

최종보고서(일반과제용)						보안등급		
						일반[✓], 보안[]		
중앙행정기관명	국토교통부				사업명	사업명		국토교통기술혁신연구사업
전문기관명	국토교통과학기술진흥원				내역사업명			국토교통기술혁신연구
공고번호	공고-제00호				총괄연구개발 식별번호			-
					연구개발과제번호			20CTAP-C143381-03
국가과학기술 표준분류	EI.	25%	EA.	25%	ED.	25%	EE.	25%
총괄연구개발명	국문	BLE 통신 기반 스마트볼트를 활용한 노후 상수도 밸브의 무단수 교체 시스템 개발						
	영문	A Development of replacing system of valve without cut off water using smart bolt based on BLE						
연구개발과제명	국문	- BLE 통신 기반 노후 상수도 밸브 스마트 무단수 교체 장비 개발 - 상수도 밸브 누수 검출 알고리즘 내장 스마트볼트 및 상태 감시 장치 개발						
	영문	- BLE-based aging water supply valve smart non-stop water replacement equipment development - Development of smart bolt and condition monitoring device with built-in water supply valve leak detection algorithm						
주관연구기관	기관명	우리기술㈜			사업자등록번호	129-86-85890		
	주소	충청남도 공주시 무령로 330, 3층(옥룡동)			법인등록번호	131111-0365708		
주관연구책임자	성명	정 해 욱			직위	사 장		
	연락처	직장전화	041-855-1358		휴대전화	010-3327-9450		
		전자우편	ajussen1@naver.com		국가연구자번호	1118 8845		
연구개발기간	전체	2018.10.10. ~ 2021.06.30. (2년 9개월)						
	1년차	2018.10.10. ~ 2018.12.31. (3개월)						
	2년차	2019.01.01. ~ 2019.12.31. (1년)						
	3년차	2020.01.01. ~ 2021.06.30. (1년 6개월)						
연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금 자립자금체 기타()		합계		연구개발비 외 지원금
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	
총계	600,000	20,000	180,000	-	-	620,000	180,000	0
1년차	150,000	5,000	45,000	-	-	155,000	45,000	0
2년차	250,000	8,330	74,970	-	-	258,330	74,970	0
3년차	200,000	6,670	60,030	-	-	206,670	60,030	0
공동연구기관 등	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고		
	공동연구기관	(주)코아칩스	이재문	전무	010-3282-6782	jlee@corechips.co.kr	공동	중소기업
연구개발담당자 실무담당자	성명	박 지 영			직위	대리		
	연락처	직장전화	041-855-1358		휴대전화	010-9180-2467		
		전자우편	whfudus@naver.com		국가연구자번호	1182 1431		

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재 처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021 년 08 월 30 일

주관연구책임자 :

정 해 욱 (직인)

주관연구기관의 장 : 우리기술㈜

박 나 영 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

< 요약 문 >

사업명		국토교통기술촉진연구 사업			총괄연구개발 식별번호		-		
내역사업명		국토교통기술혁신연구			연구개발과제번호		20CTAP-C143381-03		
국가과학기술 표준분류		EI.	25%	EA.	25%	ED.	25%	EE.	25%
총괄연구개발명		BLE 통신 기반 스마트볼트를 활용한 노후 상수도 밸브의 무단수 교체 시스템 개발							
연구개발과제명		BLE 통신 기반 노후 상수도 밸브 스마트 무단수 교체 장비 개발 상수도 밸브 누수 검출 알고리즘 내장 스마트볼트 및 상태 감시 장치 개발							
전체 연구개발기간		2018.10.10. ~ 2021.06.30. (2년 9개월)							
총 연구개발비		총 800,000 천원 (정부지원연구개발비 : 600,000 천원, 기관부담연구개발비 : 200,000 천원, 지방자치단체 : - 천원, 그 외 지원금 : - 천원)							
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[✓] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도		착수시점 기준(TRL4) 종료시점 목표(TRL6)		
연구개발과제 유형		지정공모 [] 자유공모 [✓]							
연구개발과제 특성		실용화							
연구 개발 목표 및 내용	최종 목표		BLE 통신 기반 스마트볼트를 활용한 노후 상수도 밸브의 무단수 교체 시스템 개발						
	전체 내용		• 상수도 유지관리기술의 국내·외 최신 동향 분석 • 상수도 관로 및 밸브의 취약부 및 손상유형 분석 • 상수도 관로 및 밸브 적용을 위한 수압 및 환경 분석 • 스마트 무단수 밸브 교체 장비 A,B TYPE(80mm,100mm) 하드웨어 구조 최적 설계 • 스마트볼트 및 누수 상태 감시 장치 • 무단수 교체 장비 H/W 제작 • Mock-up 제작 및 Pilot 테스트 실시를 통한 문제점 분석 및 보완 • 사용자 친화적 모니터링 UI 구축 • 스마트볼트 신호의 가공 및 특성 추출을 위한 신호처리 알고리즘 개발 • 손상 시각화 알고리즘 개발 • 관리자 모니터링 프로그램 제작 • 무단수 밸브 교체 시스템 기반 매뉴얼 작성 • 무단수 밸브 교체 시스템 기반						
	1년차	목표	A. 스마트 무단수 밸브 교체 시스템 개발 B. 상수도 누수 검출 스마트볼트 및 상태 감시 장치						
		내용	A-1. 스마트 무단수 밸브 교체 장비 H/W 최적 설계 ① 손상유형분석에 대한 보고서 작성 ② 하드웨어 설계도 작성 B-1. 스마트볼트 및 알고리즘 ① 스마트볼트 설계도 작성 ② 지정 토크 값에서 풀림의 70%이상을 감지할 수 있는 스마트볼트 공인시험성적서 발급						

	2년차	목표	A. 스마트 무단수 밸브 교체 시스템 개발 B. 상수도 누수 검출 스마트볼트 및 상태 감시 장치 C. BLE 통신 기반 계측결과 분석 및 수집된 신호자료 시각화 시스템 UI 개발										
		내용	A-2. 스마트 무단수 밸브 교체 장비 ① 무단수 밸브 교체장비 시작품 제작 B-1. 스마트볼트 및 알고리즘 ① 스마트볼트 설계도 작성 ② 누수검출 상태 감시장비 시작품 제작 C-1. BLE 통신 기반 모니터링 시스템 및 UI 제작 ① UI개발 및 보고서 작성 ② 데이터 수집장치 시작품 개발 ③ 10m이상의 통신거리를 갖는 BLE통신모듈장치 공인시험성적서 발급 C-2. 시각화 기반 점검자 친화적 점검 시스템 개발 ① 손상시각화 알고리즘 개발 및 보고서 작성 ② 관리자 모니터링 프로그램 개발 및 S/W 등록										
	3년차	목표	A. 스마트 무단수 밸브 교체 시스템 개발 B. 상수도 누수 검출 스마트볼트 및 상태 감시 장치 C. BLE 통신 기반 계측결과 분석 및 수집된 신호자료 시각화 시스템 UI 개발 D. 상수도 밸브 및 연결부 손상별 유지관리 매뉴얼 정립										
		내용	A-3. 현장적용 검증 ① 시험을 통한 최대수압 18kgf/cm ² 이상의 공인시험성적서 발급 ② 현장검증을 통한 최대 작업시간 5시간 이내 시공 ③ 현장검증을 통한 작업 최소 필요인원 3인 이내 시공 B-2. 누수 검출 상태 감시 장치 ① Multi-sensor를 활용한 누수 검출 감지 장치 시작품 제작 C-3. 현장적용 및 검증 ① 관리자 모니터링 프로그램 개발을 통한 현장검증 수행 D-1. 시스템 구축 및 매뉴얼 작성 ① 작업의 효율성 및 결과의 일관성을 위한 매뉴얼 정립										
연구개발성과		- 노후 상수도 밸브 교체를 위한 스마트 무단수 교체 장비 개발 - 상수도 밸브 누수 검출 알고리즘 내장 스마트볼트 및 상태 감시 장치 개발 - BLE 통신 기반 계측결과 분석 및 수집된 신호자료 시각화 시스템 UI 개발 - 상수도 밸브 및 연결부 손상별 유지관리 매뉴얼 정립											
연구개발성과 활용방안 및 기대효과		- 스마트 무단수 교체 장비 개발 - 상수도 밸브의 교체 방식을 개선하여 단수로 인한 시간적, 공간적, 경제적 문제 해결 - 스마트볼트 및 누수 상태 감시 장치와 신호자료 시각화 시스템 UI 개발 - 상수도 밸브에 대한 즉각적 확인 및 추가적인 대응 가능 - 스마트 장비활용을 통한 안전점검 비용 절감											
연구개발성과의 비공여부 및 사유		해당없음											
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화학물	신품종		
								생명 정보	생물 자원		정보	실물	
	3	1				1							
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호				
국문핵심어 (5개 이내)	부단수 공법		스마트볼트		BLE 통신		상수도 밸브		유지관리				
영문핵심어 (5개 이내)	Branching method		Smart bolt		Bluetooth Low Energy		Waterworks valve		Maintenance				

< 목 차 >

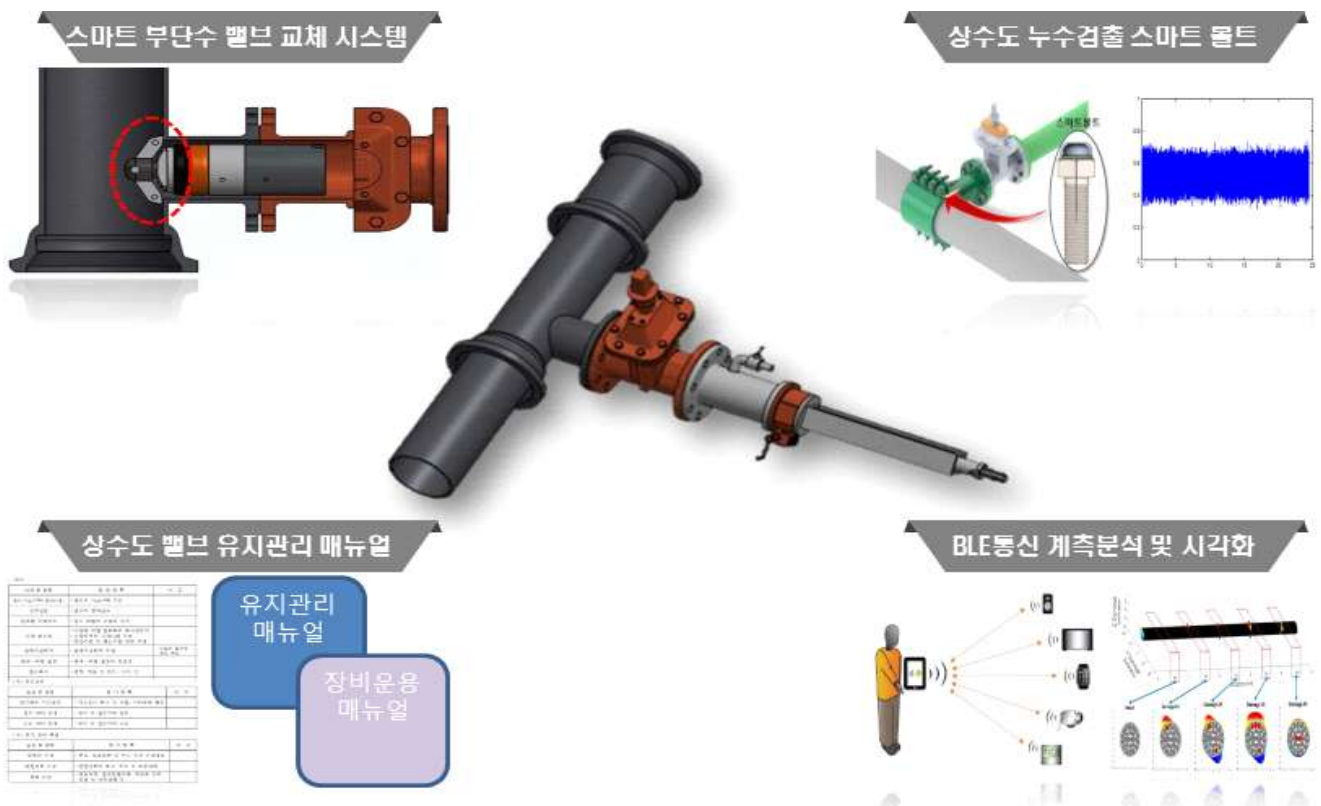
1. 연구개발과제의 개요		1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용		5
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도		68
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)		84
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도		84
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획		85

별첨자료(참고문헌 등)

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발과제의 최종 목표

- 본 연구의 최종목표는 『BLE 통신 기반 스마트볼트를 활용한 노후 상수도 밸브의 무단수 교체 시스템 개발』이다. 세부적으로는 무단수 교체 시스템 및 BLE 통신 기반 스마트볼트 개발을 통해 노후 상수도 밸브를 단수 없이 교체하고, 신 밸브를 장기적 유지관리가 가능하도록 하는 것이다. 또한, 무단수 상태(수위, VoC, 영상) 모니터링 및 상수도의 진동 주파수 분석 알고리즘의 신호자료 시각화를 통해 효율적이고 객관적인 상수도 유지관리 시스템을 개발하고자 한다.
- 연구개발 범위
 - 노후 상수도 밸브 교체를 위한 스마트 무단수 교체 장비 개발
 - 상수도 누수 검출 스마트볼트 및 상태 모니터링 시스템 개발
 - BLE 통신 기반 계측결과 분석 및 수집된 신호자료 시각화 시스템 UI 개발
 - 상수도 밸브 및 연결부 손상별 유지관리 매뉴얼 정립

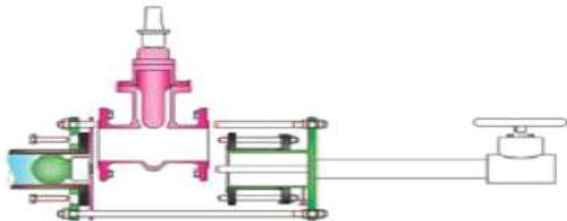


[그림 1] 연구개발 목표 개념도

- 본 ‘상수도 밸브의 무단수 교체 장비’ 운용에 따른 공사비 산정 결과, 유사한 기술의 부재로 공사비를 직접적으로 비교할 수 없었으며, 상수관로상에서 단수 및 밸브 교체 비용 대비 약 70%~80%정도 저감할 수 있다. (참고 : 건설신기술 565호)
- 밸브 교체를 위해 소요되는 일반적인 비용으로는, 단수에 따른 비용, 배수 및 통수에 따른 물값, 신설 밸브에 대한 재료비용, 밸브 분해 및 설치 비용, 밸브실 철거 및 재설치 비용, 크레인·굴삭기 등 중비 운용비용, 도로 재포장 비용, 신축관 설치 비용 등이 발생한다. 하지만, 본 ‘상수도 밸브의 무단수 교체 장비’ 운용 시에는 일부 불필요한 비용이며, 투입 인원과 시간이 단축되어 노무비 및 부대비용이 감소 된다.

○ 기존기술과 비교분석

기존 기술명	기술내용	공법의 원리, 특징 및 기능	차별성
부단수 밸브 교체기	밸브가 노후되었을 때 본관의 단수 없이 기존 밸브를 교체할 수 있는 장치	기존 기술의 가장 큰 특징은 밸브를 교체하기 위해 물막이부를 고무 또는 실리콘 같은 탄성이 있는 재질로 내부에 공기를 주입하여 차수를 하는 방식으로 외부에 공기 압축기가 필요하며, 물막이 부가 구 형태이다.	본 기술은 고무를 외부의 기계장치를 돌려 압축판과 고무 사이의 이격거리를 좁혀, 고무를 팽창시키는 방식으로 외부 장치가 필요하지 않고, 안전헤드 전면부에 걸쇠를 두어 안전성이 뛰어나다.



부단수 차단 공법	밸브를 교체하거나 관을 절단하기 위하여 본관에 천공을 한 후 차단부를 삽입하여 흐름을 차단하는 공법	기존 기술은 본관에 천공을 한 후 부채살과 같이 펼쳐지는 차단 장치를 삽입하여 용수를 차단하는 방식으로 천공부위에 별개의 밸브 설치가 필요하고, 장치가 거대하여 터파기 및 밸브실 상관제거 작업이 필요하다.	본 기술은 노후밸브 교체를 위해 운용되며, 천공을 통해 운용하는 기존기술과는 차별성이 있다.
-----------	---	--	---



엔드밀 공법	EM(엔드밀)천공기에 의한 부단수 공법	밸브를 본관에 설치하거나 간이 밸브로 이용하기 위해 EM천공기를 이용하여 디스크를 삽입하는 공법이다.	본 기술은 노후밸브 교체하기 위해 고무를 팽창시켜 완전히 차수하는 방식으로 안전성과 경제성을 확보할 수 있지만, 엔드밀 공법의 경우 노후관에서 완전한 차수가 불가능하다.
--------	-----------------------	--	--



2) 연구개발과제의 년차별 목표

○ 1차 연도(2018)

A. 스마트 무단수 밸브 교체 시스템 개발

A-1. 스마트 무단수 밸브 교체 장비 H/W 최적 설계

- ① 손상유형분석에 대한 보고서 작성
- ② 하드웨어 설계도 작성

B. 상수도 누수 검출 스마트볼트 및 상태 감시 장치

B-1. 스마트볼트 및 알고리즘

- ① 스마트볼트 설계도 작성
- ② 지정 토크 값에서 폴림의 70%이상을 감지할 수 있는 스마트볼트 공인시험성적서 발급

○ 2차 연도(2019)

A. 스마트 무단수 밸브 교체 시스템 개발

A-2. 스마트 무단수 밸브 교체 장비

- ① 무단수 밸브 교체장비 시작품 제작

B. 상수도 누수 검출 스마트볼트 및 상태 감시 장치

B-1. 스마트볼트 및 알고리즘

- ① 스마트볼트 설계도 작성
- ② 누수검출 상태 감시장비 시작품 제작

C. BLE 통신 기반 계측결과 분석 및 수집된 신호자료 시각화 시스템 UI 개발

C-1. BLE 통신 기반 모니터링 시스템 및 UI 제작

- ① UI개발 및 보고서 작성
- ② 데이터 수집장치 시작품 개발
- ③ 10m이상의 통신거리를 갖는 BLE통신모듈장치 공인시험성적서 발급

C-2. 시각화 기반 점검자 친화적 점검 시스템 개발

- ① 손상시각화 알고리즘 개발 및 보고서 작성
- ② 관리자 모니터링 프로그램 개발 및 S/W 등록

○ 3차 연도(2021)

A. 스마트 무단수 밸브 교체 시스템 개발

A-3. 현장적용 검증

- ① 시험을 통한 최대수압 18kgf/cm² 이상의 공인시험성적서 발급
- ② 현장검증을 통한 최대 작업시간 5시간 이내 시공
- ③ 현장검증을 통한 작업 최소 필요인원 3인 이내 시공

