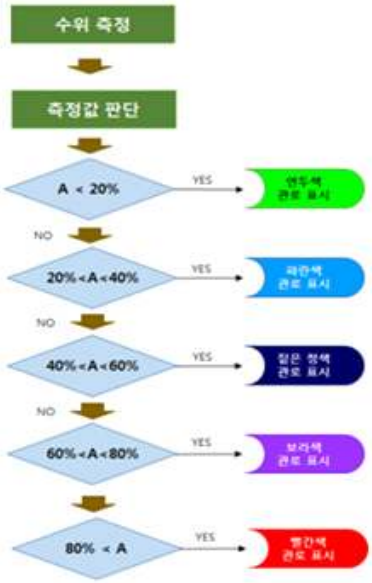


② 황화수소 경보발생

다) 경보발생 조건값 설정



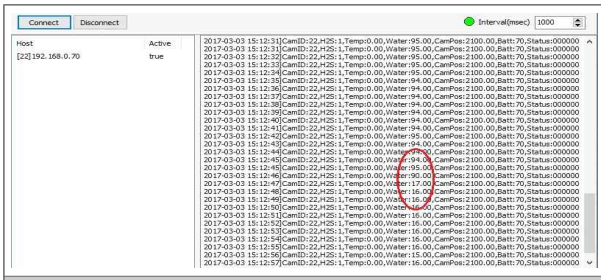
황화수소 오염도 판정



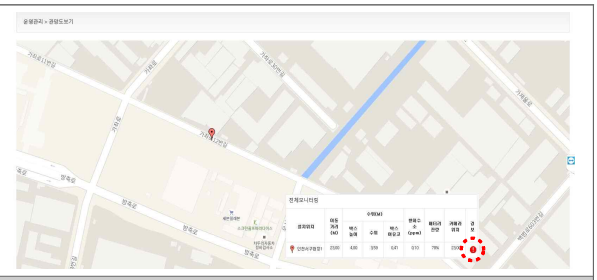
수위 위험도 판정

라) 이상구간 설정 값 대비 경보 발생

○ 1초주기로 수집되는 수위데이터가 10㎝이상 차이나는 데이터 수신 시 경보 발생



이상데이터 수신



이상구간 경보발생

3. 연구개발 성과

본 연구 개발을 통하여 기존의 하수암거 관로 조사에서 적용하지 못했던 기술적 성과와 그를 통한 비용절감 등 경제적 성과가 예상된다.

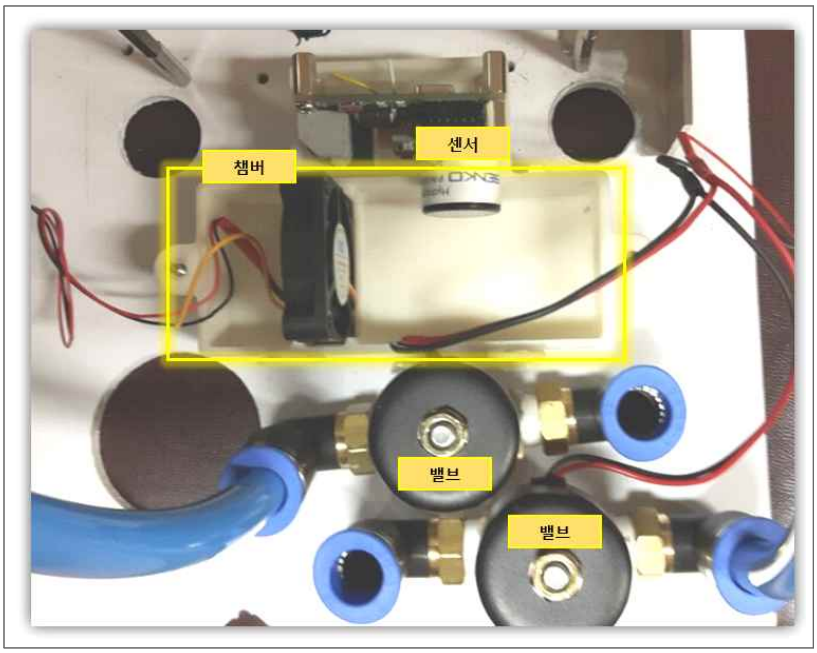
가. 기술적 성과

1) 이동식 황화수소 검측장치 기술

황화수소(H_2S) 검측을 위해 황화수소 감지기를 외부에 노출시키지 않고 자주차 몸체 내부에 별도의 챔버를 구획하고 밸브로 외부 가스 유입을 차단함으로써 밀폐된 공간 안에서 황화수소를 검측가능 하도록 적용

가) 대부분 황화수소 조사는 토구, 맨홀 등 지정된 위치에서 고정식 감지기를 이용하여 검측하기 때문에 실제 황화수소가 고농도로 발생하여도 지정된 위치에서는 이를 감지하지 못하는 경우가 발생함

나) 황화수소는 매우 유독한 물질로 오랜 시간 황화수소에 노출될 경우 치명적인 인명의 피해가 발생하며, 발화점이 낮고 발화범위가 넓어서 폭발의 위험성도 안고 있는 물질로 특히 황산염으로 발전하여 콘크리트를 부식시키는 문제점을 안고 있음



[그림 3-60] 자주차 내부 황화수소 챔버 개방 구조

다) 황화수소 검측 감지기를 외부에 노출시킬 경우 공기 중에 부유하고 있는 황화수소의 농도를 정확하게 검측하기 어려운 문제점이 있어 자주차 내부에 황화수소를 흡입하여 농도를 측정하는 해결방안을 모색함

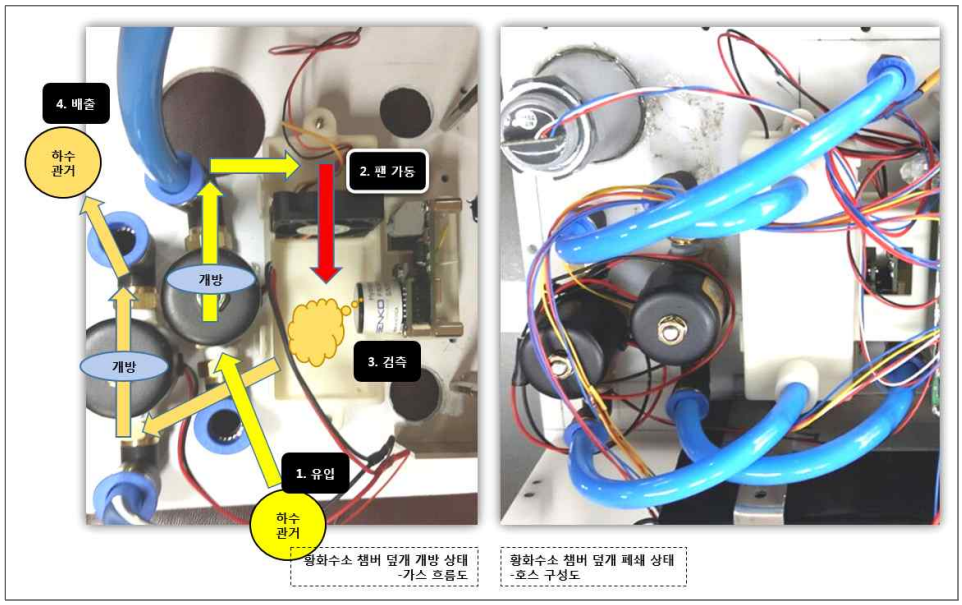
라) 황화수소를 검측 하는 자주차의 경우 황화수소 독성에 부식되지 않는 플라스틱 소재로 만들어져 있으나 내부 구조물의 경우 다양한 소재로 구성되어 있어 황화수소 검측을 위해 내부를 개방할 경우 자주차의 내부에 대한 내구성에 치명적인 영향을 끼칠 수 있음

마) 이를 해결하기 위해 본 신기술에서는 황화수소를 검측 하는 감지기를 포함하는 별도의 챔버를 구획하고 밸브 구성으로 외부와의 가스 유동을 차단하여 완전히 밀폐된 공간에서 황화수소 검측이 가능하도록 하였음.

2) 황화수소 농도측정을 위한 흡기 배기 기술

자주차 내 황화수소(H_2S) 챔버를 밀폐 구획하고 팬(FAN)을 구성하여 하수암거 내 황화수소 가스를 보다 쉽게 챔버로 들어오게 하여 빠르고 정확하게 황화수소를 검측하도록 하는 기술.

가) 황화수소 검측 감지기를 외부에 노출시킬 경우 공기 중에 부유하고 있는 황화수소의 농도를 정확하게 검측하기 어려운 문제점이 있어 황화수소를 흡입하여 농도를 측정하는 해결방안을 모색하였으며, 이를 해결하기 위해 밀폐된 챔버를 구성하였음



[그림 3-61] 황화수소 가스 흐름도 및 호스 구성도

나) 밀폐된 챔버를 자주차 내 구성할 경우 밸브를 열어 외부, 즉 하수암거에 부유하고 있는 황화수소가 자발적인 유동으로 자주차 내 챔버로 스며들게 되기까지는 매우 긴 시간을 요함

다) 이에 본 신기술에서는 하수암거 내 느슨한 형태로 부유하고 있는 황화수소 가스를 빠른 시간 안에 검측할 수 있도록 하기 위하여 팬을 구성하여 팬의 구동을

통해 외기 가스를 강제로 흡입하여 보다 빠르게 농도를 측정함

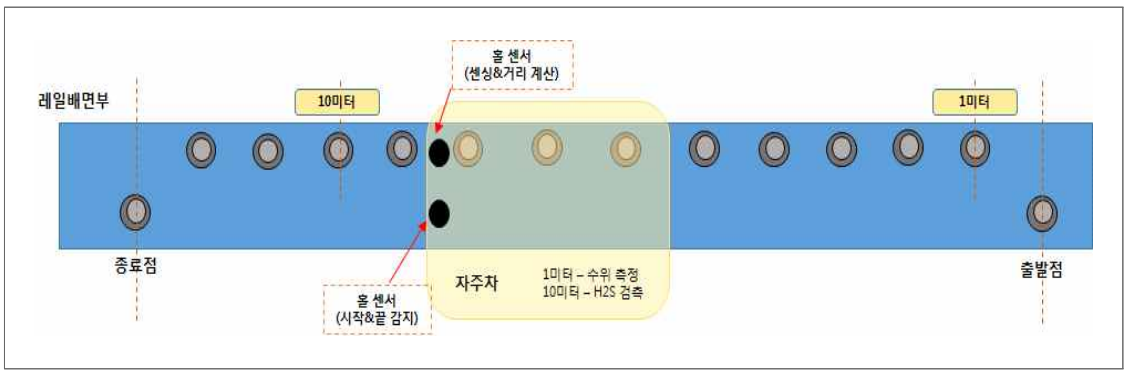
라) 팬은 밸브가 열리면 함께 자동으로 구동하기 시작하며, 15초의 검측 시간이 지나 밸브가 닫힐 때 함께 멈추게 됨.

3) 하수암거 내부에서 정확한 거리를 파악하는 기술

레일에 일정한 간격으로 마그네틱을 부착하여 자주차가 이동시 검측거리를 판단하도록 함으로써 정확한 지점에서 검측이 이루어지도록 하는 기술.

가) 이동하는 자주차를 이용하여 암거내 영상 촬영만 할 경우에는 이동하며 찍은 영상물을 서버로 전송하기만 하면 되기 때문에 큰 문제가 없으나 기존에 고정식에서만 검측하던 수위 또는 황화수소의 검측을 이동하면서 진행하는 것은 다소 고난이도 기술에 속함

나) 이를 해결하기 위해 본 기술에서는 레일 하면에 일정한 간격, 가령 본 실물에서는 1미터 간격으로 마그네틱을 일정한 방향 위치에 삽입하되 10미터 되는 지점에서는 반대편 방향 위치에 삽입하고 자주차가 이를 센싱하도록 함



[그림 3-62] 마그네틱이 장착된 레일과 자주차 저면도

다) 본 기술에서 수위 측정은 1미터 간격으로 이루어지는데 정지하지 않고 이동하면서 초음파 감지기를 이용하여 즉각적으로 수행하며, 황화수소 가스 검측의 경우 검측시 자주차를 멈추어서 15초간 가스를 흡기하고 검측한 뒤 다시 운행해야 하므로 10m 간격으로 검측을 진행함

라) 이를 위해 본 신기술에서는 자주차에 두 개의 홀 센서를 구비하여 한쪽 홀 센서에서는 1미터 간격으로 배치된 마그네틱을 센싱하고 연산하여 10m 지점에서 자주차 운행을 멈추도록 하였으며, 다른 쪽 홀 센서는 레일의 시작 지점과 끝 지점에 기존 1미터 단위 마그네틱의 다른 쪽에 배치된 마그네틱을 감지하여 종료지점임을 인식하고 후진할 수 있도록 하였음

마) 1.0m 간격으로 수위를 측정하고 10m 간격으로 황화수소를 측정함으로써 외부 맵과의 연동에 있어서 정확한 오염 위치를 파악할 수 있어 맵의 정확도를 높일

수 있고 신속한 조치가 가능한 이점이 있음.

4) 도킹방식 무선 탐사장치 배터리 충전 기술

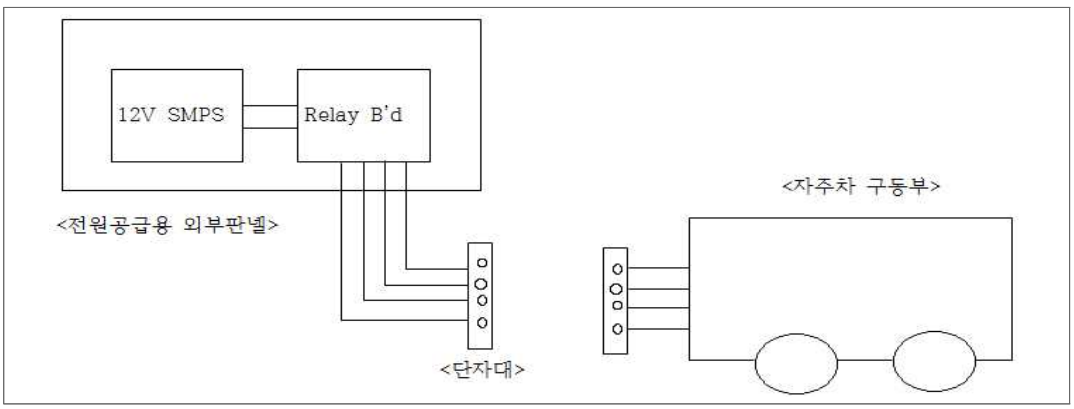
하수암거 상단 레일부에 충전단자를 설치하여 무선자주차가 주행 후 충전이 필요할 경우 충전단자 연결하여 자동 충전이 가능하도록 한 기술.

가) 기존에는 대부분 유선으로 자주차를 암거내에서 이동시키며 탐사활동을 했기 때문에 지상에서의 전원 공급 유무에 따라 주행 자주차의 구동 여부가 결정되었음

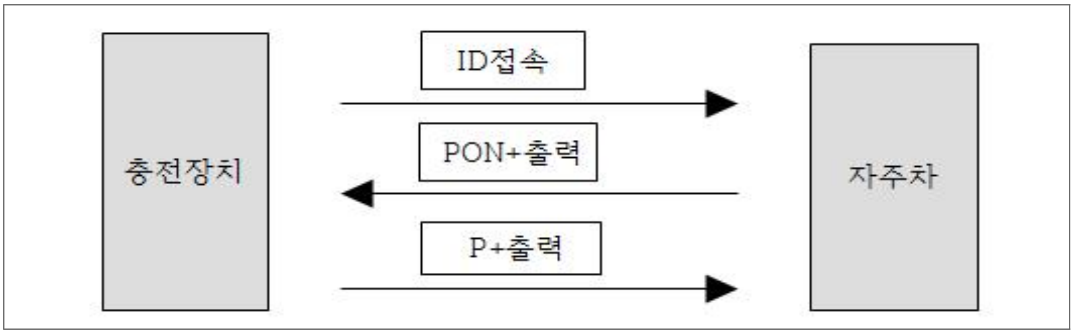
나) 무선자주차는 내부 배터리의 용량에 따라 주행 가능 시간이 결정되는데, 본 기술에서는 무선자주차의 반영구적 운행을 위해 레일 시작부에 배터리 충전단자를 설치하고 자주차의 배터리 잔존 용량이 떨어질 경우 레일 시작지점으로 돌아와 자체 충전이 가능하도록 하였음.

다) 자주차가 충전장치에 접속하게 되면 GND와 ID 단자의 PullDown 신호를 받아 자주차가 충전단자에 접속되엉씀을 인지하고, 자주차에서 5V 신호를 출력하며 충전장치는 릴레이를 구동하여 +12V 전원을 연결하고 충전을 시작함.