B. 상수도 누수 검출 스마트볼트 및 상태 감시 장치

B-2. 누수 검출 상태 감시 장치

- ① Multi-sensor를 활용한 누수 검출 감지 장치 시작품 제작

C. BLE 통신 기반 계측결과 분석 및 수집된 신호자료 시각화 시스템 UI 개발

C-3. 현장적용 및 검증

- ① 관리자 모니터링 프로그램 개발을 통한 현장검증 수행

D. 상수도 밸브 및 연결부 손상별 유지관리 매뉴얼 정립

D-1. 시스템 구축 및 매뉴얼 작성

- ① 작업의 효율성 및 결과의 일관성을 위한 매뉴얼 정립

[표 1] 연구개발과제의 년차별 목표

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2018)	스마트 무단수 밸브 교체 시스템 개발	스마트 무단수 밸브 교체 장비 H/W 최적 설계	국내・외 부단수장비는 대구경 상수관로를 대상으로 개발되고 있으며, 본 연구와 같이 100mm, 80mm에 대한 개발은 부족함	상수도관 손상유형분석 및 장비 하드웨어 설계	상수도관의 손상유형을 분석하여 이에 대한 적용장비 개발	18
	상수도 누수 검출 스마트볼트 및 알고리즘 개발	스마트볼트 및 알고리즘	상수도관로에 적용된 스마트볼트에 적용한 BLE통신기반 계측 모니터링 장치 개발이력 없음	풀림감지기능을 갖는 스마트볼트 설계	상수도관의 이상유무를 모니터링하기 위한 스마트볼트 개발	18
2년차 (2019)	스마트 무단수 밸브 교체 시스템 개발	스마트 무단수 밸브 교체 장비	국내・외 부단수장비는 대구경 상수관로를 대상으로 개발되고 있으며, 본 연구와 같이 100mm, 80mm에 대한 개발은 부족함	시작품 제작	1차년도 설계에 대한 시작품 제작 및 이에 대한 검증이 필요	5
	상수도 누수 검출 스마트볼트 및 알고리즘 개발	스마트볼트 및 알고리즘	상수도관로에 적용된 스마트볼트에 적용한 BLE통신기반 계측 모니터링 장치 개발이력 없음	스마트볼트 설계도 작성	상수도 적용 스마트볼트 개발을 위한 설계도서 작성	15
		누수 검출 상태 감시 장치		누수검출 상태감시장치 시작품 개발	상수도 적용 스마트볼트 누수검출장치 시작품 제작	
	BLE 통신 기반 계측결과 분석 및 수집된 신호자료 시각화 시스템 UI 개발	BLE 통신 기반 모니터링 시스템 및 UI 제작	상수도관로에 적용된 스마트볼트에 적용한 BLE통신기반 계측 모니터링 장치 개발이력 없음	모니터링 시스템 및 UI 제작	UI개발을 통한 모니터링 시스템 개발	7
		시각화 기반 점검자 친화적 점검 시스템 개발		데이터 수집장치 개발	데이터수집장치 시작품 개발	
				BLE통신 모듈에 대한 10m 이상 시험성정서 발급	사용자와 상수도관의 거리를 고려한 통신거리 확보	
				시각화 기반 점검자 친화적 점검 시스템 개발	손상시각화 알고리즘 개발 및 이에 대한 보고서 작성	
				사용자 편의를 위한 손상 시각화 알고리즘 개발	개발에 대한 저작권 확보 및 상용화 방안 모색 필요	
				소프트웨어 개발 및 등록		
3년차 (2021)	스마트 무단수 밸브 교체 시스템 개발	현장적용 검증	국내・외 부단수장비는 대구경 상수관로를 대상으로 개발되고 있으며, 본 연구와 같이 100mm, 80mm에 대한 개발은 부족함	최대수압 18kgf/cm2 작업시간 5hr 이내 작업인원 3인	개발된 장비에 대한 효율적인 운용	20
	상수도 누수 검출 스마트볼트 및 알고리즘 개발	누수 검출 상태 감시 장치		Multi-sensor를 활용한 누수 검출 감지 장치 시작품 개발	비접촉 상수도 모니터링 시스템 구축	7
	BLE 통신 기반 계측결과 분석 및 수집된 신호자료 시각화 시스템 UI 개발	현장적용 및 검증		관리자 모니터링 프로그램 현장시험 보고서 작성	현장적용을 통한 효용성 검토	3
	상수도 밸브 및 연결부 손상별 유지관리 매뉴얼 정립	시스템 구축 및 매뉴얼 작성		시스템 구축 및 매뉴얼 작성	작업의 효율성 및 결과의 일관성을 위한 매뉴얼 정립	7

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

○ 1차 연도(2018)

A. 스마트 무단수 밸브 교체 시스템 개발

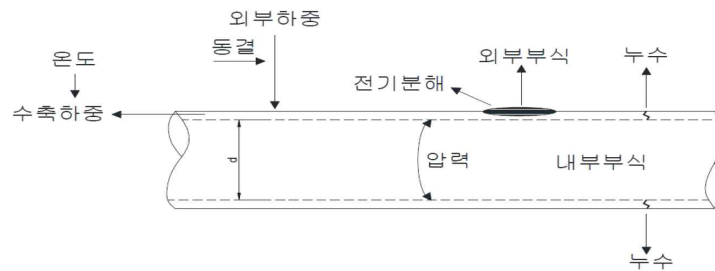
A-1. 스마트 무단수 밸브 교체 장비 H/W 최적 설계

① 손상 유형 분석

○ 취약부 및 손상유형분석

- 관 손상원인

국내에서 관로의 노후화와 부식에 기인한 문제점과 관의 사용 간에 발생 되는 손상에 대해 여러 방면으로 연구가 진행되었으며, 다양한 관로 파손의 원인은 크게 외부하중, 기온변화, 관의 내·외부 부식 등으로 분류된다. 아래 [그림 1.1]은 관로 파손원인을 나타낸다.

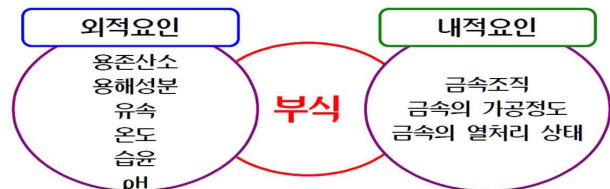


[그림 1.1] 관로의 파손 원인

- 외부하중에 의한 관 손상의 경우, 관 내·외부는 하중을 지탱하도록 설계 되지만 설계오류, 관 강도의 저하, 예상치 못한 하중으로 인해 하중이 관 재료의 강도를 초과한다면 구조적인 파손이 발생할 수도 있다.
- 기온의 변화는 기온의 저하에 따른 두 가지의 뚜렷한 방법으로 관에 영향을 미친다. 첫째 저온에 의한 수축으로 관의 인장력을 증가시키는 경우, 둘째 토양에 매설된 경우 토양 동결로 인한 토양수분의 팽창으로 외부 압력을 증가시키는 경우가 있다. 저온으로 인한 수축은 가변적인 조인트 덕분에 초과하중의 원인이 되지 않으나 관 접촉하고 있는 고정된 구조체는 수축을 제한받아 초과 인장력을 유발할 수 있다. 또한, 매설환경이 잘못되어, 관을 지지하고 있는 부분에서 힘에 의한 파손이 발생할 수 있다.
- 관 내·외부 부식의 경우는 금속이나 합금이 그 환경과의 화학적 작용 또는 전기·화학적 작용에 의해 표면으로부터 산화되어 소모, 파괴되어 가는 손상을 말하며 금속관의 부식은 관 재료와 관 주위의 환경사이의 전기화학적 반응에 의해 발생한다. 부식의 종류는 매우 다양하지만 [그림 1.2]는 부식의 종류를, [그림 1.3]은 부식에 영향을 주는 인자를 나타낸다.



[그림 1.2] 부식의 종류



[그림 1.3] 부식에 영향 인자

- 관로의 파손 형태

관의 파손은 크게 4가지 형태로, 원추방향의 파손(Circumferential), 길이방향의 파손(Longitudinal), 부식 또는 압력파열에 의한 구멍(Hole), 접합부 이탈(Split bell)로 구분된다.

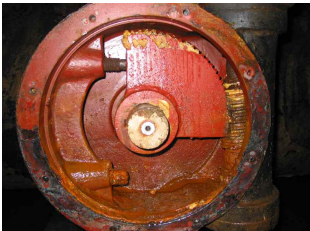
- 맨홀 및 밸브실 손상

상수도용 밸브는 제원, 부식상태, 누수 등을 조사하고 맨홀은 구조상태, 부속시설물의 관리 상태, 맨홀뚜껑의 이상 유무 등을 조사한다. [표 1.1]은 맨홀 및 밸브실 평가항목을, [표 1.2]는 맨홀 및 밸브실 상태조사 내용을 나타낸다.

[표 1.1] 맨홀 및 밸브실 평가항목

손상 및 결함	평가항목	비고
관체의 손상	부식, 도장탈락 및 누수 등의 손상정도	
관연결부 손상	관연결부의 부식, 누수 및 도장상태	
밸브 손상	밸브본체, 연결플랜지부, 축봉부 등의 외관 및 작동상태 등	

[표 1.2] 맨홀 및 밸브실 상태조사

구분	내용		
누수조사			
	배관부식	배관이음부 누수	공기밸브 누수
내부점검			
	기어박스 내부 점검 현황		

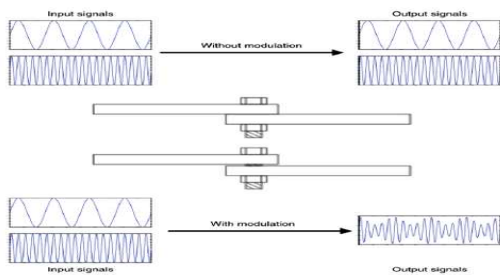
B. 상수도 누수 검출 스마트볼트 및 상태 감시 장치

B-1. 스마트볼트 및 알고리즘

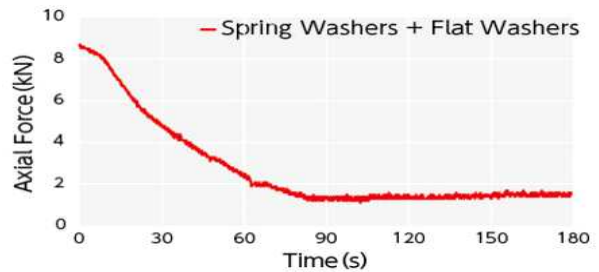
① 스마트볼트 설계

○ 스마트볼트 설계

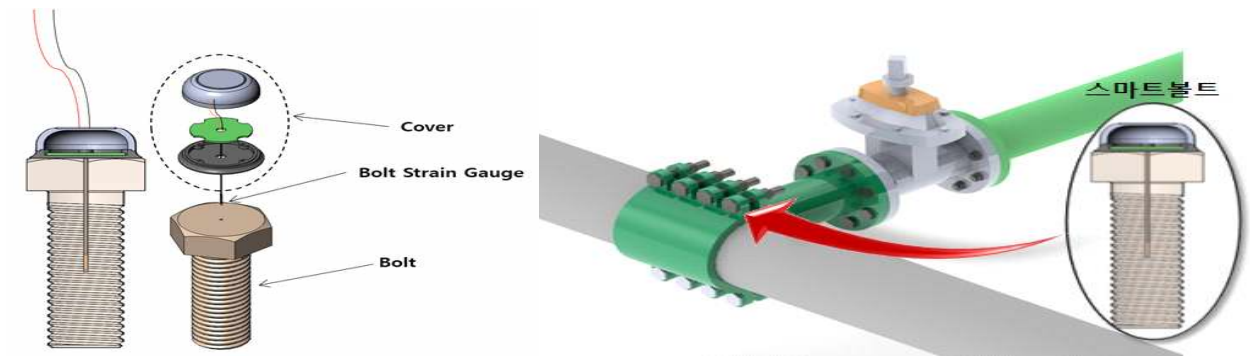
상수도관 및 밸브, 배관 등 서로 다른 구조물 간의 체결은 대부분 볼트와 너트로 체결된다. 내부에 유동 물질의 흐름 경로를 제공하는 구조물의 경우, 누수 발생 시 큰 피해가 발생할 수 있기 때문에 이를 관리할 필요가 있다. 볼트의 풀림으로 발생하는 누수를 방지하기 위해, 볼트의 풀림 상태를 확인할 수 있는 물리량을 측정하고, 이 물리량을 이용해 풀림을 식별할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 알고리즘 개발을 통해 풀림 정도에 따라 초기 체결 상태 기준 측정값과 비교하였을 때, 측정된 진동과 하중 값의 유의미한 차이가 발생하였다. 따라서, 진동과 체결 응력 값을 측정할 수 있는 스마트볼트를 개발하여 상수도 누수검출 상태 감시장치를 구현하였다. 아래 [그림 1.5]는 볼트 풀림에 의한 진동 변화를, [그림 1.6]은 볼트 풀림에 의한 볼트 하중 변화를 나타내었다.



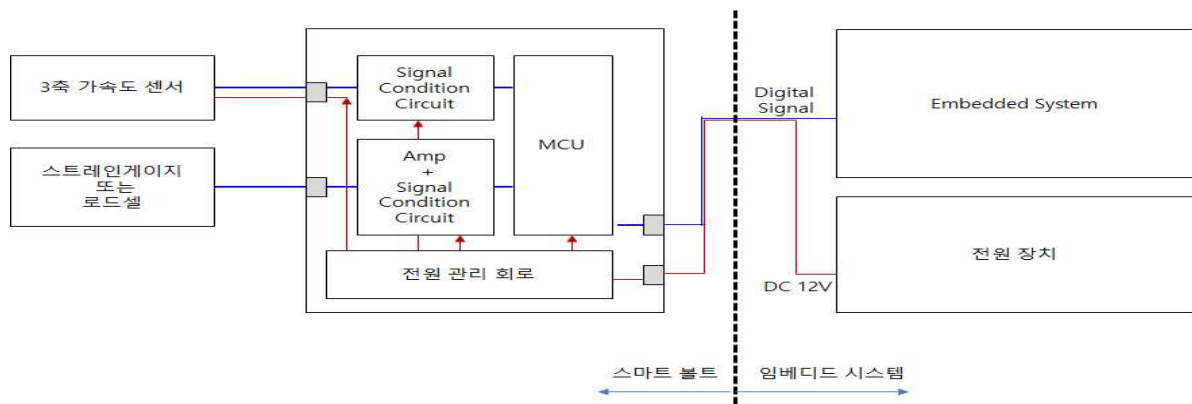
[그림 1.5] 볼트 풀림에 의한 진동 변화



[그림 1.6] 볼트 풀림에 의한 볼트 하중 변화



[그림 1.7] 스마트볼트 시스템 구성 컨셉

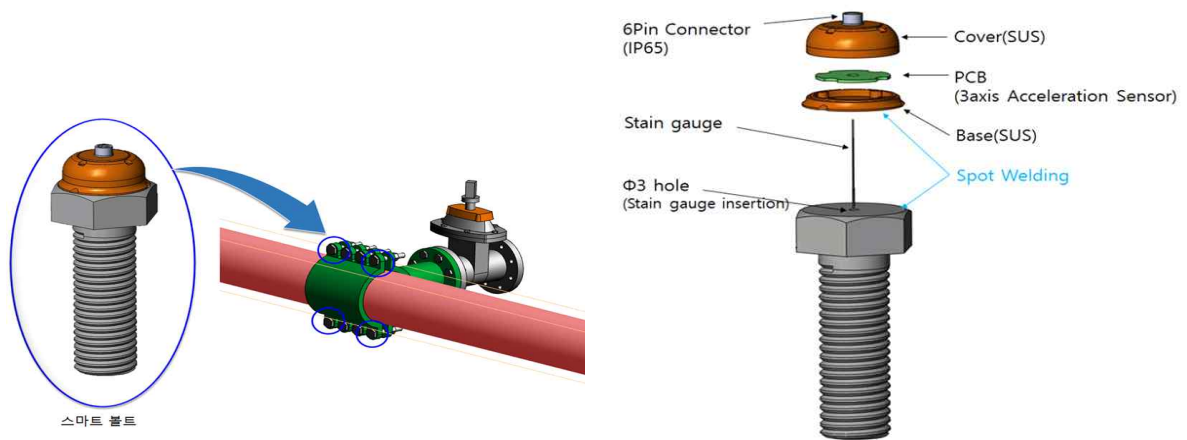


[그림 1.8] 스마트볼트 시스템블록도

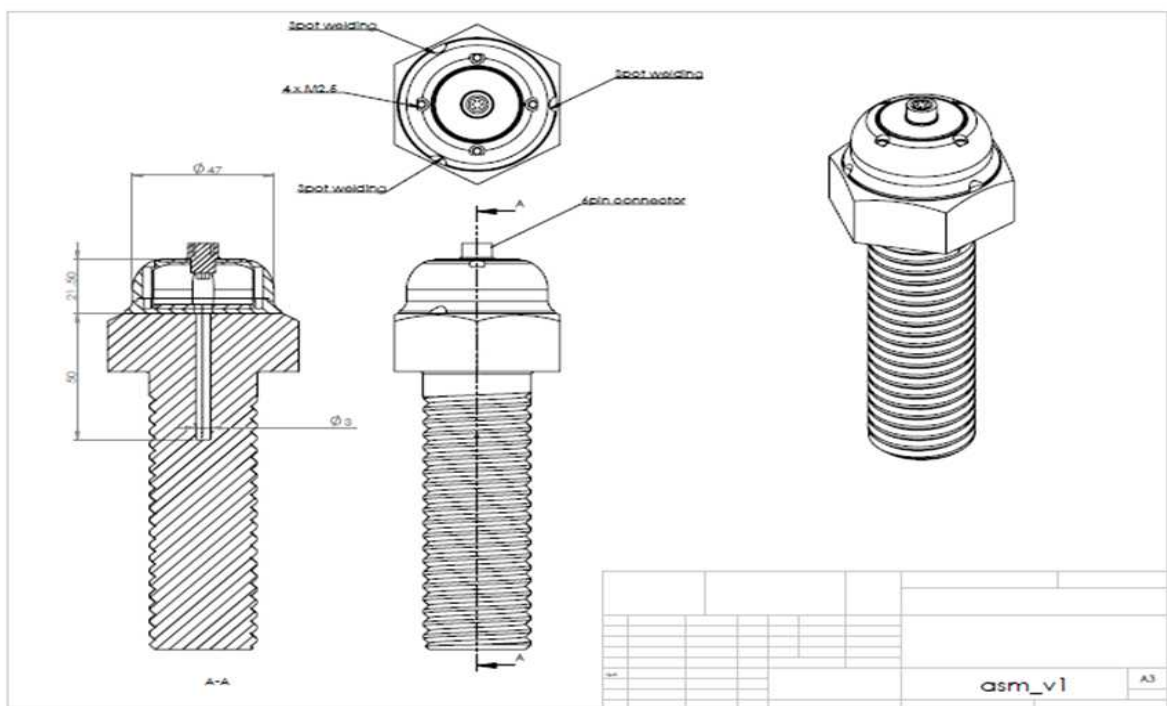
진동, 응력 값을 측정할 수 있는 MEMS type의 저전력 가속도 센서와 스트레인게이지를 선정하였고, 스트레인게이지 측정값의 유의미 정도에 따라 와셔형 로드셀도 적용할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 스마트볼트의 설계 기준은 주관기관에서 개발하는 부단수 공법에 타겟 밸브의 볼트 사이즈인 M16을 기준으로 설계하였다. [그림 1.7]은 스마트볼트 시스템 구성 컨셉을, [그림 1.8]은 스마트볼트 시스템 블록도를 나타내었다.