라) 충전장치는 충전이 완료되면 PON+ 단자로 0V 신호를 인가받아 릴레이를 구동하여 +12V를 끊고 P+ 단자를 통해 자주차 측으로 충전전원을 차단하여 충전을 종료시킴



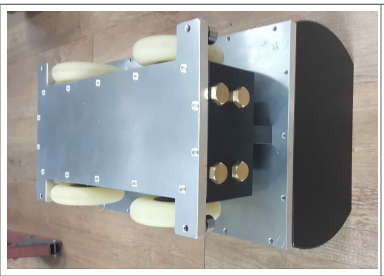
[그림 3-63] 하수암거 내 무선 자주차의 충전장치 구성도



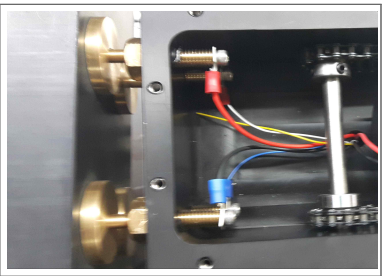
[그림 3-64] 하수암거 내 무선 자주차의 충전공정 진행도



레일 내 단자대



자주차 구동부 단자



구동부 단자 접속

[그림 3-65] 자주차 충전장치 설치 사진

나. 경제적 성과

하수암거 원격탐사장치(자주차)개발은 하수암거 내 내부상태 분석 뿐만 아니라 수위 및 황화수소를 실시간 상시 검측하고, 위험도를 측정 분석 모니터링 할 수 있다. 이를 맵 형태에 위치에 따라 색깔별로 이미지화 하였으며 위험한 상태에 도달할 경우 위험경보를 알리는 하수암거 모니터링에 관한 기술이다.

경제성분석은 인천시 하수암거에 시범운영한 사례를 참고하여 비용을 산출하고, 개발과정에서 필요한 연구비, 재료비 등을 감안하여 경제성을 분석하였다.

1) 설치사례

○ 위　　치 : 인천시 서구 가좌로 12번길 일원

○ 하수암거 크기 : B4.0m × H4.0m

2) 경제성 분석

가) 년간 조사단가 산정

(단위 : 원/m)

구 분		년 간 대 가 산 정	조사단가
기존조사	연 장	•500m×1회/일×22일×9개월=99,000m	3,619
	금 액	•육안조사(CCTV)단가+(유지비/총조사연장) = 3,100원/m · 회+51,396천원/99,000=3,619	
원격탐사 시 스 템	연 장	•500m×2회/일×22일×9개월=198,000m	1,042
	금 액	•(재료 · 설치비+유지비)/총조사연장 = (153,571천원+52,752천원)/198,000=1,042	

나) 현재가치분석

① 현재가치(PV)

○ $PV = \sum_{n=1}^{k} \frac{C_n}{(1+i)^n}$

여기서, PV : 미래비용의 현재가

C_n : n년 후에 발생하는 비용

i : 할인율

k : 설계수명(20년)

② 산정기준

- 대상연장 : 하수박스 500m 기준
- 기존조사(육안조사)
  - 조사비용 : 조사비(3,100원/m · 회), 유지비(유지관리인원 1인)
  - 조사빈도 : 1.1회/월 × 12개월/년
- 원격탐사시스템
  - 조사비용 : 재료 · 설치비, 유지비(통신비, 전력비, 유지관리인원 1인), 대수선비(내구년수 고려)
  - 조사빈도 : 2회/일 × 22일/월 × 12개월/년

[표 3-16] 원가 분석(원격탐사시스템)

(단위 : 천원)

구 분		단위	수량	단가	금 액	내구년수 (년)	비 고
재 료 · 설치비	1. 자주차				33,329		
	자주차본체	개소	1	3,148	3,148	15	
	카 메 라	개소	1	21,900	21,900	8	
	제어보드	개소	1	4,791	4,791	8	
	배 터 리	개소	1	246	246	3	
	통신모뎀	개소	1	370	370	6	
	황화수소계	개소	1	1,643	1,643	10	
	수 위 계	개소	1	1,232	1,232	10	
	2. 레 일	m	500	151	75,282	15	
	3. 서버, 컴퓨터 등	식	1	25,924	25,924	6	
	4. 레일설치비	m	500	29	14,542		
	5. 제 어 반	식	1	4,494	4,494	10	
	소 계				**153,571**		
유지비	1. 통 신 비	개월	12	25	300		
	2. 전 력 비	개월	12	24	288		
	3. 운영인원(1인)	개월	12	4,283	51,396		중급기술자
	4. 경상수선비	%	0.5		768		재료설치비
	소 계				**52,752**		

③ 경제성 분석

- 20년 경제성분석시 동일한 비용이 나타나는 조사수량을 산정한 결과 기존방식 년간 13회 조사대비 본 탐사시스템은 528회의 조사 가능
- 원격탐사시스템 활용시 조사빈도가 높을수록 경제성 효과는 더욱 커짐
- 간접적인 효과로 원격탐사시스템은 실시간 내부환경 검측으로 악취, 침수 등에 대한 사전예방조치가 가능하여 악취민원, 가스 및 홍수로 인한 인명피해 등을 사전에 예방할 수 있음.

[표 3-17] 현가분석

(단위 : 천원)

구분 (년)	할인율	물가 상승률	실질 할인율 (%)	기존방식			금회개발		
	5.5%	3.0%		조사비용	유지비	현재가치	공사비	유지비	현재가치
2018	1.000	1.000	1.000	20,460	51,396	71,856	153,571	52,752	206,323
2019	0.948	1.025	0.972	20,460	51,396	69,813		52,752	51,252
2020	0.898	1.051	0.944	20,460	51,396	67,828		52,752	49,794
2021	0.852	1.077	0.917	20,460	51,396	65,899		52,752	48,378
2022	0.807	1.104	0.891	20,460	51,396	64,025	246	52,752	47,222
2023	0.765	1.131	0.866	20,460	51,396	62,204		52,752	45,666
2024	0.725	1.160	0.841	20,460	51,396	60,435		52,752	44,368
2025	0.687	1.189	0.817	20,460	51,396	58,717	26,294	52,752	64,592
2026	0.652	1.218	0.794	20,460	51,396	57,047	246	52,752	42,076
2027	0.618	1.249	0.771	20,460	51,396	55,425	26,691	52,752	61,277
2028	0.585	1.280	0.749	20,460	51,396	53,849		52,752	39,532
2029	0.555	1.312	0.728	20,460	51,396	52,318	40,698	52,752	68,040
2030	0.526	1.345	0.707	20,460	51,396	50,830	246	52,752	37,490
2031	0.499	1.379	0.687	20,460	51,396	49,385		52,752	36,255
2032	0.473	1.413	0.668	20,460	51,396	47,980	26,294	52,752	52,781
2033	0.448	1.448	0.649	20,460	51,396	46,616		52,752	34,222
2034	0.425	1.485	0.630	20,460	51,396	45,290	93,218	52,752	92,004
2035	0.402	1.522	0.612	20,460	51,396	44,002		52,752	32,304
2036	0.381	1.560	0.595	20,460	51,396	42,751	26,691	52,752	47,265
2037	0.362	1.599	0.578	20,460	51,396	41,536		52,752	30,493
2038	0.343	1.639	0.562	20,460	51,396	40,354	246	52,752	29,764
합 계				429,660	1,079,316	1,148,160	394,442	1,107,789	1,161,098

주 : 할인율(5%), 물가상승율(2.5%)는 가정치임

[표 3-18] 가치분석

(단위 : 천원)

구 분	기존방식(A)	원격탐사시스템(B)	증 감(A-B)	비 고
불변가격	1,508,976	1,502,231	6,745	
20년 현가분석	1,148,160	1,161,098	△ 12,938	

주) 할인율(5%), 물가상승율(2.5%)는 가정치를 적용하여 산정

나. 안전성

기존의 육안검사 또는 고정식으로 설치하여 정해진 곳만 영상 촬영을 하던 방식에서, 원격탐사시스템은 암거내 레일을 설치하고 무선 자주차를 운용하여 수위 측정과 황화수소 검측을 실시함으로써 안전한 모니터링 환경을 구현하였다. 실제 인력투입은 구조적, 수리적 등의 문제 발생시 매우 낮은 빈도로 탐사가 이루어졌으며, 실제 조사시에도 위험도에 대한 대비가 부족하였으나, 원격탐사시스템은 하루 2회 이상 상시 검측으로 암거내 내부상황에 대한 주기적 진단과 대처가 가능해져 하수암거의 건강한 내부환경을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

○ 인력 투입 요소를 제거함으로써 신체적 안전 위험 방지

○ 수위 및 황화수소 검측을 상시 실시함으로써 민원 및 위험 예방

○ 적기에 하수관로 위험상태 대처가 가능하여 건강한 하수관로 유지

○ 색깔별로 만수 정도 및 황화수소 농도를 보여주어 손쉬운 대처 가능

○ 맵과의 연동으로 위험 상황 발생시 주변 발생원 신속 대처 가능

또한, 산업안전보건법에서는 맨홀, 정화조, 우물, 터널, 암거 등 17개 장소를 '밀폐장소' 로 규정하고 있으며, 이곳에서 작업하기 위해서는 반드시 주변 공기를 측정하여 산소 18% 이상, 메탄가스 10% 이하, 황화수소 10ppm 미만, 일산화탄소 30ppm 미만 등 4가지 수치가 기준치에 부합하는지 확인해야 한다.

밀폐된 공간에서 작업시 질식재해 사고는 일반 사고재해보다 사망가능성이 50배 이상 높은 것으로 알려지고 있으며, 최근 5년간(2010~2014년) 질식재해자 178명 중 사망자는 90명으로 50.6%의 사망률을 보이고 있다. 또한, 지난 10년(2002~2012년)간 질식 사망자 발생 현황을 보면 전체 171명 가운데 맨홀(하수관거)에서의 사망자가 전체의 26%를 차지하며 가장 높은 수준의 위험도를 보여주고 있으나 본 원격탐사시스템은 이러한 질식재해를 예방에 충분히 기여할 수 있는 기술이다.



출처 : 고용노동부 보도자료(2012.06.04.)

[그림 3-66] 최근 10년간 질식 사망자 현황

제4장 목표 달성도 및 관련분야 기여도

1. 목표 달성도

가. 기술의 우수성 및 차별성

기존하수암거는 육안조사 및 유선CCTV를 활용하여 내부조사를 시행하였으나, 본 탐사시스템은 육안조사를 대체할 기술로 개발하였다.

하루 최대 2회를 주기적으로 왕복하여 하수BOX 내부상태(균역, 파손, 퇴적 등)를 관찰하며, 부가기능으로 황화수소계는 부식환경 및 조사환경 예측, 악취민원 예방에 기여하고 수위계를 통한 통수능력 예측, 홍수로 인한 침수예방 등에 활용할 수 있도록 설비를 추가 탑재하였다.

[표 4-1] 기존기술과의 비교 · 검토

항 목	원격탐사시스템	기존 조사 방식		비 고
		육안조사	유선CCTV	
조사대상	사각BOX	D1,000㎜ 이상	D1,000㎜ 미만	
조사주기	최대2회/일, 자동충전	필요시	필요시	충전배터리 내장
주행거리	최대 2km	-	200m	
조사항목	관로내부상태 및 황화수소 · 수위측정	관로내부상태	관로내부상태	
조사방식	무인, 무선 레일용 무선탐사장치 활용	인력직접투입	유인, 유선 자주차활용	레일설치 장소만 조사 가능 (장 · 단점)
거리측정	레일내 마그네틱 (1m간격)	인력, 수동	바퀴구동	
DB방법	실시간 동영상 및 Data자동입력	사진 or 동영상 수동입력	동영상 자동입력	
운영서버	원격모니터링	-	현장모니터링	

나. 목표 달성도

⑴ 연구개발 성과

(가) 목 표

하수암거 원격탐사시스템 장치 개발

(나) 목 적

재난 · 재해 관리를 위한 하수암거 원격탐사 시스템은 우수관이나 합류관 등의

하수암거 내부 천정에 통신장치와 이송용 가이드레일 등을 설치하여, 그 레일에서 운행되는 무선이동식 원격탐사장치를 통해서 영상 및 수위, 황화수소 농도 데이터를 취득하고 이를 실시간으로 디스플레이 할 수 있는 원격 모니터링 시스템으로 상시 감시 환경을 제공한다.

(다) 성능목표

이송용 레일장치, 원격무선탐사장치, 충전 장치 및 유기전력 발생장치, 데이터 전송을 위한 무선 Interface, 데이터 통신 패널 등을 개발하여 자체 장비성능 검증 및 공인기관 시험을 수행하였다.

[표 4-2] 목표 및 달성도

성과지표	목표치	평가방법	달성도
이송용 레일 장치	• 내부식성 레일 개발 • 레일연결 접속장치 • 이물질 방지용 커튼	• 내부식성 경량 재질 • 자주차 주행 및 구동 상태 확인 • 레일 접속부 접속일치 확인 • 이물질 방지용 브러쉬 커튼 장착 확인	100%
무선 탐사장치	• 이송용 구동 장치 • CCTV 카메라 개발 • 황화수소 측정장치 • 수위 측정 장치 • 무선 통신 장치	• 15m/min이내의 속도로 주행가능 여부 확인 • CCTV카메라 PTZL기능 확인 • 활화수소 측정기능 이상유무 확인 • 수위측정기능 이상유무 확인 • 무선 중계 장치(Wi-Fi)와 자주차에 적용된 무선모듈 간에 상호 200m 거리에서 무선 통신 상태 확인 · 점검	100%
유기전력 발생장치	• 유기전력 발생 코어 • 코어용 트레일러	• 유기전력 발생 여부 확인 • 레일상에서 트레일러 이송 확인	100%
배터리 충전 장치	• 충전전원 공급 장치 • 충전 스테이션	• 10시간이내 100%충전 여부 확인 • 충전 스테이션과 자주차 충전 단자 접속 여부 확인	100%
전원 및 통신패널	• 전원 공급 장치 • 인터넷 모뎀 • 무선 중계장치	• 원활한 전원 공급 여부 확인 • 인터넷을 통한 원격제어 확인 • 무선중계기 통신 상태 이상유무 점검	100%
운 영 소프트 웨 어	• 통신 프로그램 • 웹 프로그램 • CCTV영상 뷰어	• 데이터 송수신 및 데이터 베이스 구축 확인 • 웹 프로그램 기능 동작여부 확인 • 카메라 PTZL원격제어 확인 • 카메라 실시간 영상 전송 확인	100%

2. 관련분야 기여도

가. 기술적인 측면

- 기존 CCTV 카메라를 가지고 현장에 직접들어가 조사를 하는 방식은 실제 거리와 달리 화면에 나타나고 조명의 조도에 따라 상태평가의 정확도가 달라질 수 있다.

[표 4-3] 관련 분야 기여도

개발 항목	개 발 전	개 발 후	기여분야
원 격 무 선 자주차 개 발	• 하수박스는 자주차 촬영 불가 육안조사 시행 (토사퇴적, 협잡물 등 조사 장애, 촬영거리 제한, 촬영 사각지대 발생) • 강우시 촬영 불가 • CCTV조사는 ϕ1000㎜ 미만 유선 조사, 거리 200M 제한	• 무인원격탐사장치를 이용한 상시조사 가능 • 천정에 레일 설치로 하수박스 전체 촬영 지원 • 협잡물, 냄새 등에 무관하게 관로 조사 가능 • 하수박스 실시간 모니터링, dB구축 • 강우시 만수위 전까지 촬영 가능 • 무선으로 촬영거리 최대 2Km 효율성 확보	• 강우시나 협잡물들의 촬영 곤란한 지역 상시 조사로 dBASE 구축. • 장거리 관로조사 지원 • 싱크홀 및 관로 부식 상태 조사 지원 • 촬영 불가능 관로 지술적인 문제해결. • 무인시스템을 이용한 안전사고 예방
계 측 장 비 부 착	• 관로내부 구조적 상태 조사 • 고정식 장비로 수위 및 황화수소 및 측정	• 천정이동형 탐사로 관로상태 및 황화수소, 수위를 거리별 측정 지원	• 연속적, 장기간 dB 관리로 침하, 홍수 및 악취 민원에 대한 사전 대응 가능
경제성 및 연속성	• 대형관로는 필요시 일부만 육안조사 • 전수 조사가 불가능한 관계로 관로운영 및 부식 등으로 인한 막대한 경제적 손실 우려	• 초기 투자비는 들어도 대형관로 조사 가능 • 구조적, 환경적부분에 대한 초기 대응으로 사회 · 경제 · 환경적 분야에 대한 안전사고 및 경제적 손실 예방	• 싱크홀 예측 및 조사 • 내부 상태수시점검으로 협작물, 퇴적물 사전 제거로 인한 침수 예방 • 황화수소에 의한 관로부식 조기 발견

- 본 탐사시스템은 일정한 속도로 주행하면서 관로 전방화상과 관로내면 360° 화상을 실시간 연속적으로 측정하기 때문에 상태 평가의 정확성과 안정성을 기할 수 있다.

- 또한, 협잡물 및 퇴적물, 악취, 수위의 변화 등으로 조사가 곤란한 지역에 관계없이 실시간 일정한 간격으로 화상정보와 황화수소, 수위 등을 측정하여 원격으로 정보를 수집 dBASE 할 수 있는 체계를 갖추었다.
- 본 탐사시스템은 하수박스 외에도 도시 기본 시설망인 공동구에도 응용 적용할 수 있는 기술로서 지하 구조물관리에 새로운 패러다임으로 자리 매김할 것으로 판단된다.

나. 사회 · 경제적인 측면

- 본 연구개발 결과를 현장에 적용하게 되면 영상 및 탐사 정보를 dBASE와 연계하여 관리하게 됨으로서 안정적이고 신뢰성 있는 정보를 기초로 활용도를 증대 시킬 수 있으며, 관로의 매설에서부터 경년에 따른 관로의 노화 및 변화를 감지하여 시설물 유지관리에 많은 정보를 제공하는 등의 무형의 경제적인 효과를 유발, 사회 안정성 확보에 크게 증진 될 수 있을 것으로 판단된다.
- 또한, 지하매설물에 대한 정보 연계성, ICT분야에 대한 각종 컨텐츠를 공유함으로서 관련 산업분야에 시너지 효과를 유발하고 사회 근간 시설의 정보화, 첨단화에 기여 할 것이다.

제5장 연구 개발 성과의 활용 계획

1. 현장 적용 방안

가. 개 요

하수암거(BOX)에 원격탐사시스템을 적용하게 된다면 매우 경제적인 관리방안이 될 것으로 판단된다. 신설 하수암거는 초기 부설시 적용하면 더욱 경제적으로 설치가 가능하며 기존 하수암거도 대형장비없이도 설치가 용이하도록 개발하였다.

본 연구를 통하여 개발된 원격탐사시스템을 활용하면, 사람이 관거내부로 직접 관로에 들어가 조사를 하는 불편함과 내부 환경질로 인한 조사의 어려움, 주기적 조사로 이어질 경우 경제적인 문제가 대두될 수 밖에 없는 각 지자체의 하수암거, 공동구 등에 이를 적용할 경우 새로운 영역으로 자리 매김할 수 있다.

나. 활용방안

(1) 하수암거

가) 하수암거 시설현황

○ 2014년말 기준 전국의 하수암거 중 하수BOX가 차지하는 비율은 약 7.6%인 10,157㎞에 이른다.

[표 5-1] 하수암거 시설연장

구 분		시설연장(㎞)				사각형 비율
		계	합류식	분류식(오수)	분류식(우수)	
전 국	전 체	132,680	44,601	51,813	36,266	-
	사 각	10,157	5,691	357	4,109	7.6%
시도별 사각형 현 황	서 울	1,382	1,342	3	37	13.1%
	인 천	532	332	30	170	10.9%
	부 산	1,015	694	14	307	12.3%
	경 기	1,592	697	67	828	6.3%

자료 : 환경부 하수도통계(2014)

나) 하수암거 적용범위 검토

○ 기존 하수암거 적용범위는 통수능 검토시 적용하는 하수BOX 만관수심 90%와 탐사시스템 전고(25㎝)를 고려하여 하수BOX 적용 규격을 결정

하수BOX 내부높이 **2.5m이상**을 사업대상 연장으로 설정	➡	**전체 시설연장의 20%로 추정 ≒ 2,000㎞**

○ 신규 택지개발지구, 산업 · 농공단지 조성구간 내 신설 하수BOX

○ 하수관거 정비사업을 통한 개량 및 신설되는 하수BOX 등

다) 노후하수관 관리

○ 각종 정밀진단사업 및 최근 도로함몰 사고를 예방하기 위하여 자치단체별 노후 하수관로 정비사업 투자 활성화로 조사분야 활성화 기대

[표 5-2] 노후 하수관로 정비 연차별 투자계획(서울시)

구 분		계	2014	2015	2016	2017	2018
노후하수관 조사	연장(km)	2,900	180	680	680	680	680
	사업비(억원)	303	31	68	68	68	68
노후하수관 보강	연장(km)	964	104	200	210	220	230
	사업비(억원)	10,583	1,183	2,200	2,300	2,400	2,500

자료 : 서울시 도로함몰(싱크홀) 특별관리대책(서울시 도시안전실, 2014.08.)

2) 공동구

○ 지역적으로 확산되고 있는 난방용 공급 및 회수 열배관 실시간 감시

○ 복합 공동구 내 배관 감시

[표 5-3] 서울시 공동구 시설현황

구 분	시설연장(km)
지역난방공동구	32.8
복합공동구	36.5



지역난방공동구



복합공동구

자료 : 서울시 시설관리공단(2014)
주 : 복합공동구는 수도, 전기, 통신관 등을 하나의 공동구에 동시 매설함 것을 말함

2. 실용화, 제품화 방안

가. 활용방안

⑴ 그동안 대형 하수암거는 교통통제, 악취발생, 관로내 하수 등으로 관로 조사가 불가능하여, 일부 국지적으로 육안 조사를 시행하고 있었으나, 본 기술이 실용화 될 경우 새로운 시장을 개척할 수 있을 것이다.

⑵ IT기술 기반으로 카메라, 자주차, 레일, 영상 원격전송기술, 웹 모니터링 기술 등을 이용하여 제품화함으로서 국내는 물론 해외 신도시 건설 등에 적극적인 적용이 가능하다.

⑶ 하수박스 상부에 이동식 레일을 설치하면 우수, 합류식박스의 상시 조사가 가능하고, 특히 강우시 수위에 따른나 유량 변화 등에 대한 자료를 획득할 수 있어 도시기반시설인 하수암거의 안전성에 크게 기여할 것으로 예상되며, 실시간 악취모니터링으로 사전 민원 차단으로 도시주거 환경개선에 크게 기여할 것으로 생각된다.

나. 적용성

⑴ 현재까지 우수·오수암거 조사가 소형관로의 내부상태(퇴적, 침하, 균열 등)에 따른 개·보수 중심으로 시장이 형성되어 있고 대형 암거의 경우 사람이 직접 비디오카메라를 암거내로 가지고 들어가서 조사하는 방식으로, 여러가지 한계성을 가지고 있었으나, 대형암거에 안정적으로 운용할 수 있는 기술을 개발함으로서 기존에 조사가 어려웠던 강우시 수위상승과 협잡물, 퇴적물 등의 내부변화에 관계없이 상용화 할 수 있다는 점이 매우 유용하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

⑵ 원격모니터링 시스템이 개발됨으로서 이를 응용하여 도시 중요시설물인 공동구 등에 응용 적용할 수 있는 토대를 마련하였다. 특히, 전기·통신 등 공동구의 안전성에 능동적으로 대체할 수 있는 기술이 축적으로 발전된다면 앞으로 하수암거 뿐만 아니라 새로운 분야에 적용할 수 있는 계기가 마련된다는 점에서 매우 큰 의미가 있다.

다. 후속 연구 개발의 전망

1) 관로내 영상 취득시 고해상도 카메라, 파노라마 카메라 등을 활용해서 기존의 CCTV조사 방식과의 차별성이 있는 디지털 영상을 확보한다면 더 정확하고 세밀한 변화도 추적이 가능할 것으로 판단된다,

2) 지하시설물에 대한 안정성을 상시로 분석하기 위하여 영상 인식시스템 등을 적용하여 자동으로 이상 구간 및 구조물의 안정성 분석이 가능한 시스템으로 확장시킬 필요가 있으며, 적외선, X-Ray, 초음파 등의 범용기술을 적용하여 구조물의 안정성 분석의 정확도를 높일 수 있는 시스템으로 개발할 필요가 있다.

3) 다양한 형태 및 규격의 하수암거에 적용될 수 있도록 연구를 진행하였으나 현재 단계에서는 일정규모 이상에만 적용될 수 있는 한계성을 가지고 있으므로, 향후 장비 내부 설비의 집약화를 통한 초소형화와 곡선주행이 가능한 모델로의 추가 개발을 위한 지속적 연구 수행 필요할 것이다.

4) 국가지리정보체계(NGIS)등의 연계하여 자료와 같이 공유한다면, 기존에 구축된 정보의 활용도를 증대시키고, 예산 운용의 효율성을 기할 수 있을 것으로 생각된다.

5) 현재 조사영역에 한정되어 있는 본 연구기술을 더욱 확장하여 조사와 보수·보강이 동시에 수행할 수 있는 기술 확보시 경쟁력의 상승효과를 가져올 수 있을 것이다.

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

금회 연구 수행과정에서 수집한 해외과학기술 정보는 [표 6-1]과 같으며, 이 중 1, 2번에 대한 정보를 소개하고자 한다.

[표 6-1] 해외기술정보

연번	년도	저 자	제 목
1	2008	Amir A.F.NASSIRAEI, Ahmad GHADERI, Kazuo ISHII	• A Novel Approach in Correcting the Tilt Angle of a Special 2D-Pipe Inspection Robot Platform using Material Morphology.
2	2007	Amir A.F.Nassiraei, Yoshinori Kawamura, Alireza Ahrary, Yoshikazu Mikuriya, Kazuo Ishii.	• Concept and Design of A Fully Autonomous Sewer Pipe Inspection Mobile Robot "KANTARO"
3	2002	Olga Duran, Kaspar Altogether, Lakmal D. Seneviratne.	• Automated Sewer Pipe Inspection through Image Processing
4	2007	Mike Birdcall, Nicolau Sevciuc, Carlos Madureira.	• Internal Ultrasonic Pipe & Tube Inspection - IRIS

A Novel Approach in Correcting the Tilt Angle of a Special 2D-Pipe Inspection Robot Platform using Material Morphology

Amir A. F. NASSIRAEI, Ahmad GHADERI and Kazuo ISHII

Kyushu Institute of Technology
2-4 Hibikino, Wakamatsu-ku,
Kitakyushu City, Fukuoka 808-0196, Japan
Nassiraei@brain.kyutech.ac.jp

The development of 2D-pipe inspection mobile robots requires design and development of a mobile robot platform equipped with the required sensors using for their navigation and their motion control inside of pipe. Correcting the robot tilt angle autonomously, without human interaction, can play an important role in simplification of the pipe inspection process in case of that the robot is derived inside of pipe networks including different types of pipe-bends such as curves and junctions. In this paper, after introducing a 2D-patented pipe inspection mobile robot platform, called "naSIR platform", we will describe, in detail, our novel approach in controlling of the developed robot platform tilt angle. The passive tilt correction of "naSIR platform" is accomplished by applying special wheel design in form of material morphology. The basic idea is inspired from robot-environment interaction and realized by applying different material for the rear robot wheels.

Key Words: Robot Platform, Inspection Pipe, Tilt angle, Material morphology

1. Introduction

Inspecting different types of pipes lines (such as nuclear power plants, chemical plants, and gas plants specially sewage pipes) using the state of the arts inspection methods by the current commercial cable-tethered robots is costly, mostly human cost, and not fast enough to check and inspect the amount of pipes lines will grow stronger than it has actually happened, specially in developed countries (In case of sewage pipe: [1], [2]). In order to realize inexpensive and effective inspection system, autonomous / semi-autonomous pipe inspection robots are introduced to improve the inspection efficiency by reducing the time and manpower of the inspection process. The development of such kind of pipe inspection robot requires design and development of a mobile robot platform includes sensors to warrant their safe navigation and their motion control inside of pipe networks including different types of pipe-bends such as curves and junctions (In case of sewage pipe: [3]). There is a number of efforts and researches in developing robots with autonomous / semi-autonomous function capability (e.g. "PIRAT" for the quantitative and automatic assessment of the sewer condition [4], "Pipe Rover/Pear Rover" for water filled pipes and ducts developed in 1996 [5-6], "KURT" [7] and "MAKRO" [8] two robot platforms designed for autonomous navigation in roughly cleaned sewer pipes in German). Regard to realize an effective and safe inspection method, especially in case of autonomous systems; the correcting tilt angle of the robot inside of the pipe can be counted as one of the critical issues in the robot control and navigation. In point of reliability and commercialization of a pipe inspection robot platform, automatic tilt angle control can play an important role to make freeing operator from this crucial control task [9]. In most cases the robot sensory system includes inclinometer sensors and the robot is able to automatically correct for tilt in its pose and wheel slippage using an on-board control program. The control of tilt angle is realized by changing of the robot speed wheels related to each others. The tilt correction program can be affected by the shape and material of the pipe lines or the type of moving mechanism which the robot platform is designed based on it.

In this paper, after introducing a 2D-patented pipe inspection mobile robot platform, called "naSIR platform", we will describe our novel approach in controlling the tilt angle of the developed robot platform, in details. The passive tilt correction of "naSIR platform" is accomplished by applying special wheel design in form of material morphology. The basic idea is inspired from robot-environment interaction and realized by applying different material for the rear platform wheels.

2. "naSIR mechanism" and "naSIR Platform"

With regard to the current pipe inspection technologies, all commercial robots are capable to move in straight pipes but not any kind of pipe-bends. However, because of the high range of pipe-bends in the pipe networks, pipe-bends pose one of biggest issues for these kinds of robots. Design a robot that can move into the straight pipes and pass pipe-bends will be a great industrial progress in pipe inspection industry. There have been a number of efforts and researches to develop a robot with capability of passing the pipe bends. Most of these robots, such as MAKRO or Pipe Rover/Pear Rover mentioned in the introduction, have a complex mechanism and several sensors for detecting the pipe bends and pass them. These complexities in mechanism and data processing makes not easy to realize reliable commercial products.

In this section we briefly describe a special patented pipe inspection mechanism called "naSIR mechanism" developed for driving in 2D-pipe sewer network [10]. "naSIR mechanism" is a passive-active intelligent, compact and

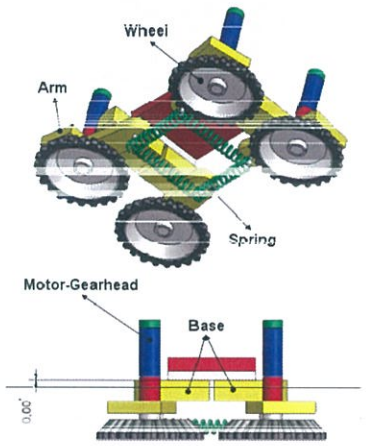


Fig. 1 naSIR mechanism has four wheels parallel with horizontal level which they are connected to the four arms and each arm is jointed to the base plate, independently, and they connected to each other by using four springs.

novel moving mechanism that it can move into the straight pipes and passes different kinds of pipe bends without need to specific intelligence of the controller or sensor reading. The design is based on the concept of passive adaptation of the robot wheels to the bends in the pipe. This is accomplished by proper wheels orientation and passive damping of springs [11]. naSIR mechanism compare with most of inspection robots which have a moving mechanism with four, six or more vertical wheels, has four horizontal wheels connected to the four arms (Fig. 1). Each arm-wheel is jointed to the platform independently and they connected to each other by using four springs. naSIR mechanism, including this special and simple suspension system, has a smooth and robust movement while passing a curve or junction. In addition, naSIR mechanism, because of its special morphology, has intelligence in selecting the correct

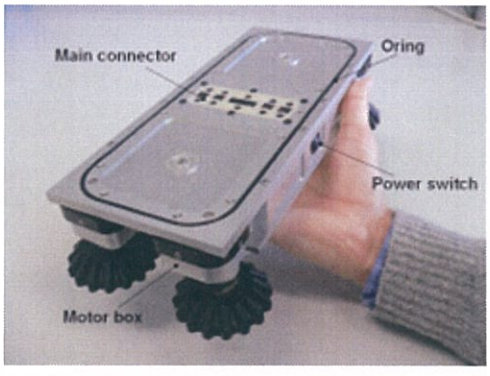


Fig. 2 The developed autonomous mobile platform, called "naSIR platform". "naSIR platform" includes "naSIR mechanism", a battery pack, and a switch on/off can be presented as a stand-alone mobile robot platform that it can move inside a sewer pipe network same as water flowing direction with no need any computing equipment.

direction of its motion same as water flow direction with no control or sensor reading [12], [13]. In addition, this moving mechanism has capability to pass the different size of pipes in diameter even from a bigger diameter pipe to smaller diameter and also can pass a small obstacle and go down a small step [13].

Fig. 2 illustrates the developed pipe robot platform, called "naSIR platform". "naSIR platform", includes "naSIR mechanism", a battery pack, and a switch on/off can be presented as a stand-alone mobile robot platform that it can move inside 2D-pipe networks and passes wide variety of the pipe bends even without controller for the wheels. This mechanism was improved by changing the wheels orientation from 0 degree to 5 degrees with respect to the horizontal level. In this approach, "naSIR platform" has a more smooth motion in T-junctions and also it is capable to move on the flat surfaces.

3. Experiment and existing problem

We We evaluated the performance of "naSIR mechanism" by driving "naSIR platform" (See Fig. 2) in a sewer test field, in our laboratory, which is made by PVC material with a diameter ranging from 200 to 300 mm. This test field, including a T-Junction, a Y-Junction, six 90 degrees curves, small steps, and also navigational landmarks such as manhole, inlets and pipe joints, can present as a sample of real world sewer network in Japan. "naSIR platform" is able to move in this mockup sewer network, up to 4 hours with one battery pack, charged in advance, with no specific control or stocking in the pipe bends and steps. In addition, because "naSIR platform" has a low center of gravity, it tends to be stable regard to its tilt angle while it moves into the pipe network. But in case that the platform equipped with different sensors and computing equipments using for autonomous pipe assessment and damage detection [14] (Fig. 4: KANTARO robot consists of "naSIR platform" and the upper box) , the robot has higher center of gravity and its tilt angle increasing during driving the robot inside of the pipe line. As described in introduction, control of tilt angle requires inclinometer sensors and an on-board control program. The main question in this concept is that which kind of control algorithm is proper and sufficient for correction of KANTARO robot tilt angle. We test several methods to adjust the robot tilt angle. To explain the tested methods it is assumed that the robot has a positive angle with respect to the horizontal level (α° angle in Fig. 4) and we look from back to the robot. We evaluated the following six possible controlling methods using simulation and driving KANTARO in real sewer pipe network and try to correct the robot tilt angle from α° to zero degree. The results of simulation and real test are described after each controlling method as follows:

a) *First method:* Changing the speed of the right wheels higher than the left wheels. *Results*: α angle will increase faster than the case that the robot wheels have the same speed.