스마트볼트는 진동 측정을 위한 3축 가속도 센서 또는 응력 측정을 위한 스트레인게이지를 내장하며, 센서 신호 처리를 위한 인터페이스 회로를 가지고 있다. 메인 MCU를 통해 센서 신호는 디지털화되며, MCU로부터 디지털 신호를 출력하게 된다. 인터페이스 회로를 구성하는 각 부품은 전원 관리 회로에서 외부로 통해 공급받은 전원을 정류하여 제공함으로써 각 기능을 수행할 수 있도록 한다. 기구적인 구조는 볼트 중심부에 홀을 가공하여 스트레인게이지를 삽입하고, 볼트 머리부에 센서 인터페이스 및 회로부가 장착될 수 있도록 보호 커버를 부착하였다. 해당 보호 커버 상단에는 임베디드 시스템과의 통신 및 전원 공급을 위한 커넥터를 두었다.

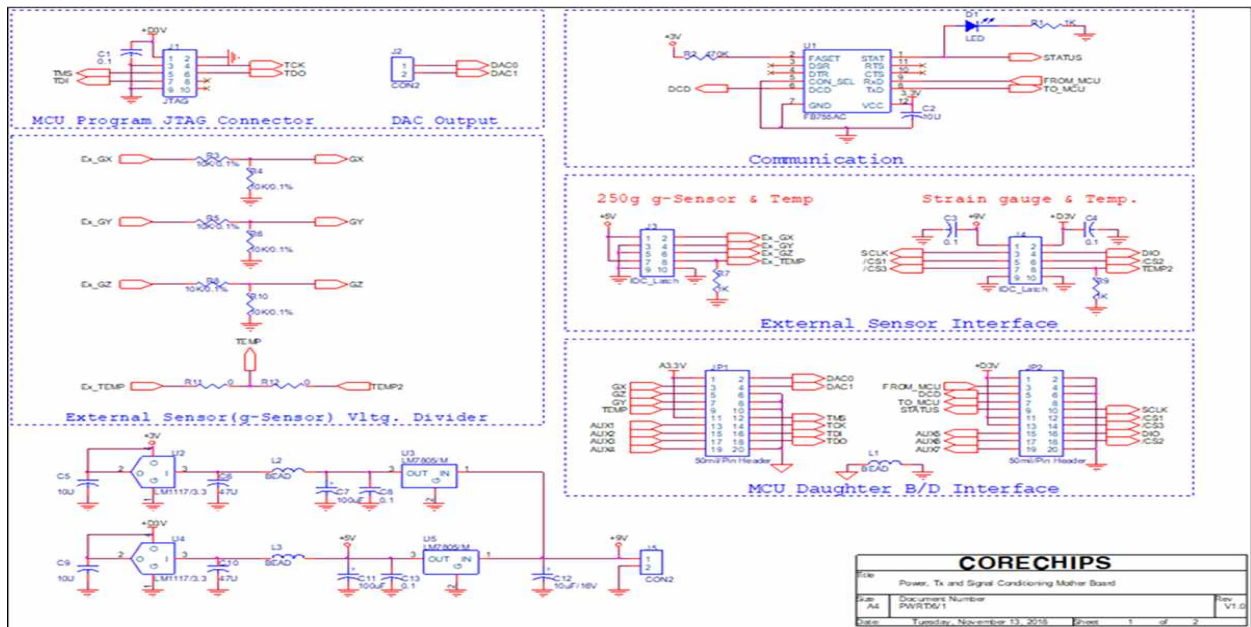
Power 및 데이터 전송 Signal conditioning 회로도, 센서 interface 및 control 회로도 및 스트레인게이지 amp 회로를 [그림 1.11] ~ [그림 1.13]에 각 나타내었다.



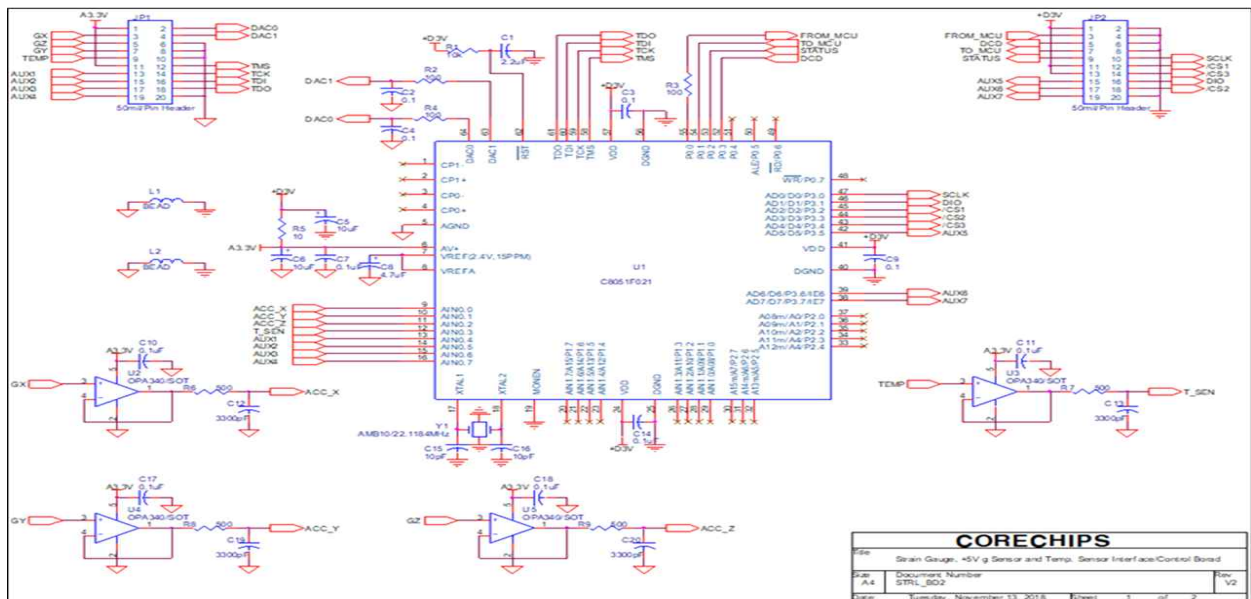
[그림 1.9] 스마트볼트 시스템 적용 및 구성 컨셉



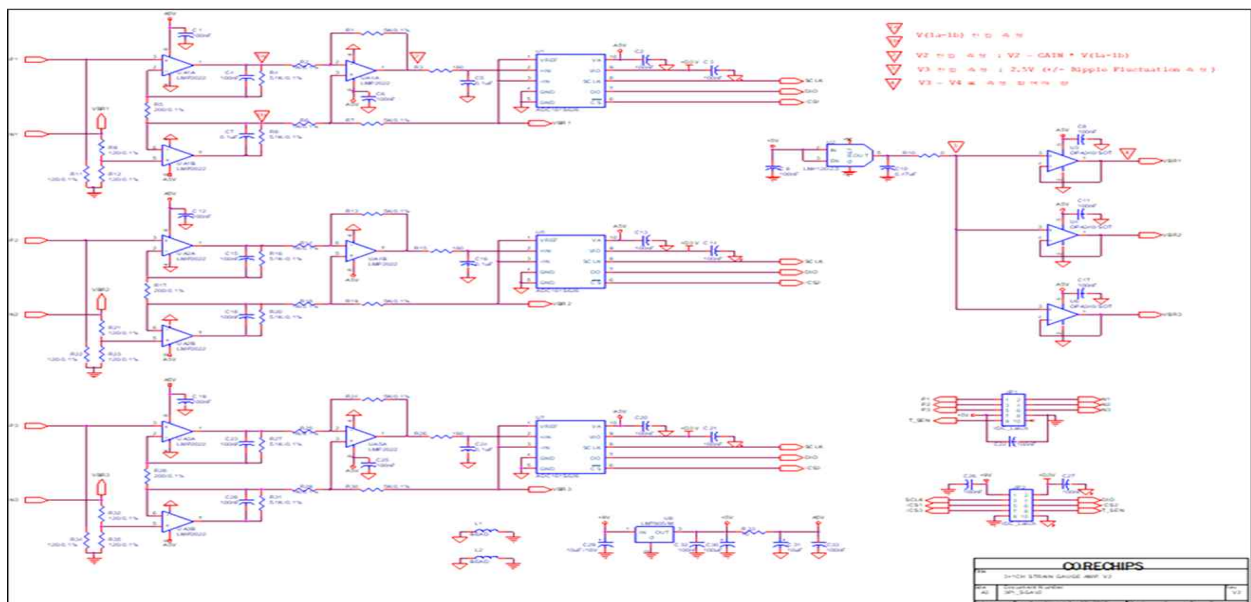
[그림 1.10] 스마트볼트 시스템 설계



[그림 1.11] Power 및 데이터 전송 Signal conditioning 회로도



[그림 1.12] 센서 interface 및 control 회로도



[그림 1.13] 스트레인게이지 amp 회로

○ 2차 연도(2019)

A. 스마트 무단수 밸브 교체 시스템 개발

A-2. 스마트 무단수 밸브 교체 장비

① 무단수 밸브 교체 장비

○ 스마트 무단수 밸브 교체 시스템 적용

부단수 밸브 교체장치들이 다양하게 개발되어 사용되고 있지만, 종래의 기술은 매우 복잡하여 시공의 어려움을 겪거나 많은 비용이 소모되는 등 어려움이 있다. 본 연구는 이러한 문제점을 대체함으로써 사용성과 장비의 신뢰성을 확장하고, 기존 유지관리시스템에 적용할 수 있는 ‘스마트 무단수 밸브 교체시스템’을 개발하였다.

[그림 2.1]은 무단수 밸브 교체 시스템(안)을 나타낸다.

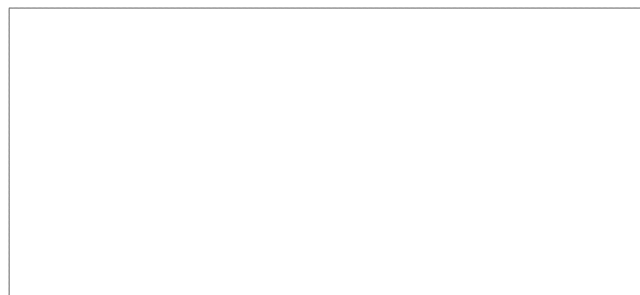


[그림 2.1] 무단수 밸브교체시 작동 시스템(안)

○ A Type(80mm) H/W 최적 설계 및 개발

- 지관 기밀장치

지관 기밀장치를 활용한 무단수 교체공법은 우리기술(주)에서 개발 중에 있는 특허기술(특허등록 1019347170000 (2018.12.27.))의 착안 및 보완된 기술로서 관로상의 밸브를 교체시, 관로에 새들밸브를 설치하고 이를 통해 밸브교체장치를 삽입하여 관로 내부를 기밀시켜, 교체 대상 밸브를 신규 밸브로 교체할 수 있는 새들밸브를 이용한 무단수 밸브 교체 시 시공 장치이다. [그림 2.2]는 지관 기밀장치를 [그림 2.3]은 지관 기밀장치를 활용한 무단수 밸브 교체 시스템(안)을 나타낸다.



[그림 2.2] 지관 기밀장치



㉠ 상수관 천공을 위한
정자관 설치



㉡ 천공 후 지관
기밀장치 설치

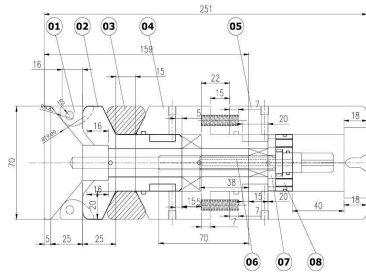


㉢ 유압 공급

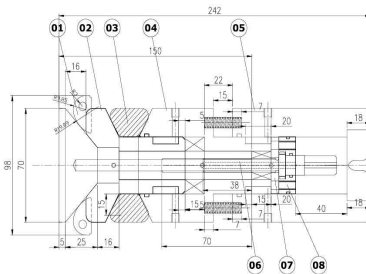
㉣ 관내 물 차단

[그림 2.3] 무단수 밸브교체시 작동 시스템(안)

- 스마트 밸브(80mm) 교체 장치



㉠ 기본도면



㉡ 작동도면



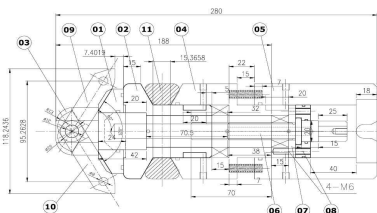
㉢ H/W 장비 외형

[그림 2.4] 스마트 밸브 A Type

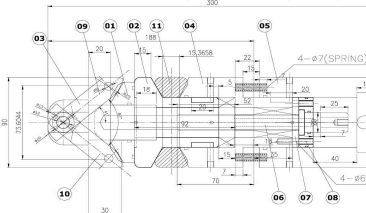
[그림 2.4]와 같이 개발된 A Type H/W는 80mm는, 1차 체결장치로 고정하고, 2차 단수장치로 지수링을 구성함으로써 유속에 따른 장치 흔들림을 최소화하였다.

○ B Type(100mm) H/W 최적 설계 및 개발

- 스마트 밸브(100mm) 교체 장치



㉠ 기본도면



㉡ 작동도면

㉢ H/W 장비 외형



㉣ 스마트 밸브 교체 장비

[그림 2.5] 스마트 밸브 B Type



㉠ 밸브 교체기 헤드 삽입



㉡ 관입 완료



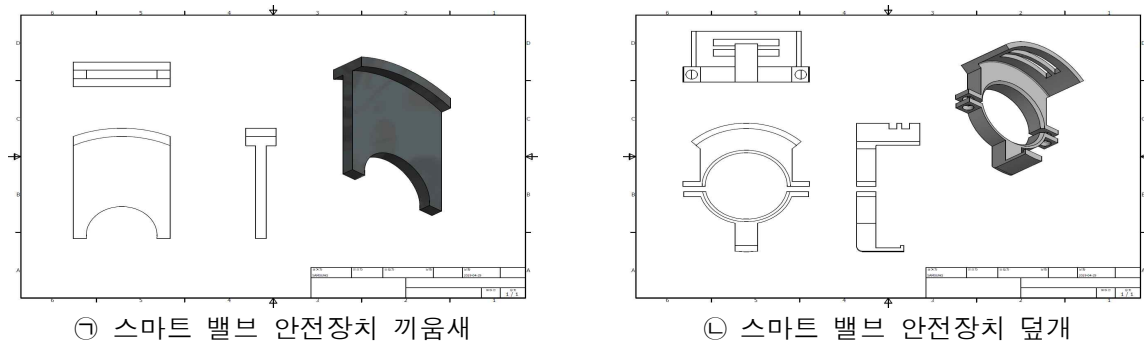
㉢ 지수링 확장 완료

[그림 2.6] 무단수 밸브교체 시 작동 시스템

[그림 2.5]와 같이 개발된 B Type H/W는 100mm 관내 유속 분석 결과 고정장치 헤드 부분과 상수도관 내 면이 강하게 체결될 수 있는 형태를 적용하였으며 관입 후 상수도관 내에서 걸쇠가 펼쳐져 체결되도록 제작하였다. A Type(밸브 교체장비)과 마찬가지로 1차 체결장치로 고정하고, 2차 단수장치로 지수링을 구성함으로써 유속에 따른 장치 흔들림을 최소화하였다. 100mm 상수도관에 개발한 H/W를 이용하여 자체 운용시험 결과, 노후 상수도 밸브를 단수 없이 교체 가능한 것으로 확인 되었으며, 현장적용을 위해 다양한 환경에서 시험을 실시할 필요가 있다고 판단된다.

- 스마트 밸브 안전장치

개발한 스마트 밸브 교체 장치는 작업 시 안전성을 강화하기 위해 2차 안전장치를 두어 작업의 안전성을 높이고, 유사시 발생할 수 있는 누수를 사전에 차단하였다. 밸브교체 시 1차 걸쇠의 걸림을 육안으로 확인할 수 없는 문제점을 해결하고자 2차로 밸브 단수장치의 후미를 고정함으로서 스마트 밸브 교체장비의 빠짐 현상 또한 대비하였다. 이러한 이유로 작업자의 안전성 증진을 위한 2차 보강장치를 추가 설계 및 제작하였다.



[그림 2.7] 스마트 밸브 안전장치

○ 결론

스마트 무단수 밸브 교체장비 개발을 위해 상기 제시된 자료와 같이 개발하였으며, 그에 따른 결과 및 기대효과는 아래와 같다.

- A Type(80mm) H/W 최적 설계 및 개발

- 지관 기밀장치는 우리기술(주)에서 개발 중에 있는 특허기술의 착안 및 보완된 기술로서 관로상의 밸브를 교체시 적용할 수 있는 기술로 추후 적용성에 대한 검증이 필요하다고 판단된다.
- 상수도관 천공시 마그네틱 스크류 칩 컨베이어 장치(Magnetic Screw Chip Conveyor) 도입을 통해 천공시 발생하는 이물질 차단 가능하다.
- A Type 스마트밸브 교체장비는 80mm관 전용 밸브 교체장비로서 1차적인 4방향 걸쇠로 된 체결장치로 고정하고, 2차적인 단수장치로 지수링을 구성함으로써 유속에 따른 장치 흔들림을 최소화하였다.

- B Type(100mm) H/W 최적 설계 및 개발

- B Type 스마트밸브 교체장비는 100mm관 전용 밸브 교체장비로서 1차적인 화살표 모양의 걸쇠로 된 양방향 체결장치로 고정하고, 2차적인 단수장치로 지수링을 구성함으로써 유속에 따른 장치 흔들림을 최소화하였다.
- 밸브교체 시 1차 걸쇠의 걸림을 육안으로 확인할 수 없는 문제점을 해결하고자 2차로 밸브 단수장치의 후미를 고정함으로서 스마트밸브 교체장비의 빠짐 현상 등을 대비할 수 있다.

본 연구를 통해 개발된 장치들은 3차년도에 계획된 현장적용 등을 토대로 현장적용에 대한 검증 및 시스템 구축 등 매뉴얼 작성에 활용될 것이며, 스마트 무단수 밸브 교체 시스템 구축에 활용될 계획이다.

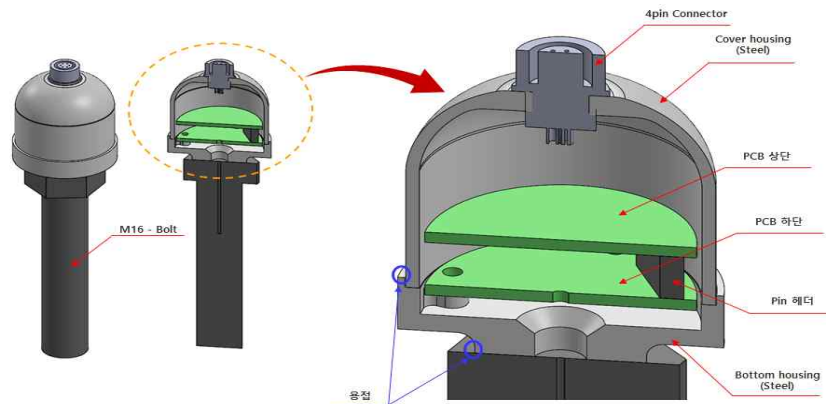
B. 상수도 누수 검출 스마트볼트 및 상태 감시 장치

B-1. 스마트볼트 및 알고리즘

② 폴림감지

○ 스마트볼트 설계 및 제작

1차 년도에 볼트 폴림 정도를 결정하는 물리량으로써 진동 및 볼트 체결 응력을 선정하였고, 진동 및 응력(이하 스트레인) 측정이 가능한 스마트볼트를 설계·제작하였다. [그림 2.8]은 스마트볼트 기구 설계안을 나타낸다. 스마트볼트의 내부는 2단 PCB 형태로, 용도에 따라 각각 진동 센서 및 스트레인게이지의 신호 처리를 위한 interface 회로를 갖는 PCB를 설계하였다. Main MCU를 통해 센서 신호는 디지털화되며, 전원 관리 회로를 통해 각 구성품이 필요한 작동 전원을 공급한다. 상태 감시 장치(이하 임베디드 모듈)와의 통신 및 전원공급을 위해 스마트볼트는 4pin 커넥터로 연결되며, 커넥터는 PCB 보호캡 상단에 위치한다. 개발품의 내구성 및 캡 회전 등으로 인한 센서 노이즈 발생 방지를 위해 볼트와 캡의 하단부, 캡의 하단부와 캡의 상단부는 각각 용접처리 하였다. [표 2.1]은 MEMS 타입 저전력 1축 가속도 센서 사양을 [표 2.2]는 스트레인게이지의 사양을 나타낸다.