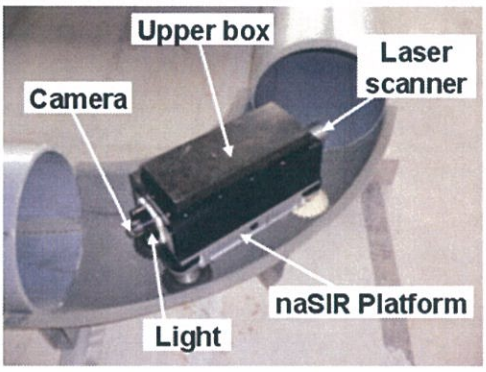


Fig. 3 The developed fully autonomous mobile robot consists of "naSIR platform" and "Upper box". Upper box, itself, includes the necessary electronics and sensors, such as light, camera, image recorder, lase scanner and so on, for damage detecting and assessing the pipe state [13].

b) *Second method:* Changing the speed of the right wheels lower than the left wheels. *Results:* α angle will not increase but also not decreasing and the robot has unstable motion.
c) *Third method:* Changing the speed of the Left-rear and the right-front wheels higher than the right-rear and the left-front wheels. *Results:* No change in α angle and also in this case the robot has unstable motion.
d) *Fourth method:* Changing the speed of the Left-rear and the right-front wheels lower than the right-rear and the left-front wheels. *Results:* Results is same as of the third control method.
e) *Fifth method:* Changing the speed of the rear wheels higher than the front wheels. *Results:* Robot has stable condition but case by case depends on the friction condition; the robot can not adjust its tilt angle to zero.
f) *Sixth method:* Changing the speed of the rear wheels lower than the front wheels. *Results:* Robot has more stable condition compare with fifth method but case by case depends on the friction condition: the robot needs long time in adjusting its tilt angle to the zero.

By comparing the six presented control methods in above, it is clear to realize that the sixth method has the best performance in correction of the robot tilt angle and it can be applied for the robot motion control. But in pint of safety, reliability and commercialization of the robot, this control method has two main constraints: First, the response of the robot in correcting its tilt angle in this method is not enough fast as we have expected for the robot as a commercial product and second, if the inclinometer sensor data gets incorrect for any critical reasons the robot has high possibility to tilt over during its motion inside of the pipe network.

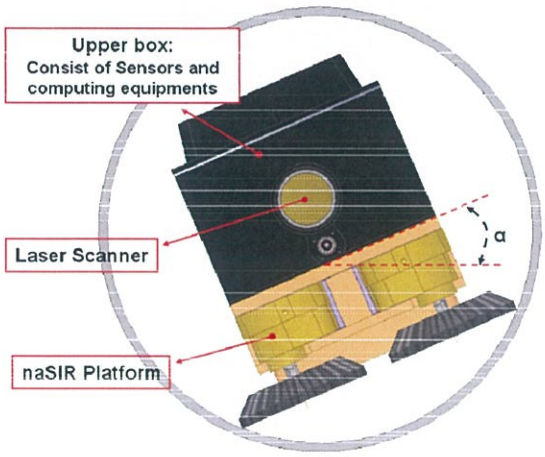


Fig. 4 The figure shows the back view of the robot inside of a pipe. It is assumed that the robot has a positive angle (α) with respect to the horizontal level in the beginning of its motion into the pipe.

4. Passive correction of "naSIR platform" tilt angle

The passive tilt correction of "naSIR platform" is accomplished by applying special wheel design in form of material morphology. The basic idea is inspired from robot-environment interaction and realized by applying different material (low friction material such as aluminum) for the rear robot wheels. For easy understanding about the basic of this idea, assumed a platform is located in a pipe interior and its four horizontal wheels manufactured by a low friction material (Position #1 in Fig. 5). If we change the orientation of the platform from position #1 to position #2

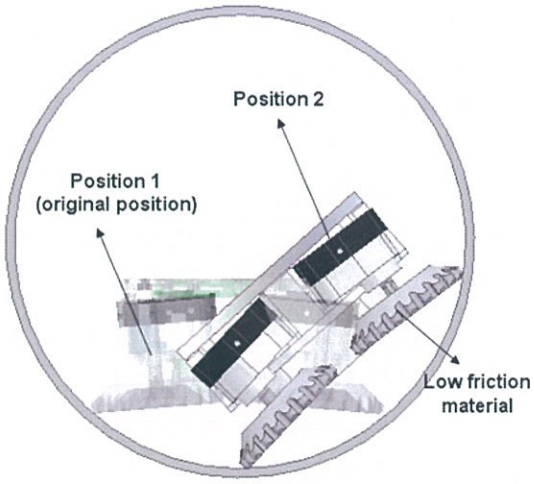


Fig. 5 This figure shows "naSIR platform" in two different postures inside of the pipe. Because of the low friction between the wheels and the pipe wall, the platform has the tendency to back to its original position by its gravity.

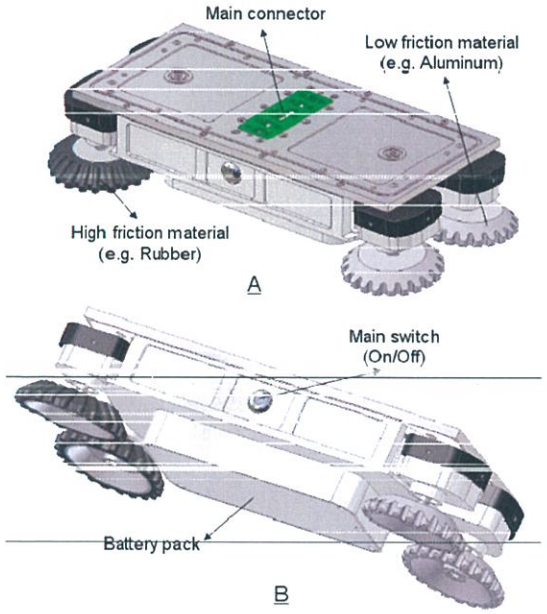


Fig. 6 The passive tilt correction of "naSIR platform" is accomplished by applying special wheel design in form of material morphology. The basic idea is inspired from robot-environment interaction and realized by applying different material (low friction material such as aluminum) for the rear robot wheels.

and release it, because of the low friction between the wheels and the pipe wall the platform has the tendency to back to its original position by its gravity. In another expression, the platform tilt angle adjusted by its gravity. As already known using the four wheels made by low friction material is not practical solution, because in this case the robot has much wheel slippage and it can not go as fast as it should be moved. Therefore, we proposed to have low friction material, only, for mechanism rear wheels (see Fig. 6-A). In this consideration "naSIR mechanism" can keep and correct its tilt angle passively during its motion into the pipe network. Also we found out that a low speed of the back wheels compare with the front wheels (6^{th} method mention in previous section) can make faster response of correcting of tilt angle when initially we put the robot not horizontally into the pipe. Then we made rear wheels smaller than the front wheels to realize this idea without any control on the wheels speed.

5. Conclusion

In this paper, "naSIR mechanism" is introduced as a passive-active intelligent, compact and novel moving mechanism that it can move into the straight pipes and passes different kinds of pipe bends without need to specific intelligence of the controller or sensor reading. In consequence, "naSIR platform" is presented as a stand-alone mobile robot platform that it can move inside a sewer pipe network same as water flowing direction with no need any computing equipment. "naSIR platform", consists of "naSIR mechanism", a battery pack, and a switch on/off . The main topic, which we focused on it in this paper, is a novel approach in controlling the tilt angle of the developed robot platform. The passive tilt correction of "naSIR platform" is accomplished by applying special wheel design in form of material morphology. The basic idea is inspired from robot-environment interaction and realized by applying different material (low friction material such as aluminum) for the rear robot wheels.

6. Acknowledgments

This research was partly supported by a grant of Knowledge Cluster Initiative implemented by ministry of Education, Culture, Sports, Science and technology. We thankfully acknowledge the cooperation with our previous partner: Yaskawa Electric Co., Kyushu Keisokuki co., Nihon Tecmo Ltd., FAIS robotics development support office and, the Organization for Small & Medium Enterprises and Regional Innovation, Japan (SMRJ).

References

[1] HmbAbwG, Hamburgisches Abwassergesetz, Hansestadt Hamburg, Germany, 24. July 2001.
[2] Japan Sewage Works Association, Shokibo gesuido keikaku, sekkei, iji kannri shishin to kaisetsu, Japan Sewage Works Association, Japan, 1900.
[3] Steinbeis K.K., Report on Market Study of the Sewage Robot in Japan, Kitakyushu foundation for the Advancement on Industry, Science and Technology, Japan, 2002.
[4] G.Cambell, K.Rogers and J.Gilbert, "PIRAT-A system for quantitative sewer assessment", 2nd International No-Dig Conference (No-Dig '95), Hamburg, pp. 455--462, 1995.
[5] R.Bradbeer., "The Pearl Rover underwater inspection robot", In Mechatronics and Machine vision, J.Billingsley (ed), Research Studies Press, UK, pp. 255--262, 2000.
[6] R.Bradbeer, S.O.Harrold, B.L.Luk, Y.Li, L.F.Yeung, and H.W. Ho., "A mobile robot for inspection of liquid filled pipes", Workshop on Service Automation and Robotics, City University of Hong Kong, June 2000.
[7] F.Kirchner and J.Hertzberg, "A prototype Study of an Autonomous Robot Platform for Sewerage System Maintenance", Autonomous robots 4, pp. 319--331, 1997.
[8] E.Rome, J.Hertzberg, F.Kirchner, U.lichet, H.streich and Th.Christaller, "Towards Autonomous Sewer robots: The MAKRO project", J.Urban Wate, pp. 1:57--70, 1999.
[9] H.B.Kuntze, D.Schmidt, H.Haffiner and M.Loh, "KARO-A flexible robot for smart sensor-based sewer inspection", 12 International No-Dig conferences, pp. 367--374, 1995.
[10] "Mechanism of movement inside of the pipes and mechanism of pipe inspection," Inventor: Amir A. F. Nassiraei, Japan Patent No. 2005-17384, January 2005.
[11] Amir A. F Nassiraei, Y.Mikuriya, K.Ishii, naSIR: "A Novel Passive-Active Intelligent Moving Mechanism for Sewer Inspection Robots," Proc. ASME IMECE2006, 2006.
[12] Amir A. F. Nassiraei, Yoshinori Kawamura, Alireza Ahrary, Yoshikazu Mikuriya, and Kazuo Ishii, "A New Approach to the Sewer Pipe Inspection: Fully Autonomous Mobile Robot "KANTARO"," Proc. Of IEEE IECON, pp. 4088, 4093, 2006.
[13] Amir A. F. Nassiraei, Yoshinori Kawamura, Alireza Ahrary, Yoshikazu Mikuriya, and Kazuo Ishii, "Concept and Design of A Fully Autonomous Sewer Pipe Inspection Mobile Robot "KANTARO"," Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) Roma, Italy, pp. 136-143, 2007.
[14] Alireza Ahrary, Amir A.F Nassiraei, and Masumi Ishikawa, "A study of an autonomous mobile robot for a sewer inspection system," Journal of Artificial Life and Robotics, to appear in 2007.

2007 IEEE International Conference on
Robotics and Automation
Roma, Italy, 10-14 April 2007

Concept and Design of A Fully Autonomous Sewer Pipe Inspection Mobile Robot "KANTARO"

Amir A. F. Nassiraei[1,2] , Yoshinori Kawamura[1], Alireza Ahrary[1,2], Yoshikazu Mikuriya[1] and Kazuo Ishii[2]

[1]FAIS-Robotics Development Support Office
Collaboration Center 4F,
2-1 Hibikino, Wakamatsu-ku,
Kitakyuchu City, Fukuoka 808_0135,Japan
{amir}{yoshi}{ali}{Y_mikuriya}@ksrp.or.jp
http://robotics.ksrp.or.jp

[2]Graduate School of Life Science and Systems Engineering
Kyushu Institute of Technology
2-4 Hibikino, Wakamatsu-ku,
Kitakyushu City, Fukuoka 808-0196, Japan
ishii@brain.kyutech.ac.jp
http://www.brain.kyutech.ac.jp/~ishii

Abstract— **In current conventional method, the sewer pipe inspection is undertaken using a cable-tethered robot with an on-board video camera system, completely, tele-operated by human operator. All commercial sewer inspection robots have platforms with poor mobility functions so that those robots are only capable to move into the straight pipes. Inspecting the sewage pipes using the state of the arts inspection methods by the current robots is costly, mostly human cost, and not fast enough to check and inspect the amount of sewage pipes will grow stronger than it has actually happened, specially in Japan. In order to realize inexpensive and effective inspection system, an autonomous pipe inspection method should be introduced to improve the inspection efficiency by reducing the time and manpower in the inspection process. The development of a fully autonomous pipe inspection system, requires design and development of an un-tethered mobile robot equipped with the required sensors using for autonomous pipe assessment and damage detection, and capability of navigating, completely, autonomously inside of sewer networks including different types of pipe-bends such as curves and junctions. KANTARO, presented in this paper, is the prototype of a passive-active intelligent, fully autonomous, un-tethered robot which has an intelligent modular architecture in its sensor and mechanism. KANTARO prototype robot, including a novel passive-active intelligent moving mechanism, can move into the straight pipe and pass various kinds of pipe bends without need to any intelligence of the controller or sensor reading. In order to realize a fully autonomous inspection robot, we also developed a small and intelligent 2D laser scanner for detecting of the navigational landmarks, independently with the main computer system, and fusion with a fish eye camera to assess the pipe state and fault detection.**

I. Introduction

Sewer systems are prone to damage due to aging, excessive traffic, geological change, earthquakes and chemical reaction. Due to these damages, the groundwater is increasingly contaminated. Furthermore, heavy rainfall events my lead to inroad of the systems, resulting in overflow. In the case of separate sewer system as widely present in Japan [1], this results in the undesired mixture of waste water and rainwater. In addition, sewage may leak out, possibly polluting soil and ground water, and it may wash away soil, possibly eroding the foundations of buildings or the underground of streets and pavements. Thus, in order to ensure an optimal functioning sewer system, extensive inspection in necessary. In current conventional methods, the inspection of sewer pipes is carried out using a cable-tethered robot with an on-board video camera system. The inspection team members insert the inspection robot into the manhole (definition of manhole has been specified in the next section). Following these preparations, the inspection camera with the platform is remotely operated by human operator (Fig. 1). Detected damages are then manually recorded onto standard video tape. All equipment necessary to supply and control the robot are arranged inside of a car, out of the manhole, which causes a heavy and stiff cable for the robot. In addition, all commercial sewer inspection robots have a poor mobility function to pass any kind of pipe-bends such as curves and junctions so that those robots are only capable to move into the straight pipes. These two main reasons, "heavy and stiff cable" and "poor mobility function" cause that, in most case, after the inspection of a pipe line in between two

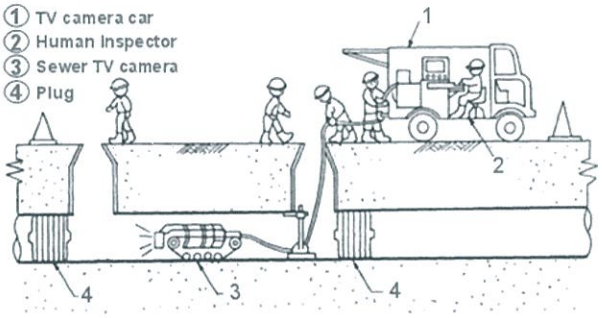


Fig. 1. In current conventional method, the inspection of sewer pipes is undertaken using a cable-tethered robot with an on-board video camera system. An operator remotely controls the movement of the robot including a video system [2].

1-4244-0602-1/07/$20.00 ©2007 IEEE.

manholes the robot has to be pulled back, the equipment disassembled, relocated to the following manhole and set up again. This method for inspection of the sewer pipes makes the inspection process very slow (300 meters a day) and costly (1800 yen/16 dollars per meter) in Japan [1].
In order to realize inexpensive and effective inspection system, an autonomous pipe inspection method should be introduced to improve the inspection efficiency by reducing the time and manpower of the inspection process. The development of a fully autonomous pipe inspection system, requires design and development of an un-tethered mobile robot equipped with the required sensors using for autonomous pipe assessment and damage detection, and capability of navigating, completely, autonomously inside of sewer networks including different types of pipe-bends such as curves and junctions. In this paper we propose an innovative, fast and robust sewer inspection robot called "KANTARO" which fits to the pipes within a diameter range of 200-300 millimeters. KANTARO, including a novel passive-active intelligent moving mechanism (named naSIR mechanism), is able to move into the straight pipe and passes different kinds of pipe bends without need to any intelligence of the controller or sensor reading. In addition to realize a fully autonomous inspection robot, we developed a small and intelligent 2D laser scanner for detecting of the navigational landmarks such as manholes and inlets as stand-alone system and fusion with a fish eye camera to assist the pipe state and fault detection.

II. GENERAL CONSIDERATION

A. *Different qualitative degrees of autonomy in sewer robots*

The exact definition and description of "autonomy", related to the sewer maintenance robots, can lead us to compromise what are the necessary required sensors, hardware and computing equipments for developing an fully autonomous mobile robot (described in next sub-section). In general the degree of autonomy in developed inspection pipe robots is classified as follow:

No autonomy: The robot is completely tele-operated, usually via a tether cable, by a human operator. The pipe condition is assessed by the human operator who watches the sensor data (usually video) as the robot drives through the pipe. Mostly all the commercial sewer inspection robots are not autonomous system.

Semi-autonomy: The tethered robot is partially controlled by automatic control programs and modules, or the assessment of the pipe condition is partially performed by sensor data interpretation programs. There is a number of researches and developments of the robots with the semi-autonomous function capability, e.g., "PIRAT" for the quantitative and automatic assessment of the sewer condition [3], "Pipe Rover/Pear Rover" for water filled pipes and ducts developed in 1996 [4], [5], and "KARO" as a cable-tethered carrier for sewer inspection and testing sensory equipment [6], [7].

Full autonomy: The un-tethered robot carries all required resources on-board. Navigation is performed completely by control programs running on on-board computing equipment. Status messages may be communicated to a human inspector over a radio link. Assessment of the pipe condition may be performed partially on-board, or offline after retrieval of the recorded sensory data. A few research have been done in development of a fully autonomous mobile robot for pipe inspection. "KURT"[8] and "MAKRO"[9] are two robot platforms[1] were designed for autonomous navigation in roughly cleaned sewer pipes with in diameter range of 300 to 600 millimeters at dry weather condition in Germany. KURT with capability of turning at ground level pipe junctions was designed for autonomous navigation in a test field with a specific map data loaded to the robot from start to the goal. MAKRO's case design, consisting of six segments connected by five motor-driven active joints, allows for simultaneously climbing a step and turning in the pipe junctions. The goal of the MAKRO project was to prove that a robot is able to navigate completely autonomously inside sewer pipes under the above mentioned condition.
The degree of development of complete autonomous sewer robots presently does not warrant to use them safely and robustly in sewers. Most of these robots have a complex moving mechanism and multi-sensor equipment for navigation and motion control. These complexities in mechanism and data processing make not easy to realize reliable commercial products specially for small range of the pipes up to 300 millimeter in diameter.

B. *Difficulties of developing a fully autonomous inspection mobile robot*

Fully autonomous sewer robots must include sensors for their own control, navigation and localization, not only those for sewer state assessment and damage detection. In addition, localization is an issue not only for the proper robot control, so that the robot knows where it is, but also for inspection, as detected damages have to be reported with their location. In this concept, navigation and localization for the sewage inspection robots, as a whole, can be classified in two main groups: "Motion-Navigation" used for control of robot locomotion and "Fault-Navigation" applied for reporting the location of happened faults in the pipe interior. Consequently, the robot sensory system should be consisted of three groups of sensors: inspection sensors for gathering the pipe state information, sensors for Fault-Navigation, and sensors using in Motion-Navigation. The sensors used for motion-navigation may overlap with the inspection sensors (e.g. a camera may be used for both motion-navigation and damage detection). Motion-navigation sensors, mostly, should mounted in the front side of the robot that it makes complex design to avoid the overlapping of their workspace with the workspace of sensors using for inspection and fault-navigation. As a summary, the necessary requirement to design a fully autonomous inspection mobile robot can be itemized as follows:

[1]Using the term "platform" means to emphasize the fact that the respective systems do not include sensors for finding damages or assessing the pipe state, but just sensors to warrant their safe navigation and control. Such pipe-related sensors maybe be implemented on autonomous platforms.

- An un-tethered robot must carry ***all required resources on-board***.
- ***Motion-Navigation*** must be performed completely by control programs running on on-board computing equipment.
- ***Assessment of the pipe condition*** and ***Fault-Navigation*** may be performed partially on-board, or offline after retrieval of the recorded sensory data.
- Status messages may be ***communicated to a human inspector*** over a radio link.

All the necessary hardware, robot platform, sensors, and computing equipment should be designed and selected based on the above requirements satisfaction.

C. An overview to the sewer pipe system in Japan

In Japan mostly 85% of the sewer pipes are under 600mm diameter and mainly more than 65% of this amount have a diameter within range of 200-300mm [1]. In this range of pipes, a sewer pipe net is constructed, mostly, by combination of pipes, pipe bends, manholes, pipe joints and inlets (Fig. 2). In general, any changing in the direction of a pipe or any intersection between two or more pipes are called pipe-bends. Pipe-bends in a sewer, as a whole, can be classified in two main types depending on their constructions and shapes: Curves and Junctions. According to the sewer pipe construction lows in Japan, there is a manhole at the beginning of the pipe lines, between each 50 meters pipe and over all pipe bends. In addition, the sewer pipe net is constructed in such a way that the all pipe-lines have at least 3 degrees slope with respect to the horizontal level, because of necessity of flowing water in one direction in a sewer network. A pipe joint is formed in the connection surface of two straight pipes and an inlet is used for connecting a house pipe to a main pipe.

III. KANTARO ARCHITECTURE

KANTARO is designed as a fully autonomous, un-tethered robot, which fits to the pipes within a diameter range of 200-300 millimeters. KANTARO's autonomy and its kinematic abilities extend its potential mission range enormously, comparing to conventional inspection equipment that is limited

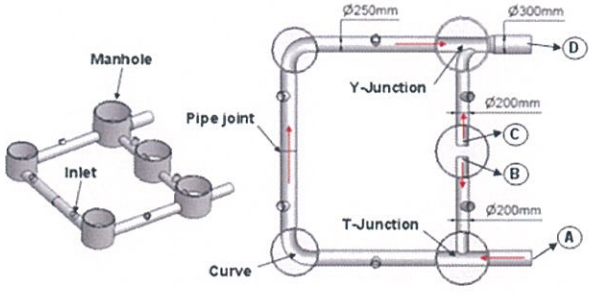
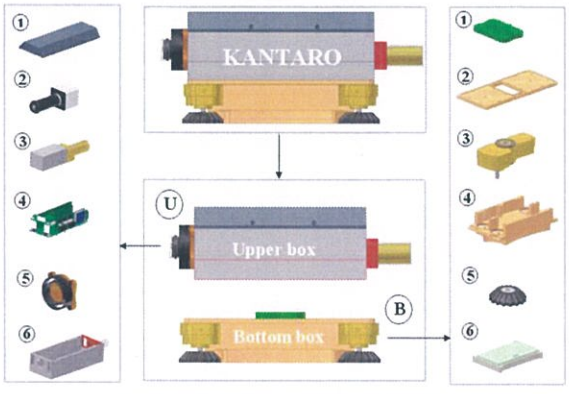


Fig. 2. An example of a network of sewage pipes, in Japan, within a diameter range of 200-300 millimeters. Red arrows show the direction of water flow into the pipe net.



	Full name		Full name
U	Upper box	B	Bottom box
U-1	Upper box cap	B-1	Main connector
U-2	Camera	B-2	Bottom box cap
U-2	Laser scanner	B-3	Motor box
U-2	Hardware	B-4	Bottom box base
U-2	Light	B-5	Wheel
U-2	Upper box base	B-6	Battery pack

Fig. 3. KANTARO has a modular architecture consist of two main modules: Bottom box and Upper box. Modularity of bottom and upper boxes showed in right and left of the figure, respectively.

by the cable and poor kinematics. KANTARO carries all the necessary resources on-board. Standard lithium polymer batteries provide the power for its 4 motors, the sensors, the light and electronics, including a developed computer system and an optical underground wireless communication module, allowing for an autonomous up time of about one hour. To realize a reliable, robust robot and an easy maintenance system, KANTARO is designed to have a complete modular architecture in its mechanic, hardware and software. KANTARO, as shown in (Fig. 3), consists of two main modules: Bottom and Upper box modules. Bottom box, including a passive-active intelligent mechanism (naSIR mechanism) and a battery pack, can be presented as a robot platform. Electronic boards, the sensors and light are installed in upper box which be connected via the main connector to the bottom box. In addition, KANTARO has IP67 waterproof standard that it achieved by waterproof design of kANTARO's modules including the upper and bottom box, motor boxes and battery pack.

A. KANTARO platform (naSIR Mechanism)

With regard to the current sewer pipe inspection technology, all commercial robots are capable to move in straight pipes but not any kind of pipe-bends. In addition, current sewer inspection robots are not able to pass different size of pipes. However, because of the large number of pipe-bends in the sewage pipe network, specially in Japan, pipe-bends pose one of the biggest issues for these kinds of robots. Design a robot that can move into the straight pipes and pass pipe-bends will be a great industrial progress in sewer inspection industry. Same as MAKRO case, introduced in introduction, there is a number of efforts and researches to develop multi joint (snake-like) robots with capability of passing curves and junctions [10], [11], [12]. Most of these

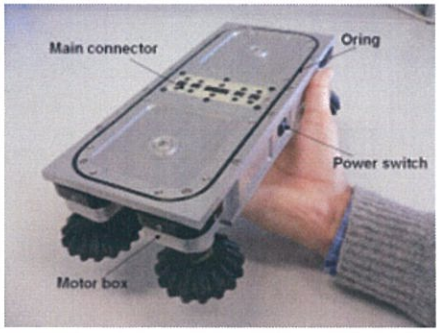


Fig. 4. KANTARO platform (Bottom box module) consists of naSIR mechanism, a lithium polymer battery pack and a power switch.

robots have a complex mechanism and several sensors for detecting the pipe bends and pass them. These complexities in mechanism and data processing makes not easy to realize reliable commercial products.

In this section we describe a special patented mechanism for KANTARO called "naSIR Mechanism" [13]. naSIR is a passive-active intelligent, compact and novel moving mechanism that can move into the straight pipes and passes different kinds of pipe bends without need to any intelligence of the controller or sensor reading. This passive-active mechanism as a KANTARO platform (bottom box module, Fig. 4) itself can move into the pipe and passes wide variety of the pipe bends even without controller for the wheels actuators (without upper box module). In addition, this moving mechanism has capability to pass the different size of pipes in diameter even from a bigger diameter pipe to smaller diameter and also can pass a small obstacle and go down a small step.

The design is based on the concept "passive adaptation of robot wheels to the bends in the pipe". This is accomplished by proper wheels orientation and passive damping of springs.

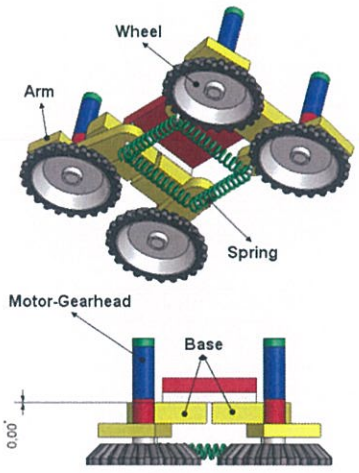


Fig. 5. naSIR mechanism has four wheels parallel with horizontal level which are connected to the four arms and each arm is jointed to the base plate, independently, and they connected to each other by using four springs.

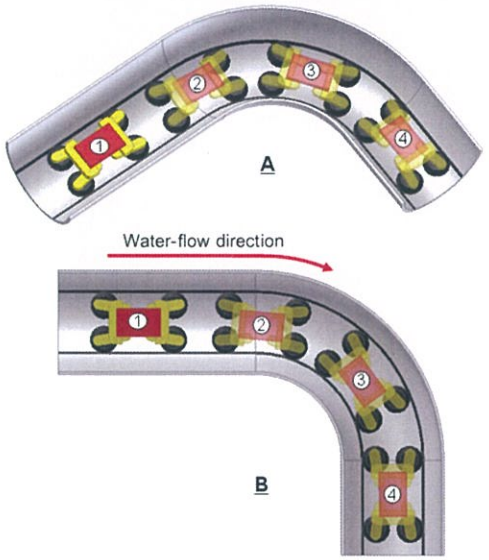


Fig. 6. naSIR mechanism motion during passing a 90 degree curve (A: Top view, B: 3D view). Robot can adapt itself into the pipe interior to have a continuous movement on the optimum path-line (black line).

naSIR mechanism, where as most of inspection robots have a moving mechanism with four, six or more vertical wheels (car_like robots), has four "horizontal" wheels connected to the four arms and each arm is jointed to the base plate, independently, and they connected to each other by using four springs (see Fig. 5). naSIR mechanism, including this special and simple suspension system, has a smooth and robust movement while passing a curve or junction. In naSIR mechanism, the contact positions between the wheels and pipe-wall relative to the robot are steadily the same, thus it can move through the different degrees of the pipe curvature smoothly without any control and sensor reading (e.g. a 90 degree curve, shown in Fig. 6). Moreover, while the robot moves through the curve, there is a contact point on each of the four wheel circumference which at each moment in

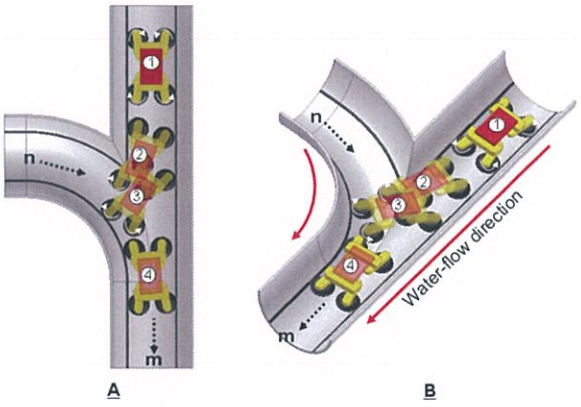


Fig. 7. naSIR mechanism motion during passing a Y-Junction (A: Top view, B: 3D view). The white arrows indicate the direction of wheels rotation.

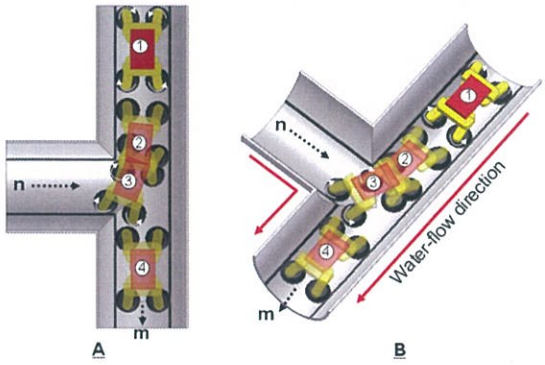


Fig. 8. naSIR mechanism motion during passing a T-Junction (A: Top view, B: 3D view). The white arrows indicate the direction of wheels rotation.

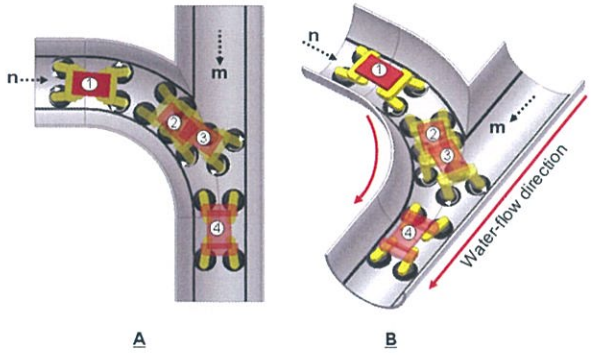


Fig. 9. naSIR mechanism motion during turning in a Y-Junction (A: Top view, B: 3D view). The white arrows indicate the direction of wheels rotation.

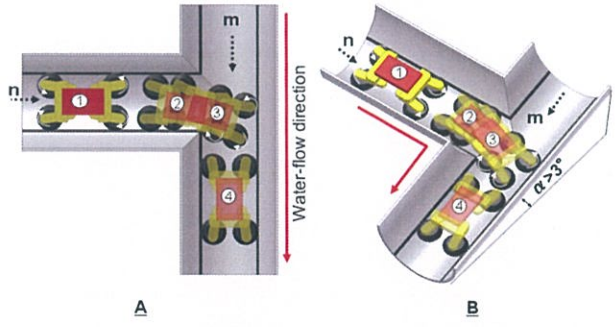


Fig. 10. naSIR mechanism motion during turning in a T-Junction (A: Top view, B: 3D view). The white arrows indicate the direction of wheels rotation.

time has exact similar condition relative to the robot so that it can be encircled by the pair of optimal path-line (black line), as shown in Fig. 6. Figures 7 and 8 illustrate the robot movement toward the direction (m) while passing a Y-junction and T-junction, respectively. The white arrows, in these figures indicate the direction of wheels rotation. In both cases, because of specific surfaces formed in the junction intersection, first the robot starts to turn toward the direction $(-n)$ (robot position #2), but immediately upon the contact of the right front-wheel with the optimal path-line

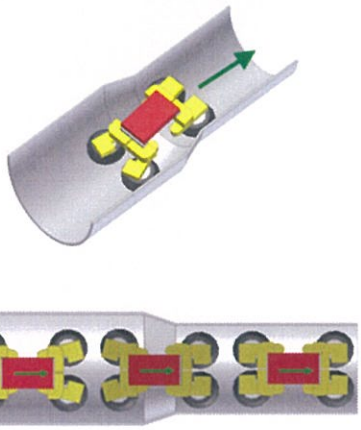


Fig. 11. Motion of naSIR mechanism when it is moving from a big diameter to small diameter pipe.