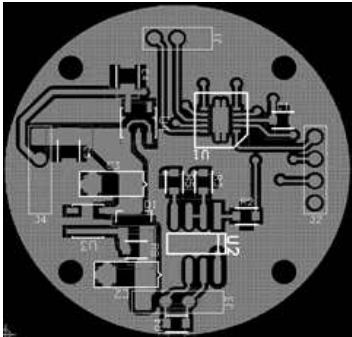
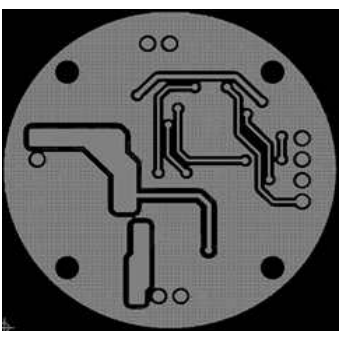
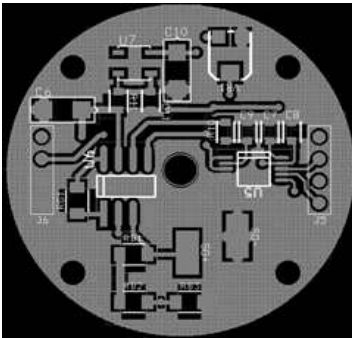
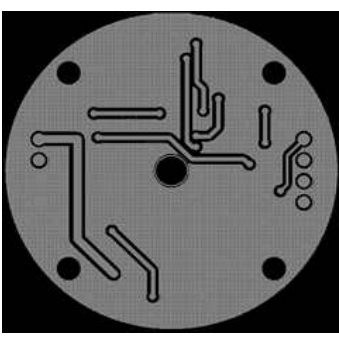
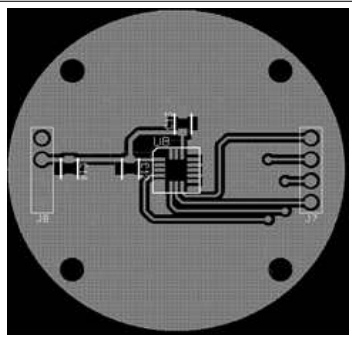
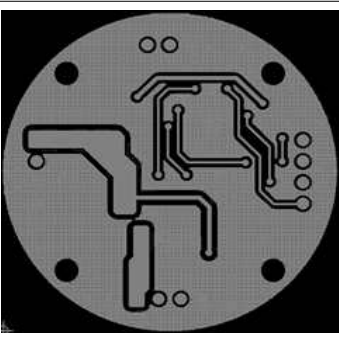
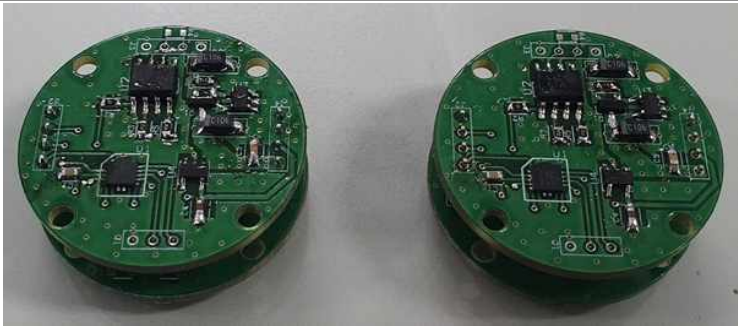
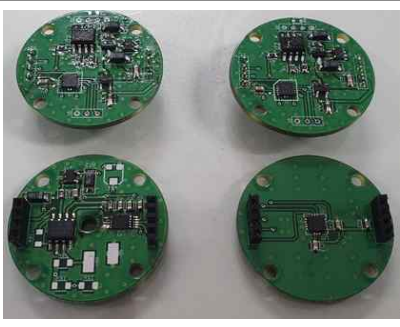
[그림 2.8] 스마트볼트 기구 설계안

[표 2.1] MEMS 타입 저전력 1축 가속도 센서 사양

1축 가속도 센서 사양	Value			Unit
	Min.	Typ.	Max.	
Supply voltage	1.71	2.5	3.6	VDC
Current consumption	-	0.011	-	mA
Measuring Range	-	±90	-	°
	-	±2.0	-	g
Sensitivity	-	1mg	-	-
Operating temperature range	-40	-	+85	℃
Storage temperature	-40	-	+125	℃
ESD Protection -HumanBodyModel	-	±2	-	kV

[표 2.2] 스트레인 게이지 사양

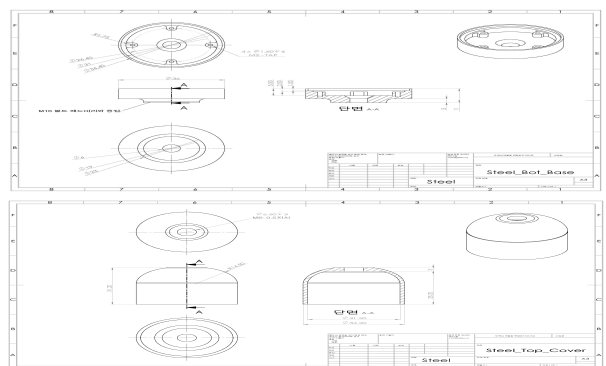
Strain Gauge 사양	Value	Unit
Length	6	mm
Resistance	120 ± 0.5	Ω
Gauge Factor	2.14 ± 1	%

		
Main PCB Top	Main PCB Bottom	Main PCB 제품품
		
Strain Gauge PCB Top	Strain Gauge PCB Bottom	Strain Gauge PCB 제품품
		
1-axis PCB Top	1-axis PCB Bottom	1-axis PCB 제품품
		
PCB 상단-하단 결합 모습		상/하단 구성 PCB

[그림 2.9] PCB 설계 도면 및 제품품



[그림 2.10] 스마트볼트 제품품



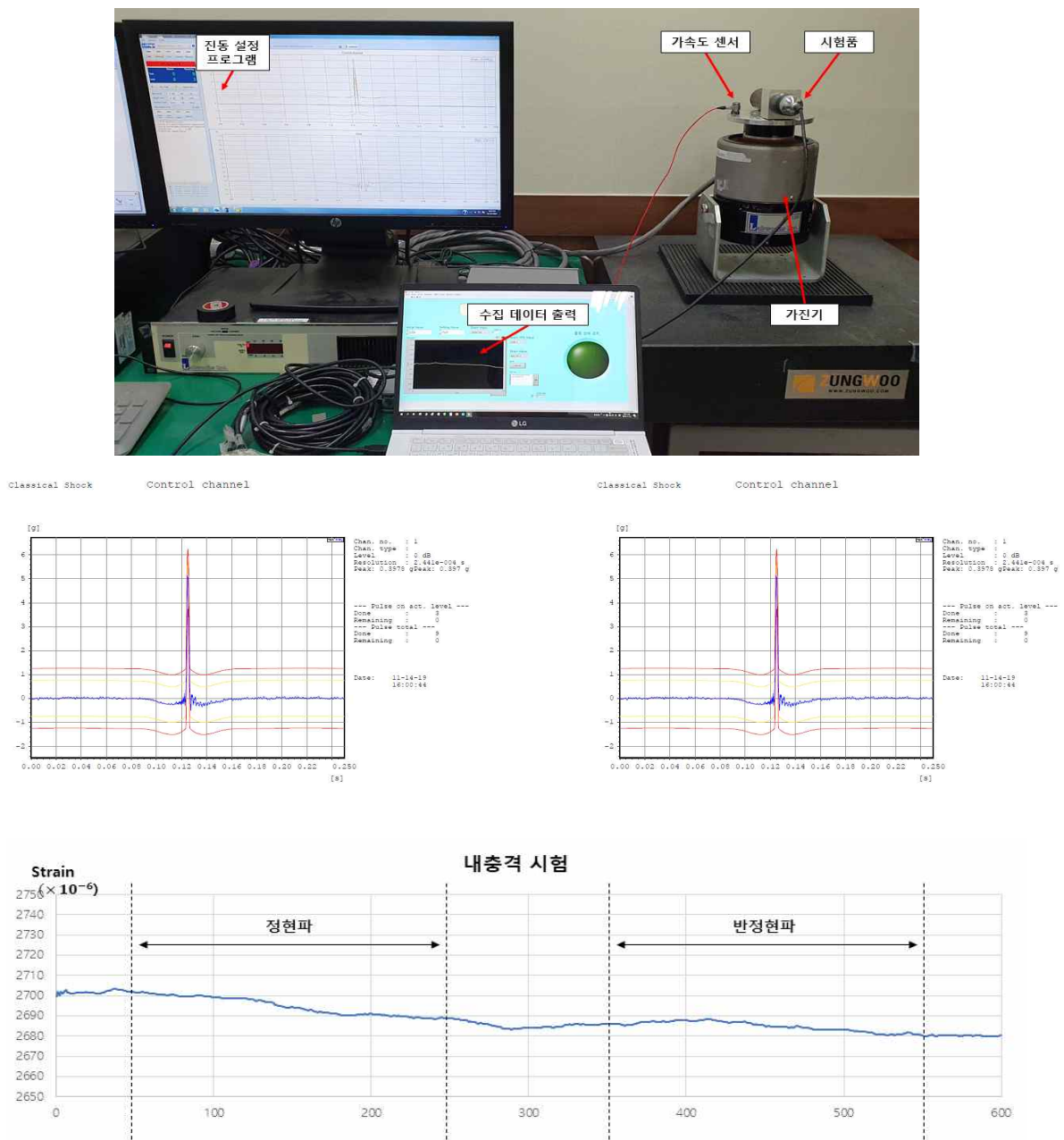
[그림 2.11] 2차 연도 스마트볼트 상단 캡 도면

- 스마트볼트 내환경성 시험

개발 스마트볼트의 적용 대상은 유체의 흐름길을 제공하는 구조물을 타겟으로 하므로, 진동 및 온/습도에 대한 계측 신뢰성을 확보하여야 한다. 따라서, 보유한 가진기 및 온습도 챔버를 활용하여 개발 스마트볼트의 내환경성 시험을 수행하였다.

■ 스마트볼트 내충격 시험

개발 스마트볼트의 외부 충격에 대한 신뢰성 확인을 위해, 가진기를 이용해 내충격 시험을 수행하였다. 가진기 위에 시험품을 비치하고, 3ms 동안 지면에 수직 방향으로 5g의 정현파, 반정현파를 가하였으며, 해당 시험 동안 스마트볼트에서 수집되는 데이터의 소실, 혹은 급작스러운 변화가 발생하는지 확인하였다. 시험은 5g의 크기를 가지는 정현파, 반정현파를 40%, 70%, 100%의 세기로 각각 3회씩 시험품에 인가하였다. 시험 결과, 내충격에 의한 데이터의 누락이나 튀는 값이 발생하지 않았으며, 진동의 세기 및 방향에 따른 스트레인 값의 특정 변화도 발생하지 않았다. 스마트볼트 내충격 시험 셋업 및 결과는 [그림 2.12]와 같다.



[그림 2.12] 스마트볼트 내충격 시험 셋업 및 결과

■ 스마트볼트 저온/고온고습 시험

개발 스마트볼트의 저온 및 고온, 고습 환경에서의 신뢰성 확인을 위해, 온습도 챔버를 이용하여 저온 및 고온고습 시험을 수행하였다. 온도 범위는 [표 2.3]과 같이 기상청에서 제공하는 1980년 ~ 2010년도 지중온도 월평균 데이터를 참고하여, 최소 최대 온도의 약 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 를 기준으로 하였다.

[표 2.3] 1980년 ~ 2010년도 서울의 월평균 지중온도(출처: 기상청 날씨누리)

요소	01월	02월	03월	04월	05월	06월	07월	08월	09월	10월	11월	12월
5cm지중온도(℃)	-1.7	0.2	5.9	13.3	19.8	24.6	26.3	27.3	22.8	15.5	6.9	0.6
10cm지중온도(℃)	-1.1	0.2	5.7	13.0	19.3	24.2	26.1	27.3	23.0	16.1	7.6	1.3
20cm지중온도(℃)	-0.4	0.4	5.5	12.5	18.7	23.5	25.5	26.9	23.2	16.8	8.7	2.3
30cm지중온도(℃)	0.4	0.6	5.3	12.0	18.0	22.7	25.0	26.6	23.3	17.3	9.6	3.2
50cm지중온도(℃)	2.1	1.5	4.8	10.9	16.6	21.2	24.2	26.0	23.4	18.3	11.5	5.2
1.0m지중온도(℃)	5.0	3.6	5.2	9.7	14.7	19.0	22.4	24.7	23.5	19.8	14.4	8.6

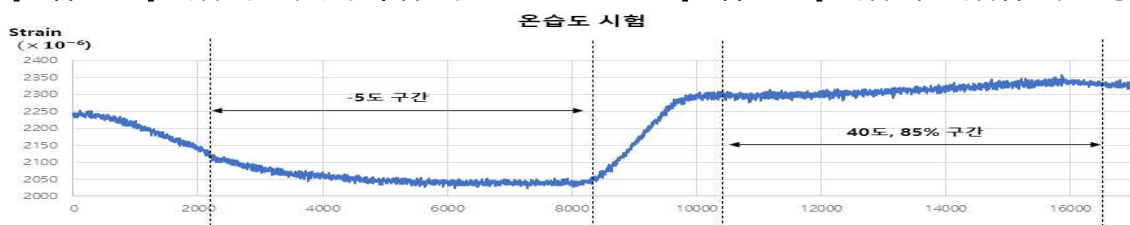


[그림 2.13] 저온/고온 고습 시험 셋업

상온에 노출된 스마트볼트 시험품을 온습도 챔버 내에 비치하고 챔버의 온도를 -5°C 로 내려 1시간 유지 후, 챔버의 온도 및 습도를 40°C , 85% 설정 후 1시간 동안 유지하였다.(온도 사이클 시험) 시험 동안 챔버 외부로 돌출시킨 스마트볼트의 케이블을 통해 데이터를 실시간으로 확인하였고, 데이터의 이상유무(데이터 소실 및 급작스러운 피크의 발생 등)를 확인하였으며, 그 결과 시험간 수집 데이터의 누락 및 급작스러운 피크 등의 발생 없이 각 온도 구간에서 정상 범위의 데이터가 수집됨을 확인하였다.

[그림 2.14] 시험 중 데이터 수집 화면

[그림 2.15] 시험 후 시험품 외관 상태



[그림 2.16] 저온/고온고습 시험 결과

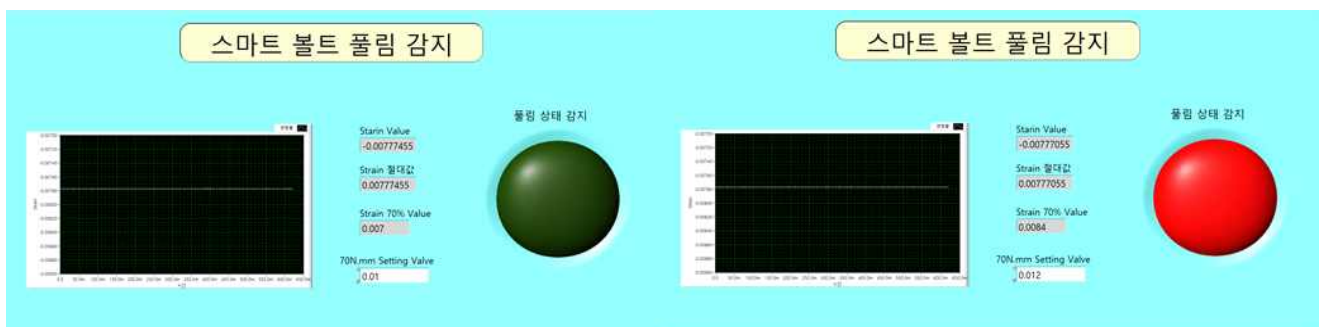
- 스마트볼트 풀림 감지

진동이 발생하지 않는 idle 상태의 구조물을 체결하는 볼트의 풀림감지를 위해서는 스트레인게이지를 적용한 스마트볼트를 사용하여야 함. 정량적 평가항목으로 제시한 풀림 감지(지정 토크 값의 70%) 시험을 위해, 스트레인게이지를 적용한 스마트볼트 및 NI 장비를 활용하여 내부 시험을 진행하였다.

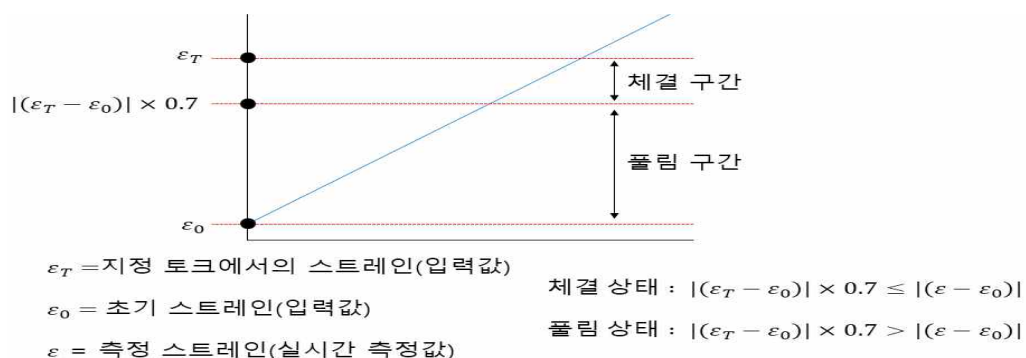
스트레인게이지는 선형성이 뛰어난 센서로써, 볼트 내부에 삽입한 스트레인게이지의 출력값은 볼트 체결 응력에 따라 그 값이 거의 선형으로 변하였다. 따라서, Idle 상태에서의 볼트 풀림감지는 지정 토크값일 때의 스트레인 값의 70% 미만인 스트레인 값이 측정되는 경우 이를 사용자에 알림으로써 구현될 수 있다. 따라서, 풀림감지를 위한 프로그램을 실시간 스트레인 값을 출력하는 그래프와 텍스트 상자와 지정 토크 값일 때의 스트레인 값을 입력할 수 있는 텍스트 상자, 풀림 여부에 따라 색이 변하는 원으로 구성하였고, 간이 테스트를 수행하였다.



[그림 2.17] 스마트볼트 풀림 감지 시험 셋업



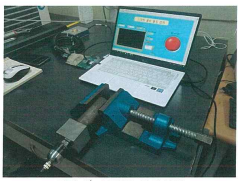
[그림 2.18] 지정 토크값의 70% 이상(좌) 및 70% 미만(우) 스트레인 값이 측정되는 경우



[그림 2.19] 스마트볼트 체결/풀림감지 알고리즘 그래프화

- 스마트볼트 풀림감지 시험성적서

내부 테스트를 통해 풀림감지 판정 알고리즘을 [그림 2.19]와 같이 정리하였고, 공인시험기관에서 정량적 목표로 제시하였던 풀림 감지(지정 토크 값의 70%) 시험 수행 및 시험성적서를 [그림 2.20]과 같이 발급받았다.

  성적서 번호 : 2019 - E2533 총 4 페이지 중 1 페이지 시 험 성 적 서 1. 의뢰자 회 사 명 : ㈜코아칩스 주 소 : 경기도 수원시 권선구 고색동 휴먼스카이빌리 417호 2. 시 험 품 목 제 품 명 : Smart Bolt 모 델 명 : - 3. 시 험 기 간 : 2019. 11. 14. 4. 시 험 방 법 : 의뢰자 제시조건 5. 시 험 장 소 : ☒ 고정시험실 ☐ 현장시험 (주소:) 6. 시 험 결 과 : <table border="1"> <thead> <tr> <th>시험항목</th> <th>시험결과</th> <th>비고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>성능 시험</td> <td>- 반환 시험결과 값은 - 성능 결과는 '을'지 참고</td> <td>표 1) 참고</td> </tr> </tbody> </table> 확 인 작성자 성 명 : 이 연 석 승인자 성 명 : 김 경 중 1. 본 성적서는 신청자로부터 제공된 시험품에 한하여 불가한 결과로서 전체 제품에 대한 품질 및 성능을 보증 하지 않습니다. 2. 당사의 사전 승인 없이 본 성적서의 전부 혹은 일부를 복사하여 사용할 수 없습니다. 3. 본 성적서의 시험결과는 KOLAS인증과 관련 없음을 밝힙니다. 2019. 11. 25. 주식회사 알에스피 대표이사  경기도 안산시 단원구 신안로 78, 107(원시동, 공평동사무소) Tel : 070-7841-0504 Fax : 031-489-2070 Home Page : www.rsp.co.kr RSP-QP-15-04 A4(210 X 297)	시험항목	시험결과	비고	성능 시험	- 반환 시험결과 값은 - 성능 결과는 '을'지 참고	표 1) 참고	  성적서 번호 : 2019 - E2533 총 4 페이지 중 2 페이지 시 험 결 과 1. 시험품 정보  그림 1) 시험품 사진 : Smart Bolt 2. 시험 조건 1) 성능 시험 * 시험 규격 : 의뢰자 제시조건 * 시험 방법 (의뢰자 입회 하에 직접 실시함) ① 미채결 상태에서의 측정 스트레인 값을 프로그램에 입력 ② 토크렌치를 이용하여 지정 토크까지 볼트를 체결 ③ 지정 토크에서의 측정 스트레인 값을 프로그램에 입력 ④ 볼트를 약간 툰 다음, 지정 토크의 70 % 미만에 해당하는 토크까지 볼트를 체결 ⑤ 프로그램에서 볼트 풀림 여부 감지 확인 -> 지정 토크의 70 % 이상 체결 시 : 체결 상태 -> 지정 토크의 70 % 미만 체결 시 : 풀림 상태 ⑥ 단계 ① ~ ⑤를 총 5 회 반복 * 판정 기준 : 시험 중 시험품 작동 상태 확인 경기도 안산시 단원구 신안로 78, 107(원시동, 공평동사무소) Tel : 070-7841-0504 Fax : 031-489-2070 Home Page : www.rsp.co.kr RSP-QP-15-04 A4(210 X 297)																		
시험항목	시험결과	비고																							
성능 시험	- 반환 시험결과 값은 - 성능 결과는 '을'지 참고	표 1) 참고																							
  성적서 번호 : 2019 - E2533 총 4 페이지 중 3 페이지 3. 시험 사진  그림 2) 시험품 설치사진  그림 3) 볼트 체결 감지  그림 4) 볼트 풀림 감지 경기도 안산시 단원구 신안로 78, 107(원시동, 공평동사무소) Tel : 070-7841-0504 Fax : 031-489-2070 Home Page : www.rsp.co.kr RSP-QP-15-04 A4(210 X 297)	  성적서 번호 : 2019 - E2533 총 4 페이지 중 4 페이지 4. 시험 결과 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>채결 여부</th> <th>풀림 여부</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 회</td> <td style="text-align: center;">O</td> <td style="text-align: center;">O</td> </tr> <tr> <td>2 회</td> <td style="text-align: center;">O</td> <td style="text-align: center;">O</td> </tr> <tr> <td>3 회</td> <td style="text-align: center;">O</td> <td style="text-align: center;">O</td> </tr> <tr> <td>4 회</td> <td style="text-align: center;">O</td> <td style="text-align: center;">O</td> </tr> <tr> <td>5 회</td> <td style="text-align: center;">O</td> <td style="text-align: center;">O</td> </tr> </tbody> </table> 표 1) 성능 확인 결과 5. 시험 장비 <table border="1"> <thead> <tr> <th>장비명</th> <th>모델명</th> <th>제작사</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>디지털 토크렌치</td> <td>DA3-2008N</td> <td>특수공구 / KOREA</td> </tr> </tbody> </table> 이상 끝. 경기도 안산시 단원구 신안로 78, 107(원시동, 공평동사무소) Tel : 070-7841-0504 Fax : 031-489-2070 Home Page : www.rsp.co.kr RSP-QP-15-04 A4(210 X 297)		채결 여부	풀림 여부	1 회	O	O	2 회	O	O	3 회	O	O	4 회	O	O	5 회	O	O	장비명	모델명	제작사	디지털 토크렌치	DA3-2008N	특수공구 / KOREA
	채결 여부	풀림 여부																							
1 회	O	O																							
2 회	O	O																							
3 회	O	O																							
4 회	O	O																							
5 회	O	O																							
장비명	모델명	제작사																							
디지털 토크렌치	DA3-2008N	특수공구 / KOREA																							

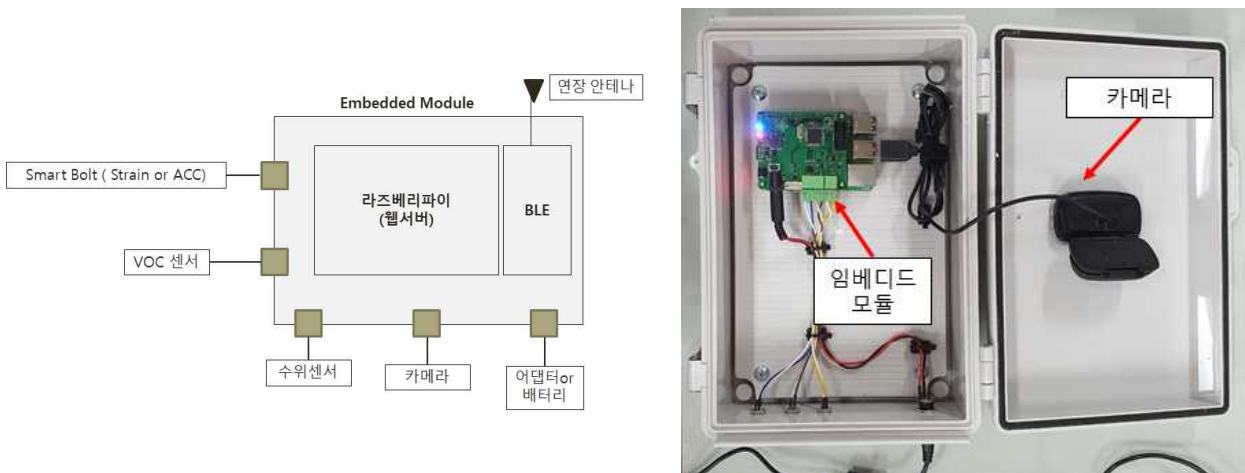
[그림 2.20] 스마트볼트 풀림감지 시험성적서

B-2. 누수 검출 상태 감시 장치

① 누수 검출 상태 감시 장치

○ 누수 검출 상태 감시 장치 제작

스마트볼트가 체결되는 상수도 밸브가 위치하는 밸브실의 누수 검출 상태 감시를 위한 장치를 제작하였다. 스마트볼트에 적용되는 스트레인게이지, 가속도 데이터를 처리하는 임베디드 모듈에 적합한 VOC 센서, 수위 센서, IP카메라를 선정하였고, [그림 2.21]과 같이 시스템을 구성하였다. 누수검출 상태 감시장치의 하우징은 방수가 용이한 인클로저를 선정하였고, 임베디드 모듈과 누수검출 상태 감시 센서로 선정된 스마트볼트 수위 센서와의 연결이 용이하도록 하우징에 4pin 커넥터를 장착하였다. 임베디드 모듈의 내부 무선 BLE 통신 테스트 결과, 과제의 정량적 목표로 제시한 10m를 충족하는 결과를 보였지만, 안정적인 통신을 위해 위와 같이 BLE 안테나를 추가 장착하였다. [그림 2.22]는 누수 검출 상태 감시 장치 제작품을 나타낸다.

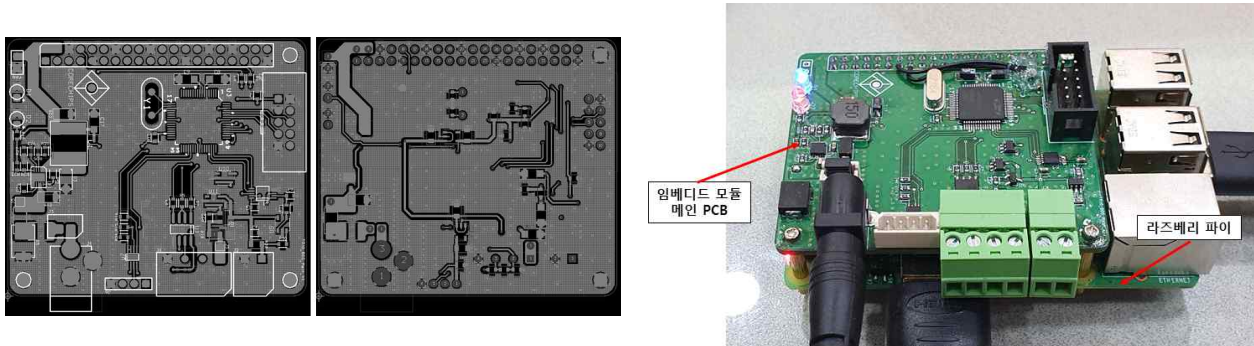


[그림 2.21] 임베디드 모듈 시스템 구성도



[그림 2.22] 누수 검출 상태 감시 장치 제작품

임베디드 모듈은 각각의 신호 처리 및 BLE 데이터 통신을 위해 라즈베리파이와 메인 PCB로 구성되었다. 메인 PCB와 라즈베리파이의 적층 형태로 하우징 내에 비치되며, 임베디드 모듈의 메인 PCB는 전원, 스마트볼트, 수위 센서, VOC 센서와 직접적으로 연결되며, 라즈베리 파이는 카메라 및 메인 PCB로부터의 데이터를 취합하여 송신하는 역할을 수행한다. [그림 2.24]~[그림 2.26]는 VOC 센서 및 사양, VOC 센서 테스트, 수위 센서 테스트를 각 나타낸다.

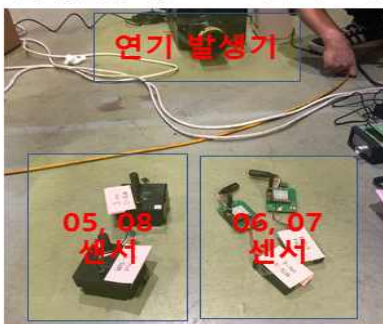


[그림 2.23] 임베디드 모듈 메인 PCB 설계 도면(좌) 및 임베디드 모듈+라즈베리 파이 결합 모습(우)

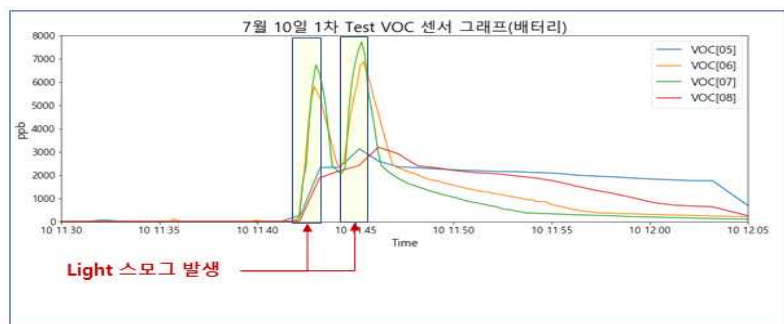
	• Supply Voltage 1.62 ~ 1.98V • Hotplate supply Voltage 1.62 ~ 1.98V • Supply Current in measurement mode 48.8mA • Average supply current low power mode 0.98mA • Sleep Current 2 ~ 10 uA • Communication Digital 2-wire, I²C fast mode
--	---

[그림 2.24] VOC 센서 및 사양

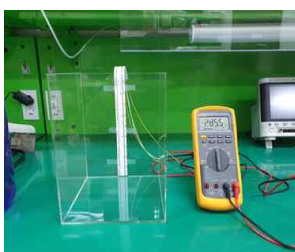
연기발생기, VOC 센서 4대



VOC 데이터 시각화



[그림 2.25] VOC 센서 테스트



수위 없음



2CM 286.6Ω



4CM 289.6Ω



6CM 291.4Ω

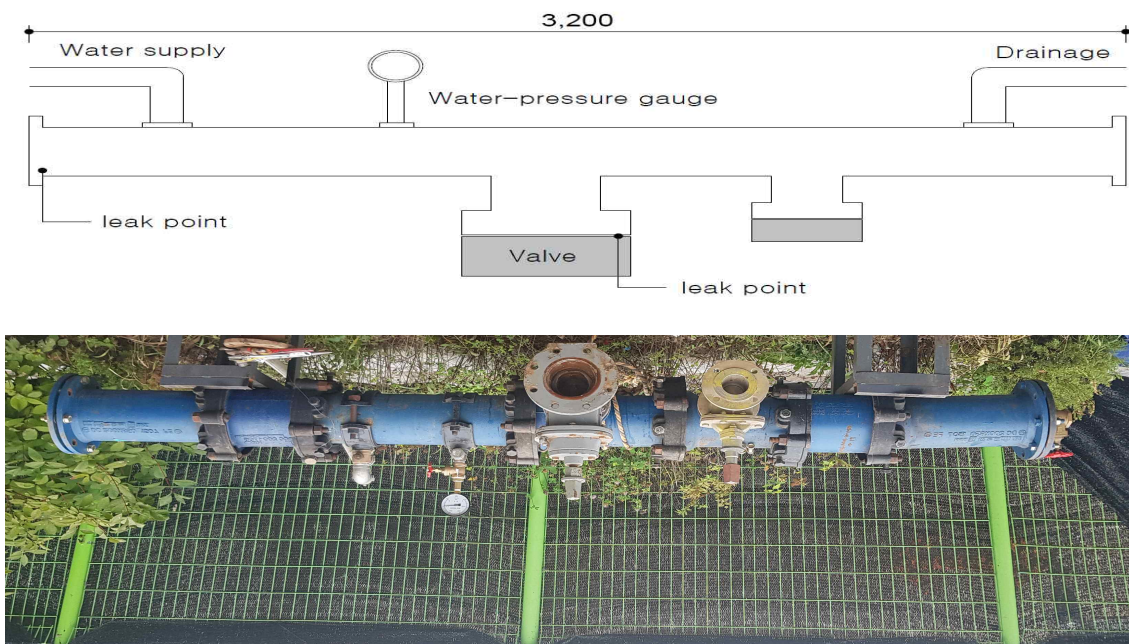
[그림 2.26] 수위 센서 테스트

○ 스마트볼트 누수측정 실험

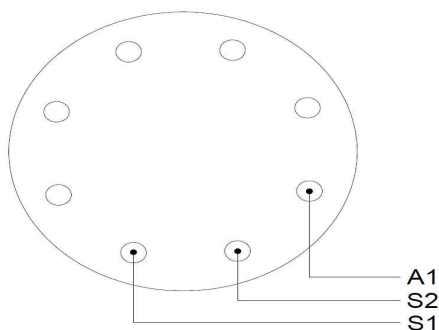
스마트 볼트를 통해 누수탐지의 적용성 평가를 위해 모의 누수 배관 시스템을 [그림 2.27]과 같이 구성하였다. 총 길이 3.2m의 메인 주철관 200mm와 지관 80mm로 구성되어 있다. 일반 상수도관 수압은 0.1~0.5MPa이며, 모의 누수배관 시스템은 수압계를 통해 메인관의 수압 0.18MPa를 확인하였다. 누수 측정 실험을 위해 스마트 볼트는 지관 밸브 체결부에 [그림 2.28]와 같이 설치하였다. [표 2.4]는 상수도 매커니컬접합의 볼트조임 토크를 나타낸다.

[표 2.4] 상수도 매커니컬접합의 볼트조임 토크

지름	토크 N·m(cm)	볼트의 호칭
80	60 (6,000)	M16
100~600	100 (10,000)	M20
700~800	140 (14,000)	M24
900~1,200	200 (20,000)	M30



[그림 2.27] 모의 누수 배관 시스템



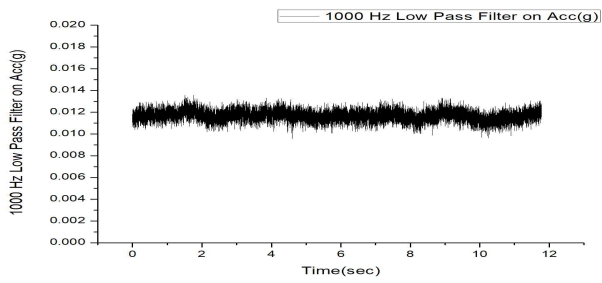
[그림 2.28] 스마트볼트 설치

[표 2.5] 실험 결과

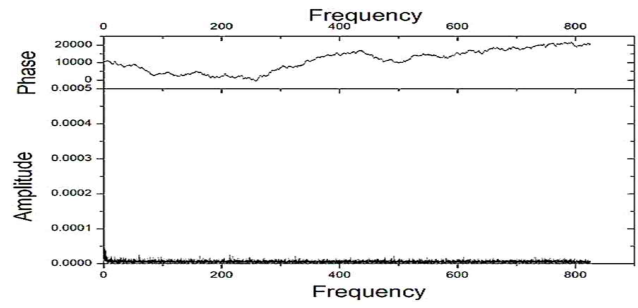
실험번호	누수여부	관내 물의 흐름	Water pressure (MPa)
0	X	X	0.18
1	X	O	0.17
2	지관 밸브	X	0.18
3	지관 밸브	X	0.17
4	메인 관	X	0.18
5	메인 관	X	0.14
6	지관 밸브	O	0.17
7	지관 밸브	O	0.14
8	메인 관	O	0.17
9	메인 관	O	0.14

실험 조건으로 관내 흐름이 없는 경우 지관 밸브 누수, 메인관 누수의 경우와 관내 흐름이 있는 경우 지관 밸브 누수와 메인 관 누수를 가정하여 누수 신호를 탐지하였다. 관내 흐름이 없는 경우는 수압이 0.18MPa 였으며, 관내 흐름이 있는 경우는 수압이 0.17MPa 였다. 여기에 추가로 관내 수압의 변화 없이 누수되는 경우와 누수량이 많아 관내 수압이 변화되는 누수의 경우로 구분하여 누수 신호를 탐지하였다. 상기와 같이 실험 조건을 요약을 [표 2.5]와 같이 하였다.