(robot position #3) the robot corrects its path and moves forward in the direction (m). Consequently, as the same reasons mentioned in above, the robot can turn toward the direction (m) when the robot motion started from a branch-pipe located in direction (n) of a Y-junction or T-junction as shown in Figs. 9 and 10, respectively. Note that in case of T-junction, because of the pipes slope, the robot, in position #2, has the tendency to turn toward the direction (m). Figure 11 indicates the naSIR mechanism movement when it is moving from a bigger diameter to smaller diameter pipe. In addition, naSIR mechanism, because of its special morphology, has an intelligence in selecting the correct direction of its movement same as water-flow direction with no control or sensor reading. Comparison of the water-flow direction shown with the red arrows in Fig. 2 and the direction of the robot motion in Figs. 6 to 10 can lead us to easy understanding of this fundamental and significant point in naSIR mechanism. Moreover, as an example, if the naSIR mechanism is inserted from point (A) or (B) or (C) to a sewer pipe network shown in Fig. 2, naSIR mechanism can reach to the point (D) independent of which location is selected as an entry point, with no requested sensor or control. naSIR mechanism was improved by changing the wheels orientation from 0 degree to 5 degrees with respect to the horizontal level (Fig. 12).

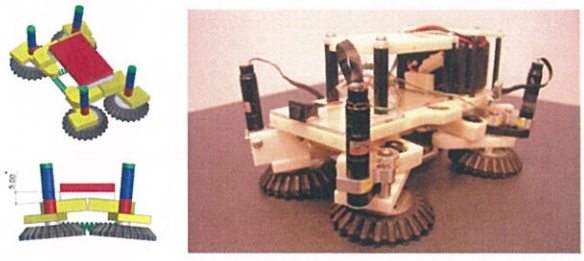


Fig. 12. First prototype of naSIR mechanism. naSIR mechanism was improved by changing the wheels orientation from 0 degree to 5 degrees with respect to the horizontal level.

In this approach, KANTARO has a more smooth motion in T-junctions and also it is capable to move on the flat surfaces.

B. KANTARO hardware

We designed all necessary electronic boards used for control, saving sensory data and wireless communication as a module, called E.B. module, fit to the upper box of KANTARO (Fig. 13). E.B. module contains a mother board, power and motor controller and CPU boards, hard disk and an optical underground wireless communication board. All boards are designed as separated modules to communicate to each other via their own connectors through the mother board. In the newest version of E.B. module, power board and hard disk are combined with mother board to be a more compact and wiring less module. Wiring less was one of our target in this project to realize a compact, reliable and robust hardware for KANATRO. To achieve the wiring less electronics, KANTARO hardware is designed base on modular architecture. Table I illustrates the specification of KANTARO electronics boards.

C. KANTARO sensors

KANTARO's sensor system includes an intelligent laser scanner, one fish eye camera, two IR sensors and an inclination sensor. The first two sensors are only used for inspection and fault-navigation, because KANTARO, including naSIR mechanism, dose not request any kind of sensor for motion-navigation. In this approach we had no constraint for mounting the sensors, mentioned above, into the upper box of KANTARO. Using an inclination sensor mounted on the mother board, and on-board control program, KANTARO is able to automatically correct for tilt in its pose when driving inside a sewer pipe. To avoid driving the robot in a step down more than 10 [cm] and protection from obstacle, two IR sensors are installed in front of robot in two side of the camera. Figure 14 illustrates the arrangement of KANTARO sensors. Rotating laser scanner has been developed as a small and intelligent sensor installed in the robot rear to scan radially the inner side of a pipe wall. If the KANTARO moves along the pipe while measuring, the laser beam measures along a spiral on the pipe inside, where the resolution of the spiral depends on the turn rate of the reflection and the speed of robot (Fig. 15). To reduce the data processing on the E.B. module, the developed laser scanner is improved to detect the navigational landmark such as

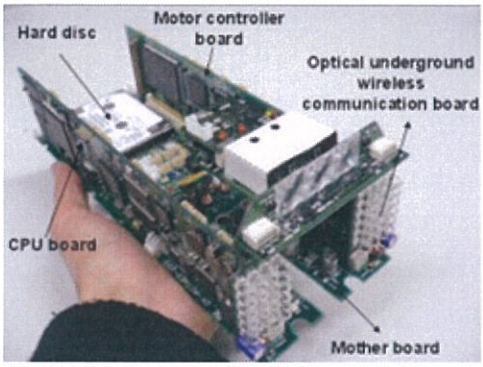


Fig. 13. The newest version of KANTARO electronic boards module (E.B. module)

TABLE I

KANTARO ELECTRONICS BOARDS SPECIFICATION

CPU board		Motor controller board	
CPU	SH7750R(SH-4)	CPU	SH7055R(SH-2E)
FPGA	EPF10K100AGC484	FPGA	EPF10K100AGC484
Memory	SDRAM 512k×2	Memory	SDRAM 512k
I/F	RS232c, LAN	I/F	RS232c, CAN
Image compression	ADV202	I/O	PWM×5,PIO (8×2)
video input	NTSC		
Size	215(L)*55(H)mm	Size	215(L)*55(H)mm
Mother board		**Optical communication board**	
CPLD	EPM7064STC44-5	Communication speed	12Mbps
Hard disk	40 GB		
I/O connections	CPU, Motor controller & Optical communication boards. LAN, IDE, CAN×2, CCD camera, LED light and 4 motors	Allowable angle for the robot	±5°
		Allowable angle for the receiver in the manhole	±1°
Size	243(L)*90(W)mm	Size	95(W)*75(H)mm

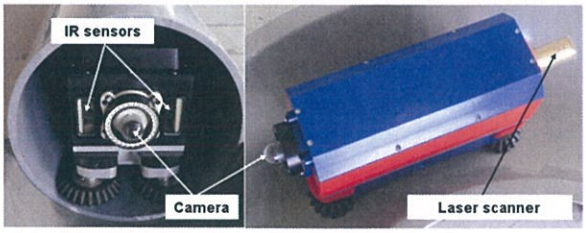
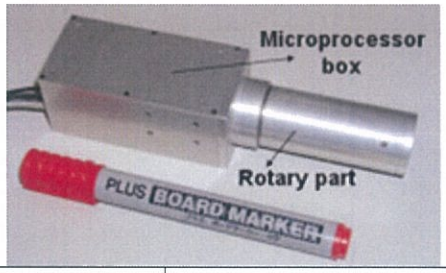


Fig. 14. First (right side) and second (left side) version of KANTARO. Kantaro's sensor system consists a camera, one laser scanner, a tilt sensor mounted on the mother board and two IR sensors.



Scanning directions	360 degrees
Scanning speed	0-1800 (rpm)
distance range	70-190 (mm)
Accuracy	±1(mm)
Beam radius	0.5 (mm)
Transmission method	Full duplex serial transmission (2Mbps)
Sampling speed	More than 10 KHZ
Measuring signal output	Distance, Scanning angle
Wight	200 g
Size	37×48×166 (mm)
Power	±12V(0.5A) +5V(1A)

Fig. 15. The newest laser scanner is capable to detect the navigational landmarks, independently with the main computer, as a sensor module.

manholes, inlets and pipe joints used for damage-navigation, independently, by using a powerful Microprocessor (SH-2) as well as measuring distance and scanning angle, linearized and filtering and modeling data. For realization of a 360 degrees infinitive rotation in laser scanner, we developed a small and special magnet coupling to supply power to rotary part and transmit the laser signal to the Microprocessor box.

IV. KANTARO AS A FULLY AUTONOMOUS SEWER INSPECTION SYSTEM

In this section, first, we describe how KANTARO can be employed as a fully autonomous robot for finding the pipe damages and fault detection. Second, we will show our approach to make a safe and robust system in point of view of sewer inspection companies as users. KANTARO is capable to detect the candidate faulty images (called feature-images) on-board, by using a fast and simple edge detection program running on its E.B. module. Feature-images may include three different types of image:

- Landmarks (manholes, pipe joints and inlets)
- Faulty images (Fig. 16-left)
- Non-faulty images (e.g. images including trashes).

When robot detects a feature-image, an autonomous control program will start to decrease the robot speed for saving enough images, up to 5 frames, from feature-image area. Saving the images, directly, is done by ADV202 image compression chip, installed in CPU board, to the hard disk without involving CPU in saving process. At this time, the laser scanner, that has been kept switch off during the normal pipe condition (no feature-image detected by on-board program), will start to extract the possibility of happened feature fault as a land mark. In case of detection of fault as a land mark, the type of landmark, only as a code, will be saved via CAN interface into the hard disk. These start and stop process of saving data from camera and switch on/off the laser scanner perform a longer inspection process where we consider the capacity of hard disk and energy consumption. In addition, the time, robot speed and encoder data from four DC motors are saved to the hard disk during whole inspection process. After the robot is retrieved, all data saved in the robot hard disk will transmit via the LAN interface to the other PC. In this PC, three different programs are applied to extract the real faulty images from the retrieval feature-images and calculate the position of happened fault. First, the feature-images are divided to the landmark images and the faulty-non faulty images by applying the laser scanner data and the time to the images. In the next step, a special fault detection patented algorithm extracts up to 60-70% of the faulty images from the faulty-non faulty images (Fig. 16-right)[14]. Last, the rough position of the faults will be calculated by using the encoder data, robot speed and time. This program has possibility to accept the map data of the sewer network (position of manhole, inlets and pipe joints) and fusion with laser scanner data to decrease the error of wheels slip and more accurate calculation of the happened fault position. After of all, the remain faulty images including the necessary specification will save as a result of inspection process.

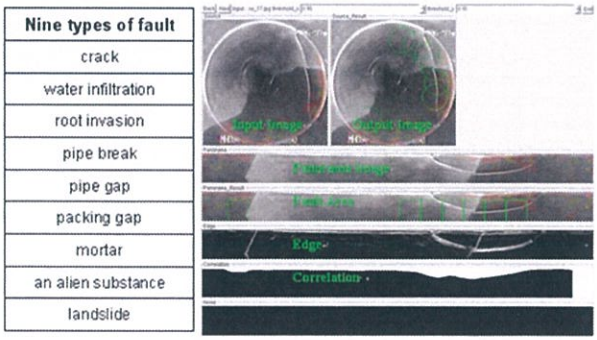


Fig. 16. Nine different types of fault, possibly happening in the sewer pipe (left side). An example of result of special fault detection patented algorithm applied on a faulty image including a crack (right side).

To make a practical, safe and robust system, we introduced a life-optic-untethered cable for KANTARO. With this cable that act as a tail for robot, operator can connect the robot to the control units located in out of the manhole via the fiber optic while the robot is driving into the pipe. In this case, operator can observe the condition of the pipe interior and also has possibility to control the robot and use the KANTARO as a semi-autonomous robot for pipe state assessment. Also this cable can be used as a life cable to pull out the robot in the case of stocking it inside of the pipe or power failure. The length of the cable is designed 50 meters as the same length as maximum distance of two manholes. In this approach, we could solve general skepticism about using fully autonomous systems without a possibility to interfere the robot control at any time. In addition, the operator can send the basic commands such as a move/stop the robot, turn on/off the light and save/not save data to the hard disk and so on via the optical underground wireless communication module.

V. EXPERIMENTAL RESULTS

We evaluated the performance of naSIR mechanism and our sewer inspection system by driving KANTARO in a sewer test field, in our RRI laboratory, which is made by PVC material with a diameter ranging from 200 to 300 mm. Our test field, including all kinds of pipe bends, small steps and also navigational landmarks such as manhole, inlets and pipe joints, can present as a sample of real world sewer network in Japan (Fig. 17). naSIR mechanism (KANTARO platform without upper box, showed in Fig. 4) is able to move in this sewer network up to 4 hours with one battery pack, charged in advance, without any control or stocking in the pipe bends and steps. Also KANTARO, as a whole system, has been successfully employed for autonomous damage navigation and fault detection up time about one hour (400 meters in advance). Figures 18_A and B indicate the motion of KANTARO prototype while passing a Y-junction and curve, respectively. In addition, we had several chance to drive and test KANTARO in real world sewage pipe network. Figure 18-C shows KANTARO while passing

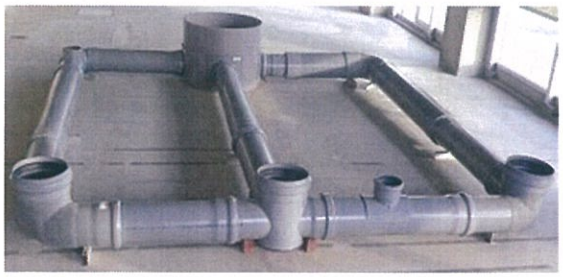


Fig. 17. Our test field, including all kinds of pipe bends, small steps and also navigational landmarks such as manhole, inlets and pipe joints, can present as a sample of real world sewer network in Japan.

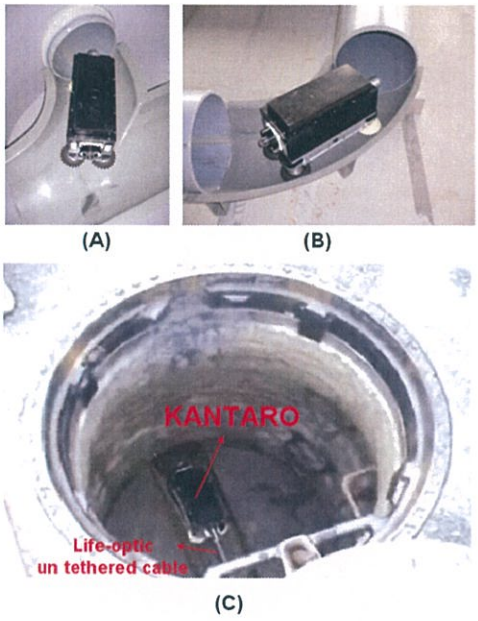


Fig. 18. (A) and (B) indicate the motion of KANTARO prototype while passing a Y-junction and curve. (C) shows KANTARO in real world sewage pipe network while passing a manhole.

a straight pipe with 250 millimeter in diameter. In this real test field experiment, KANTARO could successfully pass 80 meters pipe network, including 3 manholes and one junction, and perform all task mention in previous section.

VI. Conclusion

In this paper we proposed an innovative, fast and robust sewer inspection method by using a passive-active intelligent, fully autonomous, un-tethered robot,called "KANTARO", which fits to the pipes within a diameter range of 200-300 millimeters. KANTARO prototype robot, including a novel passive-active intelligent moving mechanism (naSIR mechanism), has a robust movement into the straight pipe and smooth and rapid motion while passes different kinds of pipe bends without need of any intelligence of the controller or sensor reading. In this approach KANTARO does not request any kind of sensor for its motion inside of the pipe. In addition, we developed a small and intelligent 2D laser scanner for detecting of the navigational landmarks such as manholes and pipe joints independently with main computer system and fusion with a fish eye camera, mounted on the KANTARO, used for assessing the pipe state and fault detection. Realization of KANTARO as a fully autonomous, reliable and robust pipe inspection robot has been achieved by designing an architecture based on intelligence at its modules and definition and implementation of a life-optic-untethered cable to make the inspection process easily and safely. To prove that KANTARO is able to use as a commercial product, We still have to perform further experiments in real world sewer pipe network with different in size and state pipe condition. Improving the offline fault detection software to get high accuracy is on the future work.

Acknowledgments

This research was supported by the FAIS-Robotics Research Institute, funded by the Organization for Small & Medium Enterprises and Regional Innovation, Japan (SMRJ). We thankfully acknowledge the cooperation with our partner: Yaskawa Electric Co., Kyushu Keisokuki co., Nihon Tecmo Ltd., FAIS and SMRJ.

References

[1] Steinbeis K.K., *Report on Market Study of the Sewage Robot in Japan*, Kitakyushu foundation for the Advancement on Industry, Science and Technology, Japan, 2002.

[2] Material provided by "*Japan Sewer Collection System Maintenance Association*", 1997.

[3] G.Cambell, K.Rogers and J.Gilbert, "PIRAT-A system for quantitative sewer assessment", *2th International No-Dig Conference (No-Dig '95)*, Hamburg, pp. 455–462, 1995.

[4] R.Bradbeer., "The Pearl Rover underwater inspection robot", *In Mechatronics and Machine vision*, J.Billingsley (ed), Research Studies Press, UK, pp. 255–262, 2000.

[5] Y.Li, S.O.Harrold and L.F.Yeung, "Experimental study on ultrasonic signal transmission within the water-filled pipes", *4th annual Conference on Mechatronics and Machine vision in Practice (M^2VIP '97)*,IEEE Press, ISBN 0-8186-8025-3,Toowoomba,Australia, September 23-25, 1997.

[6] H.B.Kuntze, D.Schmidt, H.Haffiner and M.Loh, "KARO-A flexible robot for smart sensor-based sewer inspection", *12 International No-Dig conference*, pp. 367–374, 1995.

[7] H.B.Kuntze and H.Haffiner, "Experiences with the development of a robot smart multi sensor pipe inspection", *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA '98)*, pp. 1773–1778, 1998.