연성 진동 모드는 관중에 따라 누수탐지 주파수 구간이 다르기 때문에 모의 누수 측정관은 주철관으로 샘플 측정을 통해 50~60 Hz 대역을 누수 주파수 탐지 대역으로 정하였다. 모의 누수 배관 시스템의 주철관인 경우 밸브와 체결부에 들어간 고무 패킹이 진동을 감쇠시키는 영향을 미쳐 고주파수보다는 저주파수 대역에서 계측이 이루어진 것으로 판단된다. 샘플링은 1024Hz로 측정하였으며, 저주파수 대역의 데이터를 위해 저역통과필터 (Low pass filtering : 1000Hz)를 설정하여 FFT 분석을 수행하였다. 각 케이스별 누수탐지 분석결과는 그림 2.29에서부터 그림 2.37과 같다.

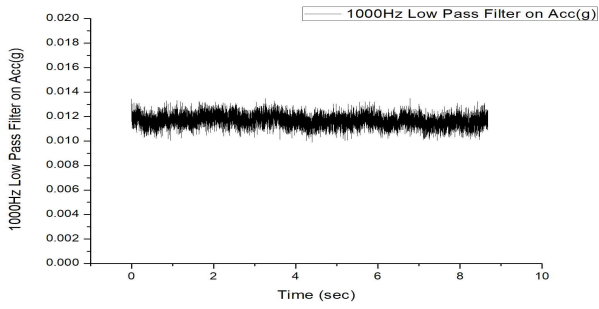


(a) 1000Hz LPS on Acc(g)

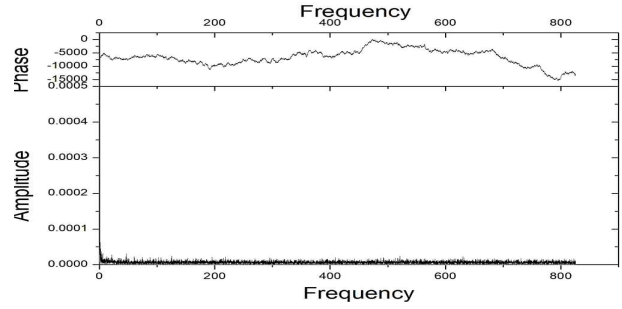


(b) FFT results

[그림 2.29] 누수 감지 데이터 분석 (Case 0)

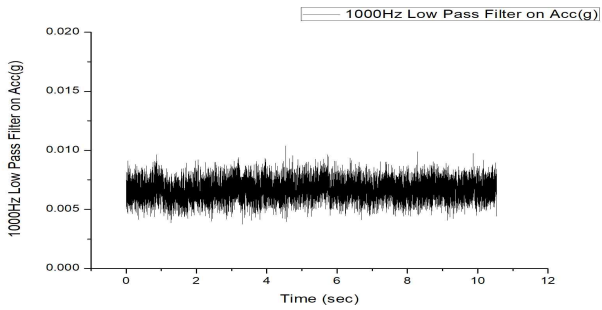


(a) 1000Hz LPS on Acc(g)

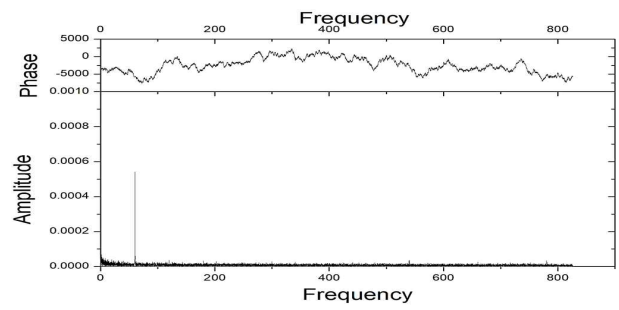


(b) FFT results

[그림 2.30] 누수 감지 데이터 분석 (Case 1)

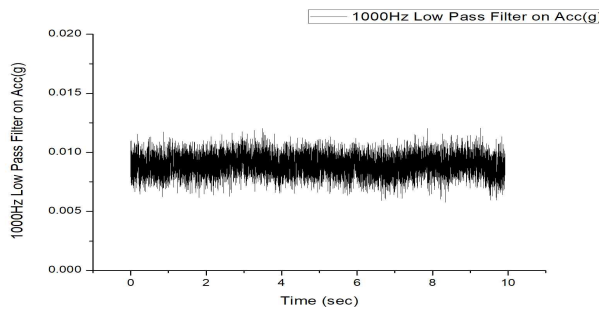


(a) 1000Hz LPS on Acc(g)

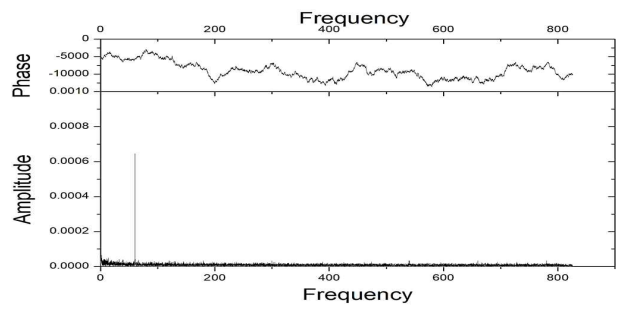


(b) FFT results

[그림 2.31] 누수 감지 데이터 분석 (Case 2)

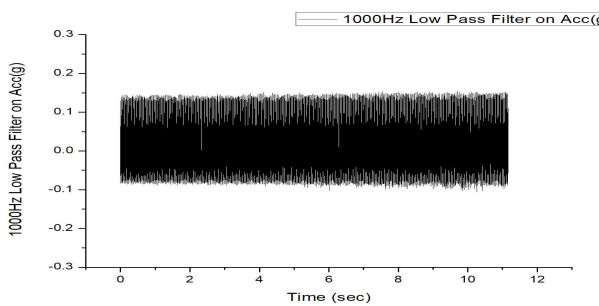


(a) 1000Hz LPS on Acc(g)

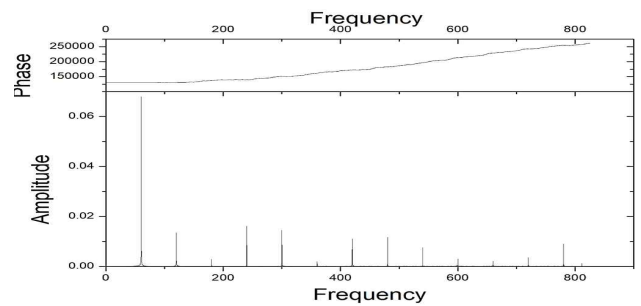


(b) FFT results

[그림 2.32] 누수 감지 데이터 분석 (Case 3)

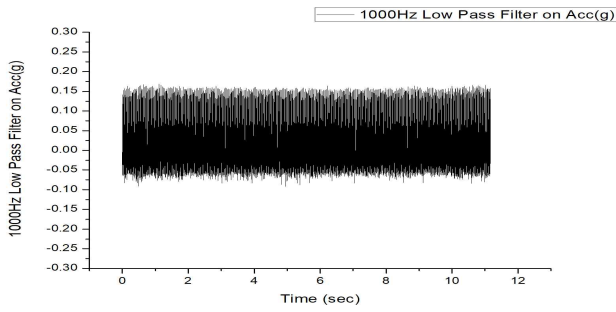


(a) 1000Hz LPS on Acc(g)

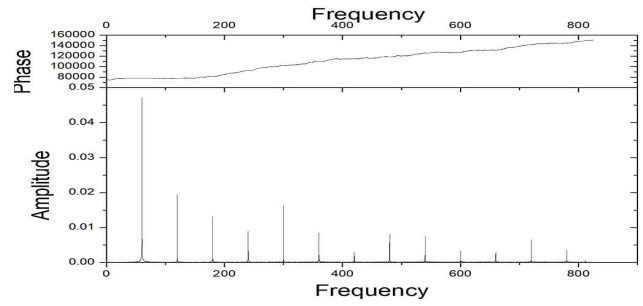


(b) FFT results

[그림 2.33] 누수 감지 데이터 분석 (Case 4)

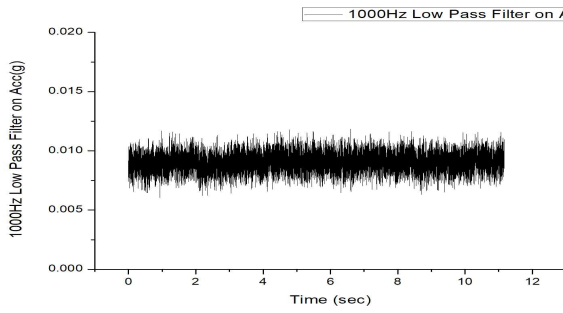


(a) 1000Hz LPS on Acc(g)

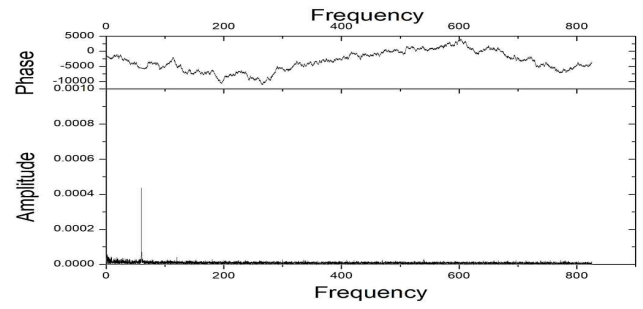


(b) FFT results

[그림 2.34] 누수 감지 데이터 분석 (Case 5)

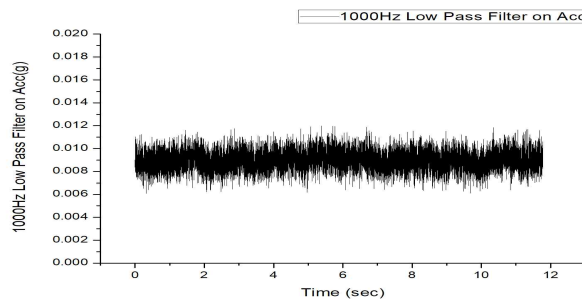


(a) 1000Hz LPS on Acc(g)

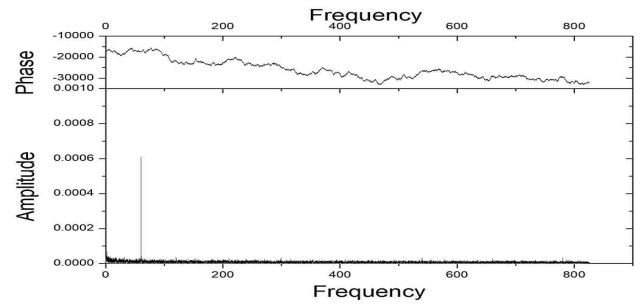


(b) FFT results

[그림 2.35] 누수 감지 데이터 분석 (Case 6)

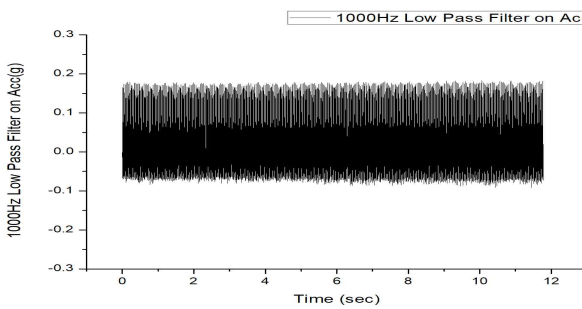


(a) 1000Hz LPS on Acc(g)

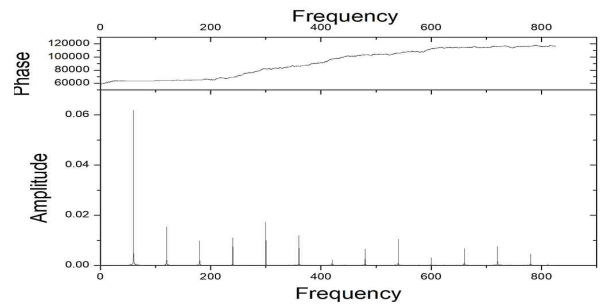


(b) FFT results

[그림 2.36] 누수 감지 데이터 분석 (Case 7)

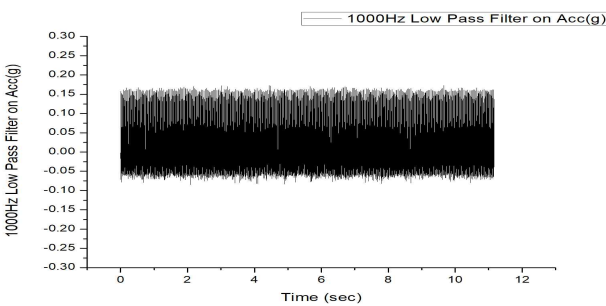


(a) 1000Hz LPS on Acc(g)

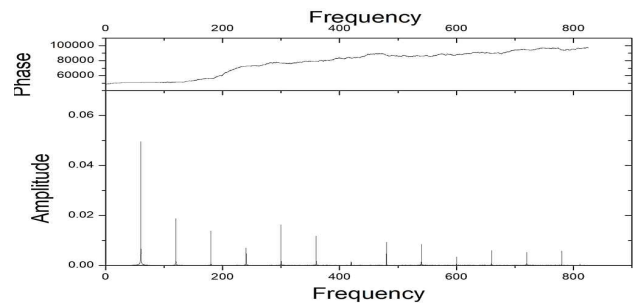


(b) FFT results

[그림 2.37] 누수 감지 데이터 분석 (Case 8)



(a) 1000Hz LPS on Acc(g)



(b) FFT results

[그림 2.38] 누수 감지 데이터 분석 (Case 9)

누수가 없는 상태의 Case 0, Case1을 보면 관내 흐름이 없거나 관내 흐름이 있는 상태에서도 FFT 분석결과 Amplitude 피크치가 나타나지 않았다. 지관 밸브에서 누수가 발생한 경우 (Case 2, Case3, Case6, Case 7) 60Hz 대역에서의 누수 신호가 탐지된 것을 확인하였다. 이는 누수량과 관계없이 60Hz 대역에서 탐지되었다. 메인 관에서 누수가 탐지된 경우 (Case 4, Case 5, Case 8, Case 9)는 60Hz 대역에서 1차 탐지 후 60Hz 간격으로 지속적인 누수신호가 탐지되는 것을 확인하였다. 메인관에서의 누수량과 관계없이 동일한 결과 값을 얻었다. 메인 관의 누수 신호와 지관 밸브의 누수 신호를 비교해 보면, 메인관 누수 신호의 Amplitude값이 약4배 큰 누수 신호가 탐지된 것으로 확인되었다.

메인 관의 누수 발생 시 지관 밸브의 누수보다 누수 신호가 크고, 일정한 간격으로 높은 주파수 대역까지 탐지된 원인은 밸브 체결부에 발생한 누수와 고무 패킹으로 보인다. 지관 밸브의 누수는 체결부와 고무패킹이 직접적인 감쇠 역할을 함으로써 감쇠의 영향을 크게 받는 고주파수 대역보다는 감쇠의 영향이 적은 저주파수 대역에서 선명한 계측이 이루어진 것으로 보인다. 또한 메인 관 누수 시 파이프 전체 연성진동이 이루어졌기 때문에 상대적으로 고주파수 대역의 누수 신호가 계측된 것으로 판단된다.

- 결론

본 연구에서는 상수도관의 누수 중 밸브에서 발생 되는 누수를 탐지하기 위한 스마트볼트 적용성에 대한 기초 연구를 수행하였다. 제작된 스마트볼트는 상수도 표준시방서 조건에 부합하였으며, 볼트의 허용인장력 범위 내에 거동하는 것으로 나타났다. 따라서 스마트볼트는 상수도 밸브 체결부에 적용 가능한 것으로 판단된다. 스마트볼트에 설치된 Accelerometer를 통해 누수여부를 판단한 결과 밸브 누수 시 60Hz 대역의 누수 신호가 탐지되었으며, 밸브 누수 시보다 메인관 누수 시 고주파수 대역의 누수 신호도 탐지되었다. 지관 밸브의 누수는 체결부와 고무패킹이 직접적인 감쇠 역할을 하고, 메인 관 누수는 실제 매립되어 구속되어있는 상수관로와 달리 모의 실험은 비 구속되어있는 상태여서 연성진동이 크게 나타난 것으로 사료된다. 스마트 볼트를 통해 상수도 밸브 누수신호 탐지에 대한 가능성을 확인하였으며, 향후 다양한 관종 및 지반구속상태 등의 다양한 현장 실험을 통한 검증이 필요하다. 또한, 모니터링을 위해 스마트 볼트의 데이터 송수신 및 전원 공급에 대한 추가적인 개발이 필요하다.

C. BLE 통신 기반 계측결과 분석 및 수집된 신호자료 시각화 시스템 UI 개발

C-1. BLE 통신 기반 모니터링 시스템 및 UI 제작

○ BLE 통신 기반 모니터링 시스템 및 UI 제작

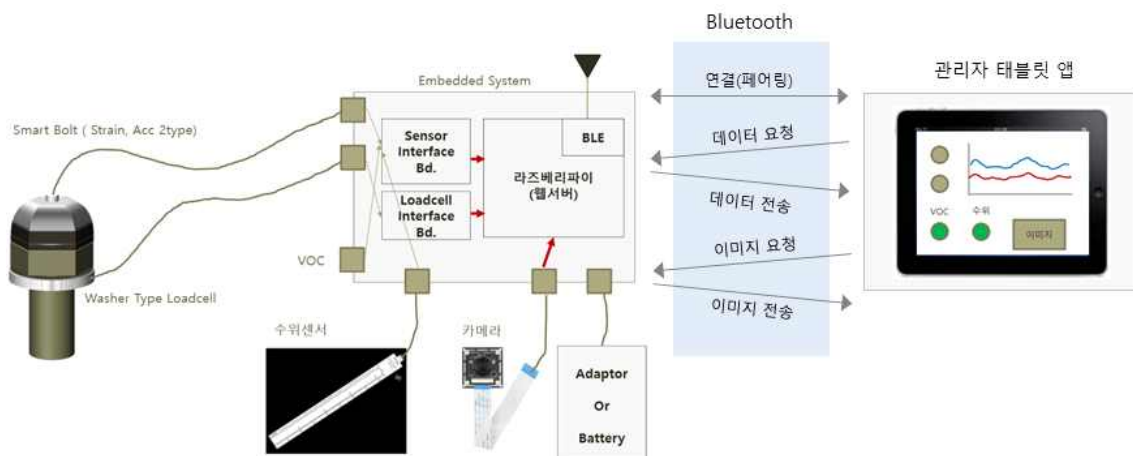
누수검출 상태 감시장치에서 수집하는 다수의 센서 데이터 처리를 위한 BLE 통신 기반의 모니터링 시스템 및 UI를 개발하였다. 개발 시스템은 다수의 센서를 관리하고, 센싱 데이터값을 송/수신하는 게이트웨이 역할을 하는 임베디드 시스템으로써 사용자의 Portable Device에 상태 정보를 전송하기 위해 블루투스 통신을 적용한다. 개발 시스템의 주요 기능 및 개발환경은 [표 2.6]과 같다.