[8] F.Kirchner and J.Hertzberg, "A prototype Study of an Autonomous Robot Platform for Sewerage System Maintenance", *Autonomous robots 4*, pp. 319–331, 1997.

[9] E.Rome, J.Hertzberg, F.Kirchner, U.lichet, H.streich and Th.Christaller, "Towards Autonomous Sewer robots: The MAKRO project", *J.Urban Wate*, pp. 1:57–70, 1999.

[10] St. Cordes, K. Berns, M. Eberl, W. Ilg, and R. Suna. "Autonomous sewer inspection with a wheeled multi-articulated robot," *Robotics and Autonomous Systems*, pp. 21:123–135, 1997.

[11] S. Fujiwara, R. Kanehara, T. Okada, and T Sanemori, "An articulated multi-vehicle robot for inspection and testing of pipeline interiors," *In Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference of Intelligent Robots and Systems*, pp. 509-516, 1993.

[12] E.F. Fukushima, and S Hirose, "How to steer the long articulated body mobile robot kr-ii," *In International Conference on advanced robotics*, 1995.

[13] "Mechanism of movement inside of the pipes and mechanism of pipe inspection," Inventor: Amir A. F. Nassiraei, Japan Patent No. 2005-17384, January 2005.

[14] "A device and method for fault detection in sewer pipe system ," Inventor: Alireza Ahrary, Japan Patent No. 2005-209677, July 2005.

제7장. 연구개발성과의 보안등급

보안등급 분류	보안	일반
		☑
결정 사유	「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의4에 따른 분류에 의해 일반과제로 분류	

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구 장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치장소)	NTIS장비 등록 번호
㈜경화 엔지니 어링	황화수소 냄세제거기 (바이오옥시전)	8000	1set	2016년 9월8일	57,200 (V.A.T포함)	02) 3462-9601	H_2S 등 악취가 발생 장소	NFEC -2017-02 -236217

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

• 본 연구개발과제 수행시 장비제작, 현장 설치 등 안전조치 등이 필요한 사항은 별도의 위탁업체와의 계약을 통하여 외부에서 시행하여 통상적인 점검 등을 제외하면 본 연구실에서 별도의 안전조치 이행실적은 없음.

• 인천시 서구 현장 설치시 안전조치 이행실적

① 작업구가 녹지공간으로 별도 교통통제 대책은 수행하지 않음

② 작업자는 충분한 환기 후 작업구 내부로 진입(작업전 황화수소 농도검측 결과 농도가 미미하여 악취저감기를 설치 후 철거)

③ 작업자는 유해가스 및 안전사고 대비 안전장치 및 보호장구를 착용

④ 원격시스템 설치시 안전 조치 사항은 다음과 같음

○ 일반적인 사항

- 레일 설치 등의 하수관거 출입시 안전 장치 및 보호장구 착용
- 오염물질 접촉시 대처하기 위한 비상약품 및 보호용품 구비
- 상부 작업을 위한 사다리 및 작업대의 고정상태 확인
- 작업자 교대 투입 (50분 이내 작업)

○ 개인장비

- 보안경 : 작업시 부산물, 습한 환경 등으로부터 눈을 보호
- 작업복 : 수위 상승 등을 대비 방수 가능한 복장 착용
- 장 갑 : 하수관거 내 레일 설치시 유해물질, 작업시 안전사고 대비 착용
- 안전모, 마스크 등 : 작업시 안전사고 대비
- 산소통 : 유해가스 등 비상시 대비하여 작업공간 내 비치

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/특허 등록국가	영향력 지수	논문 게재일/특허 등록일	사사 여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	특 허	지하관로 운영관리를 위한 지하관로내 환경모니터링용 자주차	㈜경화엔지니어링		특허청/대한민국		2016. 03.18. (출원)	○ (단독)	-
		하수 이송관 관로 탐사장치 및 이를 이용한 실시간 관로 모니터링 방법					2017. 03.09. (출원)	○ (단독)	-
2	신기술 인증	레일형 무선자주차를 이용한 하수암거 모니터링 및 맵 표시기술	㈜경화엔지니어링		한국환경산업 기술원/대한민국		2017. 03.28. (신청)	○ (단독)	-
3	논 문	재난의 예방과 대응을 할 수 있는 사각 하수암거 원격 탐사시스템 개발에 관한 연구	㈜경화엔지니어링		한국환경기술협회/대한민국		2017. 04.30. (게재)	○ (단독)	-
4	소프트웨어	하수암거용 자주차 원격제어용 소프트웨어	㈜경화엔지니어링		한국 소프트웨어 저작권 협회/대한민군		2016. 03.29. (등록)	-	-
		하수암거용 자주차 원격모니터링 소프트웨어					2017. 03.15. (등록)	-	-

제11장. 기타 사항

- 해당사항 없음

제12장. 참고 문헌

1. 특허청, 특허공보 특허등록번호 10-1275117, 유체 이송관의 관로 탐사 원격 모니터링 장치, 2013.6.17.
2. 특허청 / 특허공보 특허등록번호 10-0353391, 하수암거의 모니터링/유지관리 방법 및 시스템, 2001.05.11.
3. 특허청, 특허공보 특허등록번호 20-0265867, 자주차(경사도 및 관로 내경 측정장치, 2001.10.20
4. 특허청, 특허공보 특허등록번호 10-0850307, 하수암거 유지관리 모니터링 시스템, 2008.06.13
5. 특허청, 특허공보 특허등록번호 10-1345186, 도로 침수 모니터링 시스템 및 그 방법, 2013.06.26
6. 이병기 외, 유비쿼터스 기반의 재난관리 민관협력체계 구축방안, 2009.12
7. 서울특별시, 서울시 상습침수지역 설정기준 및 관리방안 연구, 2006년
8. 서울특별시, 서울특별시 하수도정비 기본계획(변경), 2009년
9. 서울시정개발원, 하수암거 최적관리 모니터링 연구, 2006년
10. 서울시정개발원, 도로변 빗물받이 악취해소 방안, 2007년
11. 한국상하수도협회, 하수도 시설기준,2011년
12. 서울시, 석촌지하차도 하부 지하철 실드터널 공사시 동공발생원인 및 대처방안, 2014년
13. 환경부, 하수도 통계, 2014년
14. 소방방재청, 재해연보, 2012년
15. 환경부, 국가하수도종합계획, 2007년
16. 장대환, 하수암거정비의 타당성 평가모델 개발 및 하수암거 조사체계 개선에 관한 연구,서울시립대학교 공학박사 학위논문,p23~25, 2009년
17. 환경부, 공공환경시설 기술진단 업무처리규정, 2013년
18. 환경부, 하수암거 유량계 설치 및 유지관리 매뉴얼, 2008년
19. 환경부, 하수암거 침입수 및 유입수 산정 표준 매뉴얼, 2009년
20. 환경부, 하수암거 CCTV조사 및 개보수 판단기준 표준매뉴얼, 2009년
21. 국회예산정책처, 2015년도 정부성과계획 평가[사회 행정], 2014년
22. 환경부, 침수대응 하수도 시뮬레이션 가이드라인 마련 연구, 2011.10.

23. 환경부, 하수도 악취관리 가이드북 → 악취방지법에 따른 배출구, 배출, 2015.07

24. 서울시정개발연구원, 도로변 빗물받이 악취해소방안, 2007년

25. 서울시정개발연구원, 하수암거 최적관리를 위한 모니터링 구축방안연구, 2007년

26. 환경부, 하수암거 CCTV조사 및 개·보수 판단기준 표준메뉴얼, 2012년

27. 나스텍엔지니어링, 상하수도 관망 최적관리기술 - 하수암거 조사·관리 및 불명수 저감을 위한 최적장비 시스템 연구, 2004,07.

28. 중앙대, 정량측정을 위한 하수암거 유량센서 보정모듈 패킷개발, 2006.06.

29. 서울시립대, TRS센서를 이용한 하수암거의 악취물질 제어기술개발, 2009.06.

30. 한국건설기술연구원, 멀티센서를 이용한 지하매설관로 상태평가 및 관리시스템개발, 2008.12.

31. 성균관대학교, 하수암거탐사 측정을 위한 지능형 로봇시스템 개발, 2009.06.

32. 성균관대학교, 하수관망 손상의 다목적 검사를 위한 통합시스템 및 운용기술개발 - 산학 공동기술개발지원사업 최종보고서, 2009.06.

33. 전북대, 수질개선을 위한 하수슬러지 원격조정 무인처리기술개발, 2011.07.

34. ㈜미라이후손, 스마트 암거 탐지시스템개발, 2011.07.

35. ㈜차후, 스마트 암거 탐지시스템개발, 2012,08.

36. Ministry of Environment, Statistics of Sewage, 2013

37. Seoul Metropolitan, Seoul Metropolitan Sewerage Maintenance Basic Plan (Change), 2009

38. Seoul, Causes and Response Methods of the Sinkhole during the Construction of the Subway Shield Tunnel under Seokchon Underpass, 2014

39. Intellectual Property Office, Patent Publication Patent Registration Number 10-0353391, An Integrated Method for Providing Monitoring/Management Data of A Sewer System and A System Thereof, 2001.05.11.

40. Intellectual Property Office, Patent Publication Patent Registration Number 10-0850307, Monitoring System for Maintenance of Sewer, 2008.06.13

41. National Emergency Management Agency, Disaster Report, 2012

42. Seoul Development Institute, Study of Sewer System Monitoring for the Optimal Management, 2006

43. Seoul, Metropolitan, A Study on the Establishment Criteria and Management Plan of Seoul City Habitual Immersion Area, 2006

44. Intellectual Property Office, Patent Publication Patent Registration Number 10-1275117, Remote Monitoring Devices Exploration Pipeline for Drain Water Pipe, 2013.6.17.

45. Intellectual Property Office, Patent Publication Patent Registration Number 10-1345186, System for Monitoring Flooding of Road and its Method, 2013.06.26.

46. Intellectual Property Office, Patent Publication Patent Registration Number 20-0265867, Crawler(Apparatus for Measuring Inclination and Duct Inner Diameter), 2001.10.20.

47. Lee Byeonggi et al. A Study on the Ubiquitous basde Public-private Partnerships for Emergency Management System, 2009.12

48. Korea Water and Wastewater Association, Sewerage facility standards, 2011

49. Kim Jongbu, ATMEGA 128 Theory and Experiment, Bogdoo Publisher, 2007

50. Hwang Haegwon, AvrEdit3.6 of Learn Together AVR I Love Atmega 128, Bogdoo Publisher, 2007

51. Son, Byung Jik, Jeon, Joon Ryong, Heo, Gwang Hee, Image Processing Algorithm for Crack Detection of Sewer with low resolution, 2010

52. Jantira Hengmeechai, Regina, Saskatchewan, AUTOMATED ANALYSIS OF SEWER INSPECTION CLOSED CIRCUIT TELEVISION VIDEOS USING IMAGE PROCESSING TECHNIQUES, 2013

[별 첨]

J. of Korean Society of Environmental Technology
Vol. 18, No. 2, February 2017, pp. 103~114
ISSN 1229-8425

재난을 예방·대응하기 위한 사각 하수암거 원격 탐사 시스템 개발에 관한 연구

이동욱* · 채현병 · 채수권†

*경화엔지니어링 상하수도부, 을지대학교 보건환경안전학과

A Study on the Development of Remote Sensing System for a Rectangular Sewer Duct to Prevent and Respond to Disasters

Dong-Wook Lee* · Hyun-Byung Chae · Soo-Kwon Chae†

*Water and Sewerage Department, Kyunghwa Engineering Co., Ltd
Dept. of Health Environmental and Safety, Eulji University

(2017년 3월 13일 접수, 4월 17일 심사 및 수정 완료, 4월 21일 채택)

Abstract

Damage to underground facilities such as old sewer pipes has caused leakage of sewage, and road sink accidents like sinkholes are increasing rapidly. In order to correspond to safety accidents, it is necessary to develop devices for controlling and monitoring the leakage of sewerage facilities. Therefore, in this study, the camera, sensor, etc. are moved along the rail installed on the upper part of the sewer pipe, so that the entire investigation inside the pipe can be done.

And it was possible to develop a system that can move forward and backward by rails installed at the upper part of the sewer pipe and monitor at a faster speed than existing technology. In order to control and detect the environmental condition of the underground facility by the developed system, this study proposed an efficient method of designing the module system interconnected with the internal network with the serial interface. It is expected that the proposed method in this paper is able to provide the more adaptable and flexible design technique for the specification of condition and factors needed in the fast-changed environment market.

Key words : *Rectangular Sewer Duct, Disaster Prevention and Response System, Remote Sensing System, Self-driving Vehicle Monitoring, H_2S and Water Level Measurement*

요지

오래된 하수관거와 같은 지하매설물들의 손상에 의해 하수가 누수됨으로서 싱크홀 같은 도로함몰사고가 급증하고 있다. 이와 같은 사고에 대응하고 예방하기 위하여 하수관거시설의 누수를 제어

†Corresponding author
Tel : 031-740-7146 Fax : 031-740-7327 E-mail : cskwen@eulji.ac.kr

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2016.03.18
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(P16H0018)
출 원 번 호	10-2016-0032515 (접수번호 1-1-2016-0260318-90)
출원인 명칭	(주) 경화엔지니어링(1-1999-007627-4)
대리인 성명	이준성(9-2010-001492-7)
발명자 성명	김태규 류희구
발명의 명칭	하수관로 운영관리를 위한 하수관로 내 환경모니터링용 자주차

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.

8.기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2017.03.09

특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(177)

출 원 번 호 10-2017-0030160 (접수번호 1-1-2017-0237269-45)

출원인 명칭 (주) 경화엔지니어링(1-1999-007627-4)

대리인 성명 고영갑(9-2006-000893-6)

발명자 성명 김태규

발명의 명칭 하수이송관 관로 탐사장치 및 이를 이용한 실시간 관로 모니터링 방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.

8.기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

제 C-2016-007505 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 (명칭)	하수암거용 자주차 원격제어용 소프트웨어		
2. 저작자 성명 (법인명)	주식회사 경화엔지니어링 경상남도 창원시 의창구 중앙대로	3. 생년월일 (법인등록번호)	134111-0040167
4. 창작연월일	2016년02월10일		
5. 공표연월일	2016년03월21일		
6. 등록사항	저작자 : 주식회사 경화엔지니어링, 창작 : 2016.02.10, 공표 : 2016.03.21		
7. 등록연월일	2016년03월29일		

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2016년 03월 30일

한 국 저 작 권 위 원 회

제 C-2017-006669 호

저작권 등록증

1. 저작물의 제호(명칭)	하수암거용 자주차 원격 모니터링 소프트웨어
2. 저작물의 종류	컴퓨터프로그램저작물>응용프로그램>산업용 S/W
3. 저작자 성명(법인명)	주식회사 경화엔지니어링 경상남도 창원시 의창구 중앙대로
4. 생년월일(법인등록번호)	134111-0040167
5. 창작연월일	2017년03월06일
6. 공표연월일	2017년03월06일
7. 등록연월일	2017년03월15일
8. 등록사항	저작자 : 주식회사 경화엔지니어링, 창작 : 2017.03.06, 공표 : 2017.03.06

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2017년 03월 16일

한국저작권위원회

KOREA COPYRIGHT COMMISSION · 한국저작권위원회 ·

신기술인증 · 기술검증 신청서

※ [ ]에는 해당되는 곳에 √표를 합니다.

(앞쪽)

접수번호	접수일	처리기간	신기술인증: 90일 (공고기간 제외) 기술검증: 120일 (공고기간 및 현장평가기간 제외)

구분	[√] 신기술인증 [ ] 기술검증	
기술명	레일형 무선자주차를 이용한 하수관거 모니터링 및 맵 표시 기술	
기술 보유자	법인명 ㈜경화엔지니어링	주소 경기도 성남시
	성명(대표자) 이	생년월일
기술 내용 (요약)	황화수소는 누출시 인간을 사망에 이르게 할 수 있는 매우 치명적인 유독물질로 하수관을 부식케하고 심각한 악취의 최대 주범이다. 본 기술은 레일이 설치된 하수관거를 따라 무선자주차 로봇이 상시 운행하며 수위와 황화수소를 측정하고 이를 맵과 연동하여 실시간으로 위험도와 오염도를 표시하며, 이상여부를 판단하여 이상징후 판별시 경보를 표시하는 하수관거 모니터링 기술이다.	
신기술 범위	① 사각형 하수암거 내 레일을 설치하고 레일따라 이동하도록 구성된 무선 자주차를 이용하여 레일의 마그네틱 위치에 따라 정해진 구획을 이동하여 황화수소(H_2S) 오염도 및 수위(水位)를 계측하고 이를 분석하여 맵(map) 위에 하수관거 위치별로 실시간 디스플레이 하는 하수관거 모니터링 기술 ② 무선 자주차를 이용하여 사각형 하수암거 내 황화수소(H_2S) 오염도와 수위(水位)를 계측하고 설정값과 비교하여 이상유무를 판단하며 이상징후가 확인될 경우 오염경보와 위험경보를 실시간으로 맵(map)을 통해 알리는 모니터링 기술	
검증 항목 (기술검증의 경우)		

「환경기술 및 환경산업 지원법」 제7조, 같은 법 시행령 제18조 및 같은 법 시행규칙 제6조제1항에 따라 위와 같이 ([√] 신기술인증, [ ] 기술검증)을 신청합니다.

2017 년 3 월 일

신청인 ㈜경화엔지니어링 (서명 또는 인)

환경부장관 귀하

첨부서류		수수료
	1. 기술의 개발배경 · 연혁 · 원리 및 타당성 등을 기술한 서류 2. 기술의 성능 · 경제성을 기술한 서류 3. 평가대상 시설의 설계도 및 운전절차서 4. 평가항목 · 평가횟수 · 평가방법, 평가와 관련한 원료 · 재료 또는 시료의 종류, 국내 가동 시험성적서 등 신청인이 자체 평가한 내용을 기술한 서류 5. 신기술의 내용(신기술의 요지 및 기술의 신규성 · 우수성에 대한 구체적인 내용을 포함합니다)을 기술한 서류 6. 국내외의 사용실적(사용실적이 있는 경우만 해당합니다), 국내외의 특허 또는 인증 등 신청인이 기술 보유자임을 증명하는 서류 7. 「특허법」 제58조에 따라 지정받은 전문기관이 실시한 선행기술조사 보고서 8. 기술검증의 경우 검증을 받으려는 사항 및 현장평가방법을 기술한 서류 9. 그 밖에 신기술인증이나 기술검증을 위하여 필요하다고 인정하여 환경부장관이 고시하는 서류	별표 7 제2호에 따른 금액

210mm×297mm[백상지 80g/㎡]

- 함께 만드는 내일 든든하고 편안한 서구 -

인천광역시서구

수신 (주)경화엔지니어링 귀하
(경유)
제목 하수박스 내 온라인용 자주차 설치공사를 위한 협의의견 회신

1. 귀 사의 무궁한 발전을 기원합니다.

2.「재난재해 대비 및 유지관리를 위한 하수암거 원격 탐사시스템 개발」과 관련하여 연구과제를 수행하기 위한 시설물 설치공사에 대한 협의의견을 붙임과 같이 회신합니다.

붙임 협의의견 1부. 끝.

인천광역시서구청장

실무관	김태형	실무관	이진성	건설과장	전결 2016. 11. 18. 김형철
협조자					

시행 건설과-40229 (2016. 11. 18.) 접수

우 22726 인천광역시 서구 서곶로 307, (심곡동, 서구청) / http://www.seo.incheon.kr

전화번호 032-560-4533 팩스번호 032-560-2764 / zibet97@korea.kr / 대국민 공개

정보의 개방과 공유로 일자리는 늘고 생활은 편리해집니다.

재난·재해 및 유지관리를 위한 하수암거 원격탐사시스템 개발을 위한
하수박스 내 온라인용 자주차 설치공사 협의의견

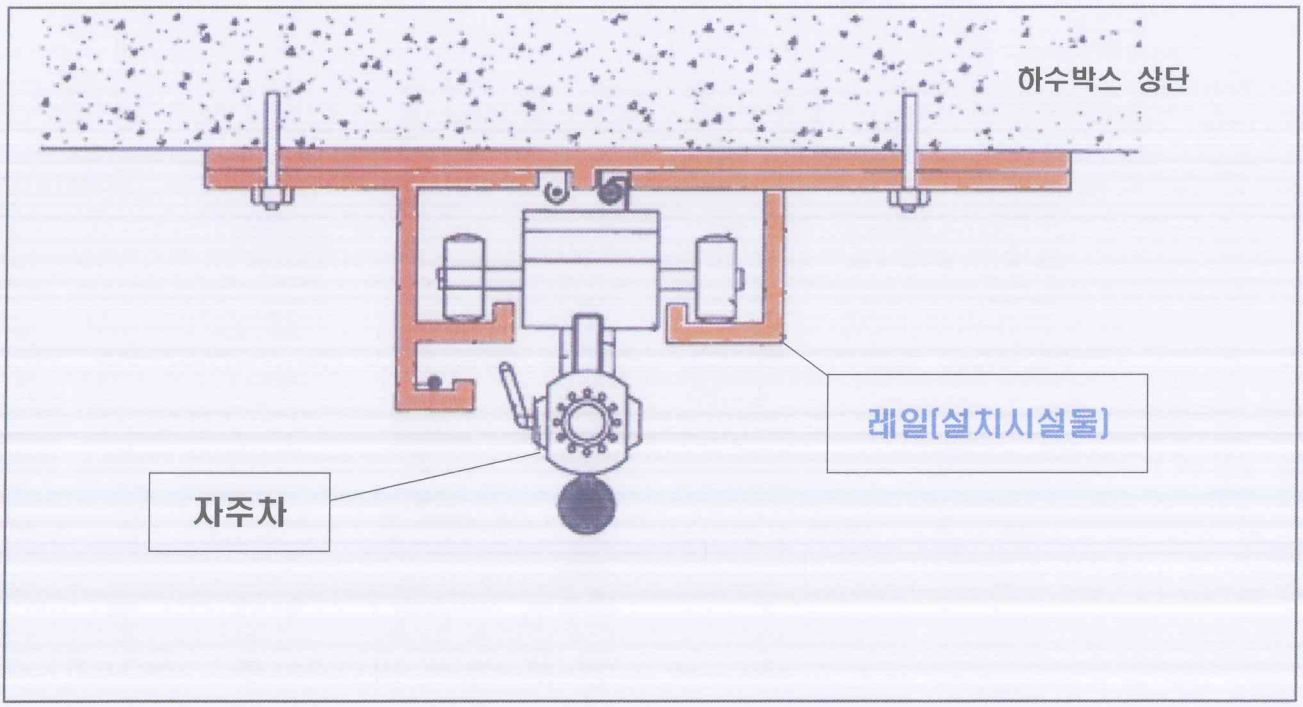
구 분	내 용
사업개요	○ 사 업 명 : 국토교통기술사업화 지원사업 ○ 과 제 명 : 재난재해 및 유지관리를 위한 하수암거 원격탐사시스템 개발 ○ 발주기관 : 국토교통과학기술진흥원 ○ 연구기관 : ㈜경화엔지니어링
협의사항	○ 하수암거 내 실시간 모니터링 장치 시범 설치·운용 ○ 설치내용 - 탐사장비 이송용 천정레일 : L=500m - 통신장치 1식 ○ 설치위치 : 인천광역시 서구 가좌동 606-2번지 일원 - 가좌로 하수BOX(5.0×3.3×3련 중 녹지 측에 위치한 1련BOX) ○ 설치기간 : 2016.11.20. ~ 2016.12.05. ○ 테스트기간 : 2016.11.20. ~ 2018.12.31. ○ 현장시공회사 : 이에스피(주), ㈜한국하이트웰
협의의견	가. 시설물 설치 가능여부 : 가능(조건부) 나. 설치 조건 1. 시설물 설치 후 발생하는 시설물의 하자, 파손 등에 대해서 설치자가 원상복구함을 원칙으로 함. 2. 현장 설치 완료 후 시공사진(전·중·후)을 제출하여야 함. 3. 시공 시 발생할 수 있는 안전사고에 대비하고 향후 발생한 안전사고 및 인적, 물적 피해에 대하여 원상복구 또는 보상하여야 함. 4. 향후 개발연구 완료 시 해당 시설물 원상복구를 원칙으로 함. 5. 기타 변동사항 발생 시 건설과 치수관리팀과 협의하여야함.

김태형/서구|도시관리국|건설과/2016-11-18 17:29:15

❑ 위 치 도


가좌동 606-2번지 일원 : L=500m
시엘하이테크
송림하이텍
SK주유소
오일뱅크
동아일루미늄
후지제록스
가좌3동
인천광역시 의료원
주인비티센터
인천공단 우체국
심팩 인더스트리
E1-LPG 충전소
수협은행
동구구민 운동장
한국수출산업제5차6차 국가산업단지
시립가좌 테니스장
화인화학
도화119 안전센터
인천기계 할판산업단지
케이피 일렉트릭
IBK기업은
리나이코리아
인천비즈니스 고등학교
태성타이어
한국볼리텍대학 남인천캠퍼스

❑ 시설물단면도


하수박스 상단
레일(설치시설물)
자주차

5061-9CF8-3693-0E84

방송통신기자재등의 적합인증서

Certificate of Broadcasting and Communication Equipments

상호 또는 성명 *Trade Name or Applicant*	(주)미래시그널
기자재 명칭 *Equipment Name*	특정소출력 무선기기(무선데이터통신시스템용 무선기기)
기본모델명 *Basic Model Number*	MS5000D
파생모델명 *Series Model Number*	
인증번호 *Certification No.*	MSIP-CRM-M7M-MS5000D
제조자/제조국가 *Manufacturer/ Country of Origin*	(주)미래시그널 / 한국, 중국
인증연월일 *Date of Certification*	2015-09-04
기타 *Others*	

위 기자재는「전파법」제58조의2 제2항에 따라 인증되었음을 증명합니다.

It is verified that foregoing equipment has been certificated under the Clause 2, Article 58-2 of Radio Waves Act.

2015년(Year) 09월(Month) 18일(Date)

국립전파연구원장 국립전파연구원장인

Director General of National Radio Research Agency

※ 인증 받은 방송통신기자재는 반드시 "적합성평가표시"를 부착하여 유통하여야 합니다.
위반시 과태료 처분 및 인증이 취소될 수 있습니다.

카메라 품질 보증서

□ 카메라 사양

항 목	내 용	비 고
전체구성	PTZ IP Camera, PTZL 컨트롤러, DC모터2 등	L=light
Pan, Tilt	Pan 350도, Tilt 180(좌180,우180)	
이미지센서	1/3'' Ex-view 3.1MP CMOS	
Zoom렌즈	광학 10배 Zoom, 4.9mm~49mm, 3초(wide~tele)	
FOV	53.2~5.65도 (wide~tele)	
최대해상도	1920x1080 / 30fps, 210만 화소	
방수방진	IP67, 먼지로부터 완벽 보호, 침수시 방수	6 먼지 7 수분
조명(LED)	2,300lm, 집중형	
사용온도	-20~80°C	
프로토콜	HTTP, DDNS, DHCP, PPPoE, RTSP, RTP, RTCP	
압축방식	H.264 / MPEG, JPEG	
셔터스피드	1/5~1/50000초	
F Number	Color:0.2Lux F1.2,B/W:0.02Lux F1.2	
기 타	DC 모터, PWM 제어	

상기 사양과 다름이 없음을 보증합니다.

2017.01.06.

주 식 회 사 이 너 텍 대 표 이 사 (인)



Better Safety Better Life
SENKO
Gas sensor technology

We hereby certify that we have tested above products in accordance with the SENKO's standard inspection procedures and that the quality is in fully conformity with the specifications and the standards.

Calibration and Test Certificate

Calibration date : 2016.07.11
Certificate date : 2016.07.11

Specification

Product Name	Serial No.	Sensor	Range
SM16X1 H2S		H2S	0 ~ 100 ppm

Calibration

Gas	Concentration	Reading	Response Time(T90)
H2S	50 ppm	49 ppm	≤ 15 seconds

Factory Alarm Settings

Low Alarm	High Alarm	STEL	TWA
10 ppm	20 ppm	15 ppm	10 ppm

Performance Test

Start up	:	***Pass***
Zero Caliration	:	***Pass***
Span Calibration	:	***Pass***

Calibrated by _____ *Approved by* _____

SENKO Co., Ltd. 15 Road. Oesammiro, Osan-si, Gyeonggi-do, 447-230, South Korea.
Phone: 82-31-492-0445 Fax: 82-31-492-0446 Home://www.senko.co.kr

Better Safety Better Life
SENKO
Gas sensor technology

We hereby certify that we have tested above products in accordance with the SENKO's standard inspection procedures and that the quality is in fully conformity with the specifications and the standards.

Calibration and Test Certificate

Calibration date : 2016.07.11
Certificate date : 2016.07.11

Specification

Product Name	Serial No.	Sensor	Range
SM16X1 H2S		H2S	0 ~ 100 ppm

Calibration

Gas	Concentration	Reading	Response Time(T90)
H2S	50 ppm	50 ppm	≤ 14 seconds

Factory Alarm Settings

Low Alarm	High Alarm	STEL	TWA
10 ppm	20 ppm	15 ppm	10 ppm

Performance Test

Start up	:	***Pass***
Zero Caliration	:	***Pass***
Span Calibration	:	***Pass***

Calibrated by _____ *Approved by* _____

SENKO Co., Ltd. 15 Road. Oesammiro, Osan-si, Gyeonggi-do, 447-230, South Korea.
Phone: 82-31-492-0445 Fax: 82-31-492-0446 Home://www.senko.co.kr

BWS Testing Laboratory
국제공인시험기관

TEST REPORT

시험 성적서

발급번호	BWS-17-SR-0023
의뢰자	(주) 경화 엔지니어링
의뢰자 주소	경상남도 창원시 의창구 중앙대로 263 (본사) 경기도 성남시 분당구 서현로 184, 4층(기술연구소)
제조사	상동
제조사 주소	상동

접수 일자	2017년 03월 06일	시험 일자	2017년 03월 07일
제품명	레일형 무선 자주차	모델명	S.R.C (Sewage Culvert under Remote sensing camera)
적용 규격	의뢰자가 제시한 시험기준	시험 결과	방수시험/적합
시험 환경	**(25±5) ˚C, (50±5)% R.H.**	성적서 용도	국토교통과학기술진흥원 제출용

본 시험 성적서는 성적서 용도 외에 사용을 금합니다.
This test report shall not be used outside the purpose of its defined usage.

이 시험결과는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.
The results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated.

2017 년 03 월 09 일

확 인 Affirmation	시험자 (Tested by)	승인자 (Technical Manager)
	성 명: 최 해 준 (서명)	성 명: 최 형 준 (서 명)

*발행된 성적서의 진위 여부 확인이 필요한 경우, 하단의 전화번호 또는 admin@bws.co.kr 으로 연락 주시기 바랍니다.
Should you need to check the authenticity of the above test report, please contact us at the phone No. below or admin@bws.co.kr.

BWS TECH INC.

경기도 용인시 처인구 모현면 곡현로480번길 23

TEL: 031-333-5997 FAX: 031-333-0017 http://www.bws.co.kr

BWS Testing Laboratory
국제공인시험기관

TEST REPORT

신뢰성 시험 성적서

발급번호	BWS-17-SR-0028
의뢰자	(주)경화엔지니어링
의뢰자 주소	경상남도 창원시 의창구 중앙대로 263 (본사) 경기도 성남시 분당구 서현로 184, 4층 (기술연구소)
제조사	상동
제조사 주소	상동

접수 일자	2017-03-17	시험 일자	2017-03-24
제품명	레일형 무선 자주차	모델명	S.R.C(Sewage Culvert under Remote sensing camera)
적용 규격	의뢰자 제시 규격	시험 결과	주행기능시험/적 합
시험 환경	(25±5) ℃, (50±5)% R.H.	성적서 용도	국토교통과학기술진흥원 제출용

본 시험 성적서는 성적서 용도 외에 사용을 금합니다.
This test report shall not be used outside the purpose of its defined usage.

이 시험결과는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.
The results shown in this test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated.

2017년 03월 28일

확 인 Affirmation	시험자 (Tested by)	승인자 (Technical Manager)
	성 명: 최 해 준 (서명)	성 명: 최 형 준 (서명)

*발행된 성적서의 진위 여부 확인이 필요한 경우, 하단의 전화번호 또는 admin@bws.co.kr 으로 연락 주시기 바랍니다.
Should you need to check the authenticity of the above test report, please contact us at the phone No. below or admin@bws.co.kr.

BWS TECH INC.

경기도 용인시 처인구 모현면 곡현로480번길 23

TEL: 031-333-5997 FAX: 031-333-0017 http://www.bws.co.kr

BWS Testing Laboratory
국제공인시험기관

신뢰성 시험 성적서

발급번호	**BWS-16-SR-0022**		
의 뢰 자	(주) 경화 엔지니어링		
의 뢰 자 주 소	경상남도 창원시 의창구 중앙대로 **263** (본사) 경기도 성남시 분당구 서현로 **184, 4**층 (기술연구소)		
제 조 사	상동		
제 조 사 주 소	상동		
접 수 일 자	**2016**년 **04**월 **18**일	시 험 일 자	**2016**년 **05**월 **11**일
제품명	카메라모듈 및 **CPU**	모델명	**S.R.C.** **(Sewage Culvert under Remote sensing Camera)**
적 용 규 격	의뢰자가 제시한 시험기준	시 험 결 과	무선통신거리시험**(150 m)**/적합
시 험 환 경	**(25±5) ˚C, (50±5)% R.H.**	성적서 용도	국토교통과학기술진흥원 제출용

본 시험 성적서는 성적서 용도 외에 사용을 금합니다.
이 시험결과는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정됩니다.

2016 년 **05** 월 **18** 일

확 인	시험자: 오은진 서명:	승인자: 최형준 서명:

BWS TECH INC.
경기도 용인시 처인구 모현면 곡현로480번길 23
TEL: 031-333-5997 FAX: 031-333-0017 http://www.bws.co.kr

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통과학기술진흥원에서 시행한 [국토교통기술사업화 지원사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통과학기술진흥원에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.