[표 2.6] 개발 시스템의 주요 기능 및 개발환경

센서 입력 값 처리	. Smart Bolt, Washer Type Loadcell(적용 대비), 수위센서, VOC센서
카메라 스틸 사진 촬영	. 웹캠 또는 라즈베리파이용 카메라 지원 (UVC)
안드로이드 앱과 라즈베리파이간 통신 인터페이스 개발	. BLE 통신 기반에 센서 데이터 및 촬영 이미지 송/수신 프로토콜 설계 및 기능 개발
태블릿 안드로이드 앱 개발	. 실시간 센서 측정값 출력 및 그래프화, 카메라 캡처 이미지 출력 . 통신 현황(상태 및 시간, 접속 이력) 출력
S/W 개발 환경	. 라즈베리파이 . C, Makefile . GCC compiler . 안드로이드 태블릿 Application . HTML5, Javascript, CSS . Ionic 프레임워크
H/W 개발 환경	. Raspberry Pi 3 보드 . 시리얼 포트, 블루투스, LAN(or Wifi)

- BLE 통신 기반 모니터링 시스템 구성

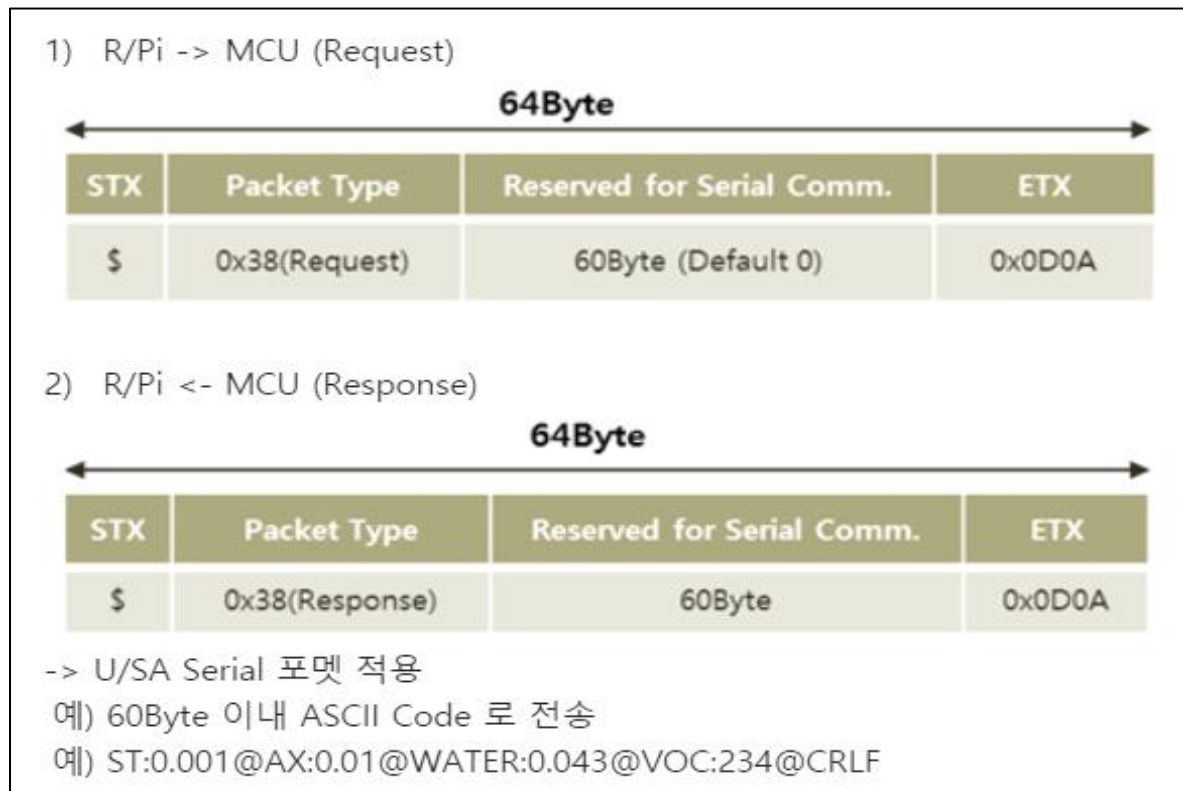
BLE 통신 기반 모니터링 시스템의 구성도는 크게 센서부 / 임베디드 시스템 / 관리자 모니터링 프로그램으로 나눌 수 있다. 임베디드 시스템은 리눅스 OS가 적용된 라즈베리파이 보드 기반 인터페이스 보드를 제작하여 하나의 임베디드 시스템으로 개발하였다. 이외 관리자 모니터링 프로그램은 태블릿 앱으로 최적화한 안드로이드 스마트패드를 기반으로, 임베디드 시스템과 연계 통신을 위한 방법으로 블루투스 통신을 사용하였다.



[그림 2.39] BLE 통신 기반 모니터링 시스템 구성도

- BLE 통신 기반 모니터링 시스템 프로토콜 구조

라즈베리파이 보드와 센서가 연결되어있는 확장보드는 시리얼(RS232) 통신을 통해 데이터를 송/수신하며 기본 구조는 [그림 2.40]과 같다. 또한, 안드로이드 디바이스 및 라즈베리파이 보드간 블루투스 프로토콜 구조는 기본적으로 json 포맷으로 프로토콜을 정의하였으며, 기본 구조는 [그림 2.41]과 같다.



[그림 2.40] 모니터링 시스템 구성 보드 간 통신 프로토콜

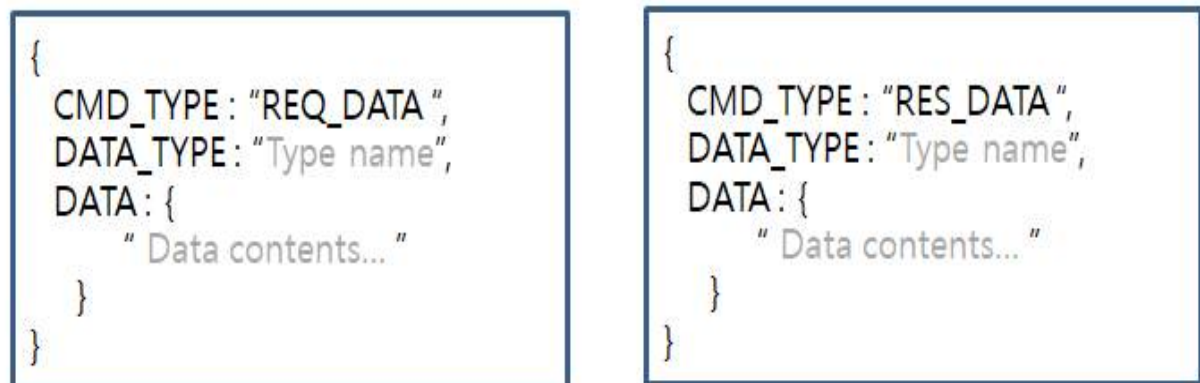


그림. 자료요청 패킷 포맷 구조

그림. 응답 패킷 포맷 구조

- CMD_TYPE : REQ_DATA / RES_DATA
- DATA_TYPE : TYPE_(REQ/RES)_SENSOR / TYPE_(REQ/RES)_IMAGE
- DATA : 센싱 값 및 카메라 스틸 이미지

[그림 2.41] 안드로이드 디바이스 및 라즈베리파이 보드 간 블루투스 프로토콜 구조

- BLE 통신 개발

안드로이드 앱이 실행되고 나면 가장 먼저 수행하는 기능은 블루투스 스캔 작업이며, 만약 등록된 블루투스 기기가 검색되면 연결 작업을 수행한다.

```
// Update DOM on a Received Event
receivedEvent: function(id) {
    var parentElement = document.getElementById(id);
    var listeningElement = parentElement.querySelector('.listening');
    var receivedElement = parentElement.querySelector('.received');

    listeningElement.setAttribute('style', 'display:none;');
    receivedElement.setAttribute('style', 'display:block;');

    console.log('Received Event: ' + id);

    // 블루투스 스캔 및 접속
    bluetoothSerial.list( bluetooth_scan_succ, bluetooth_scan_fail);
}

// 블루투스 scan 및 접속
var bluetooth_list;
function bluetooth_scan_succ(data) {
    console.log("bluetooth_scan_succ...");

    bluetooth_list = data;
    bluetoothSerial.connect(bluetooth_list[0].address, conn_succ, conn_succ);
}

function bluetooth_scan_fail() {
    console.log("bluetooth_scan_fail...");
}
```

블루투스와 연결 접속 또는 실패 시 실행되는 핸들러 코드는 아래와 같다.

```
function conn_succ(data) {
    console.log("succeed!!! [" + JSON.stringify(data)+ "]");
    //alert("Connection is succeed!");
    //location.href="./sb-admin/corechips.html";
    $("#wrapper").show(); // display 속성을 block 으로 바꾼다.
}

function conn_fail() {r
    console.log("failed!!![" + JSON.stringify(data)+ "]");
}
```

데이터 수신 시 아래의 핸들러 코드가 실행되며, 이 코드에서는 수신된 데이터에 대한 파싱 및 출력 작업을 수행하게 된다.

```
// 데이터 수신 핸들러
function recv_data_process() {
    if(curr_cmd_type != "DATA") {
        return;
    }
    $('#id_init_torque').html(json_data.DATA.STA);
    $('#id_strain').html(json_data.DATA.ST);
    $('#id_acceleration').html(json_data.DATA.AX);
    $('#id_voc').html(json_data.DATA.VOC);
    $('#id_water').html(json_data.DATA.WATER);
    // 값이 12개 이상 누적되면 오래된 순서로 데이터 삭제
    while(myLineChart.data.datasets[0].data.length > 12) {
        myLineChart.data.datasets[0].data.shift();
        arr_ST.shift();
        arr_STA.shift();
        arr_AX.shift();
        arr_VOC.shift();
        arr_WATER.shift();
        arr_avg_ST.shift();
        arr_avg_STA.shift();
        arr_avg_AX.shift();
        arr_avg_VOC.shift();
        arr_avg_WATER.shift();
    }
    arr_STA.push( parseFloat(json_data.DATA.STA) );
    arr_ST.push( parseFloat(json_data.DATA.ST) );
    arr_AX.push( parseFloat(json_data.DATA.AX) );
    arr_VOC.push( parseFloat(json_data.DATA.VOC) );
    arr_WATER.push( parseFloat(json_data.DATA.WATER) );
    arr_len = myLineChart.data.datasets[0].data.length;
    // 값이 5개 이상 수신될 경우 이전 5개 수신값의 평균값을 사용
    if(arr_len >= 5) {
        console.log("Average value > 5 !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!");
        arr_avg_STA.push( (arr_STA[arr_len-1] + arr_STA[arr_len-2] +
arr_STA[arr_len-3] + arr_STA[arr_len-4] + arr_STA[arr_len-5]) / 5 );
        arr_avg_ST.push( (arr_ST[arr_len-1] + arr_ST[arr_len-2] +
arr_ST[arr_len-3] + arr_ST[arr_len-4] + arr_ST[arr_len-5]) / 5 );
        arr_avg_AX.push( (arr_AX[arr_len-1] + arr_AX[arr_len-2] +
arr_AX[arr_len-3] + arr_AX[arr_len-4] + arr_AX[arr_len-5]) / 5 );
        arr_avg_VOC.push( (arr_VOC[arr_len-1] + arr_VOC[arr_len-2] +
arr_VOC[arr_len-3] + arr_VOC[arr_len-4] + arr_VOC[arr_len-5]) / 5 );
        arr_avg_WATER.push( (arr_WATER[arr_len-1] + arr_WATER[arr_len-2] +
arr_WATER[arr_len-3] + arr_WATER[arr_len-4] + arr_WATER[arr_len-5]) / 5 );
    } else if(arr_len == 4) {
        console.log("Average value 4 !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!");
```

```

        arr_avg_STA.push( (arr_STA[arr_len-1] + arr_STA[arr_len-2] +
arr_STA[arr_len-3] + arr_STA[arr_len-4]) / 4 );
        arr_avg_ST.push( (arr_ST[arr_len-1] + arr_ST[arr_len-2] +
arr_ST[arr_len-3] + arr_ST[arr_len-4]) / 4 );
        arr_avg_AX.push( (arr_AX[arr_len-1] + arr_AX[arr_len-2] +
arr_AX[arr_len-3] + arr_AX[arr_len-4]) / 4 );
        arr_avg_VOC.push( (arr_VOC[arr_len-1] + arr_VOC[arr_len-2] +
arr_VOC[arr_len-3] + arr_VOC[arr_len-4]) / 4 );
        arr_avg_WATER.push( (arr_WATER[arr_len-1] + arr_WATER[arr_len-2] +
arr_WATER[arr_len-3] + arr_WATER[arr_len-4]) / 4 );
    } else if(arr_len == 3) {
        console.log("Average value 3 !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!");
        arr_avg_STA.push( (arr_STA[arr_len-1] + arr_STA[arr_len-2] +
arr_STA[arr_len-3]) / 3 );
        arr_avg_ST.push( (arr_ST[arr_len-1] + arr_ST[arr_len-2] +
arr_ST[arr_len-3]) / 3 );
        arr_avg_AX.push( (arr_AX[arr_len-1] + arr_AX[arr_len-2] +
arr_AX[arr_len-3]) / 3 );
        arr_avg_VOC.push( (arr_VOC[arr_len-1] + arr_VOC[arr_len-2] +
arr_VOC[arr_len-3]) / 3 );
        arr_avg_WATER.push( (arr_WATER[arr_len-1] + arr_WATER[arr_len-2] +
arr_WATER[arr_len-3]) / 3 );
    } else if(arr_len == 2) {
        console.log("Average value 2!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!");
        arr_avg_STA.push( (arr_STA[arr_len-1] + arr_STA[arr_len-2]) / 2 );
        arr_avg_ST.push( (arr_ST[arr_len-1] + arr_ST[arr_len-2]) / 2 );
        arr_avg_AX.push( (arr_AX[arr_len-1] + arr_AX[arr_len-2]) / 2 );
        arr_avg_VOC.push( (arr_VOC[arr_len-1] + arr_VOC[arr_len-2]) / 2 );
        arr_avg_WATER.push( (arr_WATER[arr_len-1] + arr_WATER[arr_len-2]) / 2 );
    } else {
        // 초기 값이 1개 이하인 경우
        arr_avg_STA.push( parseFloat(json_data.DATA.STA) );
        arr_avg_ST.push( parseFloat(json_data.DATA.ST) );
        arr_avg_AX.push( parseFloat(json_data.DATA.AX) );
        arr_avg_VOC.push( parseFloat(json_data.DATA.VOC) );
        arr_avg_WATER.push( parseFloat(json_data.DATA.WATER) );
    }
    // 수신된 데이터 누적
    if(curr_chart_name == "ST") {
        //myLineChart.data.datasets[0].data.push( arr_avg_ST[arr_len-1] ); //
Strain
        myLineChart.data.datasets[0].data = arr_avg_ST;
    } else if(curr_chart_name == "AX") {
        //myLineChart.data.datasets[0].data.push( arr_avg_AX[arr_len-1] ); //
가속도
        myLineChart.data.datasets[0].data = arr_avg_AX;
    } else if(curr_chart_name == "VOC") {
        //myLineChart.data.datasets[0].data.push( arr_avg_VOC[arr_len-1] ); //
VOC
        myLineChart.data.datasets[0].data = arr_avg_VOC;
    } else if(curr_chart_name == "WATER") {
        //myLineChart.data.datasets[0].data.push( arr_avg_WATER[arr_len-1] );

```

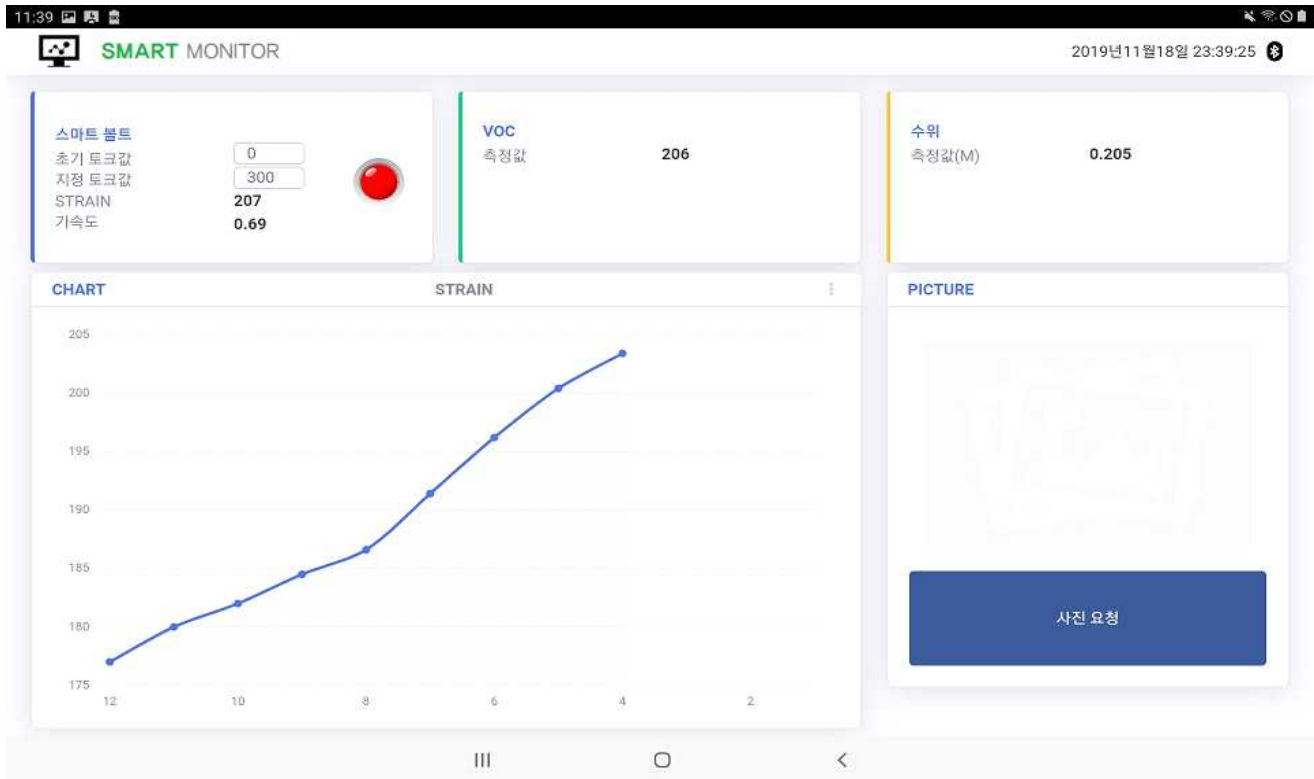
```

// 수위
myLineChart.data.datasets[0].data = arr_avg_WATER;
}
// 볼트 풀림감지 체크 로직, 결과에 따라 초록/적색 이미지 표시.
_init_torque_val = parseFloat( $("#input_init_torque").val() );
_assign_torque_val = parseFloat( $("#input_assign_torque").val() );
_base_torque_val = (_assign_torque_val - _init_torque_val) * 0.7;
_curr_torque_val = parseFloat(json_data.DATA.ST) - _init_torque_val;
//_curr_torque_val = arr_avg_ST[arr_len-1] - _init_torque_val;
console.log("init_torque_val : " + _init_torque_val);
console.log("assign_torque_val : " + _assign_torque_val);
console.log("base_torque_val : " + _base_torque_val);
console.log("curr_torque_val : " + _curr_torque_val);
if(_base_torque_val <= _curr_torque_val) {
    console.log("strain led is GREEN");
    $('#strain_led').attr('src','./img/green.png');
} else {
    console.log("strain led is RED");
    $('#strain_led').attr('src','./img/red.png');
}
// 차트 업데이트
console.log("update chart!!!!");
myLineChart.update();
}
function recv_picture_process() {
    console.log( json_data.DATA.substr(0,(json_data.DATA.length)) );
    $('#base64image').attr( 'src','data:image/jpg;base64,' + json_data.DATA );
}
var recv_data_str = "";
var recv_picture_str = "";
function recv_succ(data) {
    console.log("succeed!!! [" + data + "]");
    if(data == "") return;
    //json_data = JSON.parse( data.substr(9,) );
    try {
        json_data = $.parseJSON( data.substr(9,) );
    } catch {
        if(curr_cmd_type == "PICTURE") {
            btn_req_picture_handler_retry();
        }
    }
    if(json_data == "") return;
    if(json_data.TYPE == "SENSOR_DATA") {
        recv_data_str = data;
        recv_data_process();
    } else if(json_data.TYPE == "PICTUR_DATA") {
        recv_picture_str = data;
        recv_picture_process();
        curr_cmd_type = "DATA";
    }
}
}
function recv_fail(data) {
    console.log("failed!!![" + JSON.stringify(data)+ "]");
}
}

```

○ UI 개발

수신되는 데이터의 시각화를 위한 UI를 개발하였다. 화면 구성은 [그림 2.42]과 같으며, 상세 내용은 ‘시각화 기반 점검자 친화적 점검 시스템 개발’ 보고서에 작성하였다.



[그림 2.42] 개발 UI 구성 화면 - 안드로이드 앱

- BLE 통신 모듈 무선 성능 시험

정량적 목표로 제시한 BLE 통신 모듈의 무선 통신 가능 거리 10m 만족 여부 확인을 위한 시험을 수행하였다. 임베디드 모듈에 카메라를 연결하고, 데이터 송신부인 임베디드 모듈과 데이터 수신부인 태블릿을 일정 거리에 위치하게 하여, 태블릿 앱상에서 데이터 수신 및 카메라 이미지 요청에 의한 이미지 수신이 정상적으로 되는지 [그림 2.43]과 같이 확인하였다.



[그림 2.43] BLE 통신 모듈 무선 성능 시험

정량적 목표로 제시하였던 10m를 초과한 약 15m 거리에서 태블릿 앱으로 데이터 통신을 확인한 결과, 데이터 수신 및 이미지 요청에 의한 이미지 수신/출력이 정상적으로 됨을 확인할 수 있었다. 공인시험기관에서 BLE 무선 통신 모듈의 무선 성능시험을 수행하였고, BLE 송 수신부 간의 거리 10m 기준을 충족하여, 공인시험성적서를 발급받았다.

성적서 번호 : 2019 - E2662
총 5 페이지 중 1 페이지



IRSPI Reliability Solution Provider

시험 성적서

1. 의뢰자

회 사 명 : 우리기술 주식회사
주 소 : 충청남도 공주시 탄천면 홍산로 175

2. 시험 품 목

제 품 명 : BLE 통신 모듈
모 델 명 : -

3. 시험 기 간 :

2019. 11. 29.

4. 시험 방 법 :

의뢰자 제시조건

5. 시험 장 소 :

■ 고정시험실 □ 현장시험 (주소:)

6. 시험 결 과 :

시험항목	시험결과	비고
무선 통신 시험	- 시험 중 데이터 수신 확인 결과, 수신됨	표 1~2) 참고

확 인	작성자 성 명 : 이 원 석	승인자 성 명 : 김 경 중
-----	--------------------	--------------------

- 본 성적서는 신청자로부터 제공된 시험품에 한하여 평가한 결과로서 견제 제품에 대한 품질 및 성능을 보증 하지 않습니다.
- 당사의 사전 승인 없이 본 성적서의 전부 혹은 일부를 복사하여 사용할 수 없습니다.
- 본 성적서의 시험결과는 KOLAS인정과 관련 없음을 밝힙니다.

2019. 12. 05.

주식회사 알에스피 대표이사



경기도 안산시 단원구 산단로 78, 107(원시동, 광원원시동)
Tel : 070-7841-0504 Fax : 031-482-2070 Home Page : www.rsp.co.kr

RSP-QP-15-04
A4(210 X 297)

성적서 번호 : 2019 - E2662
총 5 페이지 중 4 페이지



IRSPI Reliability Solution Provider

4. 시험 결과

시험 횟수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
결과	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O

표 1) 데이터 수신 결과 : 데이터 소실 및 누락 없음

시험 횟수	결과	시험 횟수	결과
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	

표 2) 데이터 수신 결과 (사진)

경기도 안산시 단원구 산단로 78, 107(원시동, 광원원시동)
Tel : 070-7841-0504 Fax : 031-482-2070 Home Page : www.rsp.co.kr

RSP-QP-15-04
A4(210 X 297)

[그림 2.44] BLE 통신 모듈 무선 성능 공인시험성적서]

① 손상시각화 알고리즘

기본적인 화면 구성은 아래와 같이 상단에는 각 센서의 세부 상태 값을 표시하고, 하단에는 그래프와 카메라 사진 뷰어 화면으로 구성되며, 구성 센서 리스트는 누수 감지 장치 적용 센서를 따른다.

[illegible]

[그림 2.46] 이미지 송신 시 데이터 형태

수신된 센서값들은 아래와 같이 차트 형태의 대시보드 UI로 출력된다. 우측상단의 메뉴를 클릭하여 세부 차트 그래프를 선택할 수 있다.



수신 차트는 chart.js 라이브러리를 기반으로 개발되었으며, 아래와 같은 세팅 정보로 차트를 출력한다.

```
var ctx = document.getElementById("myAreaChart");
var myLineChart = new Chart(ctx, {
  type: 'line',
  data: {
    labels: ["12", "1", "10", "9", "8", "7", "6", "5", "4", "3", "2", "1"],
    datasets: [{
      label: "value",
      lineTension: 0.3,
      backgroundColor: "rgba(78, 115, 223, 0.05)",
      borderColor: "rgba(78, 115, 223, 1)",
      pointRadius: 3,
      pointBackgroundColor: "rgba(78, 115, 223, 1)",
      pointBorderColor: "rgba(78, 115, 223, 1)",
      pointHoverRadius: 1,
      pointHoverBackgroundColor: "rgba(78, 115, 223, 1)",
      pointHoverBorderColor: "rgba(78, 115, 223, 1)",
      pointHitRadius: 1,
      pointBorderWidth: 2,
      //data: [62, 65, 76, 132, 150, 192, 183, 153, 146, 167, 170, 174],
      data: [],
    }],
  },
  options: {
    maintainAspectRatio: false,
    layout: {
      padding: {
        left: 10,
        right: 25,
        top: 25,
        bottom: 0
      }
    },
    scales: {
      xAxes: [{
        time: {
          unit: 'date'
        },
        gridLines: {
          display: false,
          drawBorder: false
        },
        ticks: {
          maxTicksLimit: 7
        }
      }],
    },
  },
}
```

```

yAxes: [{
  ticks: {
    padding: 10,
    // Include a dollar sign in the ticks
    callback: function(value, index, values) {
      //return '' + number_format(value);
      return '' + value;
    },

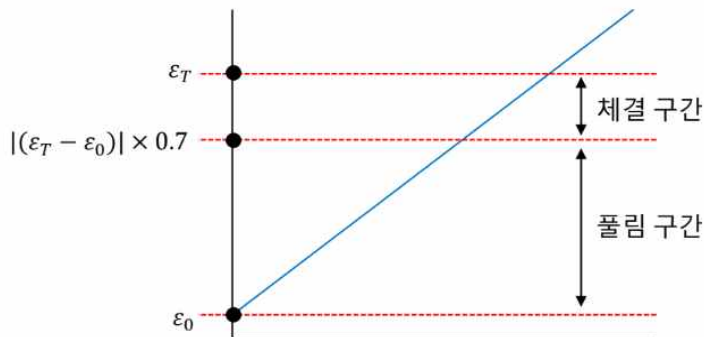
  },
  gridLines: {
    color: "rgb(234, 236, 244)",
    zeroLineColor: "rgb(234, 236, 244)",
    drawBorder: false,
    borderDash: [2],
    zeroLineBorderDash: [2]
  }
}],
legend: {
  display: false
},
tooltips: {
  backgroundColor: "rgb(255,255,255)",
  bodyFontColor: "#858796",
  titleMarginBottom: 10,
  titleFontColor: '#6e707e',
  titleFontSize: 14,
  borderColor: '#dddfef',
  borderWidth: 1,
  xPadding: 15,
  yPadding: 15,
  displayColors: false,
  intersect: false,
  mode: 'index',
  caretPadding: 10,
  callbacks: {
    label: function(tooltipItem, chart) {
      var datasetLabel = chart.datasets[tooltipItem.datasetIndex].label ||
'';

      //return datasetLabel + ': $' + number_format(tooltipItem.yLabel);
      return datasetLabel + ': ' + tooltipItem.yLabel;
    }
  }
}
}
}

```

○ 볼트 풀림 감지 판별 시각화

대시보드에서 사용자는 초기 토크값 및 지정 토크값에 대한 스트레인 값을 직접 입력할 수 있다. 이 값은 수신되는 STRAIN 값이 체결 구간 범위에 포함되는지, 혹은 풀림 구간에 포함되는지를 판단하기 위해 사용된다.



ε_T = 지정 토크에서의 스트레인(입력값)

ε_0 = 초기 스트레인(입력값)

ε = 측정 스트레인(실시간 측정값)

체결 상태 : $|(\varepsilon_T - \varepsilon_0)| \times 0.7 \leq |(\varepsilon - \varepsilon_0)|$

풀림 상태 : $|(\varepsilon_T - \varepsilon_0)| \times 0.7 > |(\varepsilon - \varepsilon_0)|$

[그림 2.48] 볼트 풀림 감지 판별 기준

위 공식을 구현한 소스 코드는 아래와 같으며, 계산 결과에 따라 LED 조명이 초록색(체결 상태) 또는 빨간색(풀림 상태)으로 표시된다.

○ 관리자 모니터링 프로그램

개발한 관리자 모니터링 프로그램의 구동을 위한 포터블 디바이스의 최소 사양은 [표 2.7]과 같다.

[표 2.7] 관리자 모니터링 프로그램 최소 사양

구분	내용
OS	Android 4.4 이상
BLE	BLE4.0 이상
CPU	1 Ghz 이상
RAM	1 Gb 이상
해상도	800*640 이상

개발 프로그램은 최소 사양을 만족하는 안드로이드 기반 OS를 가지는 디바이스의 APK 형태로 배포 및 설치가 가능하며, 개발 프로그램의 소프트웨어 등록 작업을 완료하였다.

○ 3차 연도(2021)

A. 스마트 부단수 밸브 교체 시스템 개발

① 최대수압 (18kgf/cm² 이상_공인시험성적서)

한국산업표준(KS) 인증심사기준

한국산업표준(KS)번호 KS B 2308

한국산업표준(KS)명 분배브

제정연월일 1981년 12월 14일

개정연월일 2018년 12월 11일

- KS B 2308의 한국산업표준(KS) 인증 업무에 대한 처리 절차와 방법 등 산업표준 시험 및 KS Q 0001, KS 인증제도 - 제품인증에 대한 일반 요구사항에 따른다.
- 이 인증심사기준은 산업표준시험 시행규칙 별표5(인증심사기준)을 기반으로 작성된 것으로, KS Q 0001 부속서 B(공정인증요건서) 작성 중 인증심사에 대한 관련 기준으로 활용한다.

한국표준협회, (제) 한국기계전기전자시험연구원,
(제) 한국건설생활환경시험연구원, 한국가스안전공사

가. 품질경영 관리

심사사항	심사기준
1) 사내표준화 및 품질경영의 주요	가) 경영책임자는 표준화 및 품질경영을 원칙적으로 추진해야 한다. 나) 기업의 사내표준 및 관리규정은 한국산업표준(KS)을 기반으로 회사 규모에 따라 적절하게 수립하고 회사 전체 차원에서 적용해야 한다. 다) 품질경영의 추진계획은 해당 한국산업표준(KS) 및 인증심사 기준의 요구 사항을 바탕으로 포함할 수 있도록 작성해야 한다.
2) 사내표준화와 품질경영의 도입 및 확산을 위한 활동	가) 품질경영을 총괄하는 품질경영부서(위탁업체 20인 이하 기업은 품질관리담당자)는 독립적으로 운영해야 한다. 나) 제반 활동 또는 소집단 활동 중 총괄 관리 품질개선 활동을 실시하고, 사내표준화와 품질경영 활동 전반에 대해 자재검사를 1년 이내의 주기로 실시하여 그 결과를 경영에 반영해야 한다.

나. 자재 관리

심사사항	심사기준
1) 원자재관리	한국산업표준(KS)에 따른 주요 자재명 및 자재명 관리목록을 사내표준에 규정해야 한다. 다만, 주요 자재관리 목적(부품, 조립 및 재료 등)은 인증기준에 심사 전 제출하여 지정성을 확인받아야 하며, 심사 후에도 변경사항이 있을 경우 인증기준에 승인을 받아야 한다.
2) 자재 품질기준	자재의 품질기준은 생산제품의 품질이 한국산업표준(KS) 수준 이상으로 보장될 수 있도록 규정해야 한다.
3) 검사방법	자재의 검사방법은 제품과 품질이 한국산업표준(KS) 수준 이상으로 보장될 수 있도록 한국산업표준(KS)에 규정된 품질관리기법을 활용하여 규정해야 한다.
4) 외형사항	사내표준에 따라 자재를 입수할 때에는 품질관리(이하 이 표에서 "인수검사"라 한다) 및 자재관리로 되어 있다.

【비고】

1. 자재는 한국산업표준(KS) 인증 제품을 우선적으로 사용해야 하고, 한국산업표준(KS) 인증제품 또는 품질의 차이라고 인정된 자재는 자재를 공급하는 업체와 시험성적서, 외부공인 시험기관의 시험성적서, 자품을 자재 제조하는 경우에는 공정관리 기록 등으로 인수검사를 할 수 있다.

2. 인증을 받은 기업은 제품의 종류, 공정의 특수성 및 제조기술의 개발에 따라 자재의 대체 또는 생략하거나 검사방법을 달리거나 운영할 수 있으며, 이러한 경우 변경사항을 인증기준에 제출하여 승인을 받아야 한다. 변경사항을 인증기준에 제출하지 않고 자재를 대체하거나 생략한 경우, 인증기준에 해당 제품(한국산업표준(KS)에 별개의 평가 받은 것으로 간주하여 인증을 취소할 수 있다.

[그림 3.1] KS B 2308 볼밸브 수압 테스트 준용하여 적용

○ 시험방법

- 목적 : 부단수 밸브 교체장비를 적용할 때 상수도 지관에 체결된 본 ‘스마트 부단수 밸브 교체 장비’의 적용될 수 있는 최대수압 1.8MPa(18kgf/cm² 이상)을 시험을 통해 확인

○ 시험장비



시험장비 (A) (시험관 마개)



시험장비 (B) (시험관)



시험장비 (C) (부단수 교체 안전헤드)

○ 시험계획 및 방법

- 시험관 (B)에 한쪽 면에 시험관 마개(A)를 연결하고, 볼트 8개를 체결한다. 반대쪽 면은 부단수 교체 안전헤드(C)로 막아준다.
- (A)중앙에 있는 구멍을 통해 물을 가득 채운 뒤 리플을 통해 수압시험기와 압력게이지를 결합한다.
- 안전헤드(C)가 체결된 후 수압증가에 따른 (C)의 밀림을 방지하기 위해 (C) 후미에(A)를 (B)관과 고정한다.
- 0.4, 0.8, 1.2, 1.8MPa의 4단계로 시험을 수행하며, 수압 도달 시의 1분간의 지연시간 동안 누수여부를 확인한다.

○ 시험점검표(예시)

수압(MPa)*	0.4	0.8	1.2	1.8
누수유무	X	X	X	X

*누수가 발생 될 때까지 수압을 올려 시험을 진행한다.

○ 시험결과(시험성적서 참조)

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
수압시험(0.4MPa x 1min : 누수유무)	-	-	이상없음	의뢰자제공시험방법
수압시험(0.8MPa x 1min : 누수유무)	-	-	이상없음	의뢰자제공시험방법
수압시험(1.2MPa x 1min : 누수유무)	-	-	이상없음	의뢰자제공시험방법
수압시험(1.8MPa x 1min : 누수유무)	-	-	이상없음	의뢰자제공시험방법

BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

KTR

TEST REPORT

우 13810 경기도 과천시 교육원로 98(중앙동) TEL (02)264-0011 FAX (02)2634-1008
 성적서번호 : TAK-2021-095530 접수 일자 : 2021년 06월 25일
 대표 자 : 박나영 시험완료일자 : 2021년 07월 23일
 업체 명 : 우리기술(주)
 주소 : 충청남도 공주시 무령로 330, 3층(옥동동)
 시 료 명 : 부단수 밸브 교체시험(0100)

시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
수압시험(0.4 MPa x 1 min: 누수유무)	-	-	이상없음	의뢰자제공시험방법
수압시험(0.8 MPa x 1 min: 누수유무)	-	-	이상없음	의뢰자제공시험방법
수압시험(1.2 MPa x 1 min: 누수유무)	-	-	이상없음	의뢰자제공시험방법
수압시험(1.8 MPa x 1 min: 누수유무)	-	-	이상없음	의뢰자제공시험방법

~의뢰자제공시험방법: 부단수 시험계획서(woori202107)
 ~용도: 제철용(국도교통과과학기술진흥원)
 비고: 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인만 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code를 확인 가능합니다.
 2. 이 성적서는 총보, 안전, 경고 및 소송을 목적으로 사용할 수 없으며, 별도의 사용을 금합니다.
 3. 이 성적서는 원본(재발행 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

Lin Choolyu
 작성자: 임철규
 Tel: 02-2092-4043

Kim Jaesoon
 기술책임자: 김대훈
 Tel: 1577-0091(ARS 01~09)

2021년 07월 23일

KTR 한국화학융합시험연구원

위변조 확인용 QR code

Page: 1 of 1

전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다. 전자문서본(Electronic Copy)

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE (KTR-CR-P03-F01-0200) AR210 X 297

[그림 3.2] KTR 공인시험성적서

규격 : woori-202107

부단수 밸브 교체 장비 압력시험 계획서

1. 시험개요
 - 실험목적 : 부단수 밸브 교체 장비의 견고성 및 성능을 시험하고, 시험에 필요한 모든 장비, 시료, 시험장소를 확보한다.
 - 실험목적 : 부단수 밸브 교체 장비의 견고성 및 성능을 시험하고, 시험에 필요한 모든 장비, 시료, 시험장소를 확보한다.

2. 시험장비



3. 시험계획 및 방법

- ① (B)관에 한쪽 면에 (A)를 체결하고, 볼트 8개를 체결한다. 반대쪽 면은 부단수 교체 안전헤드(C)로 막아준다.
- ② (A)중앙에 있는 구멍을 통해 물을 가득 채운 뒤 리플을 통해 수압시험기와 압력게이지를 결합한다.
- ③ 안전헤드(C)가 체결된 후 수압증가에 따른 (C)의 밀림을 방지하기 위해 (C) 후미에 (A)를 (B)관과 고정한다.

수 압	0.4	0.8	1.2	1.8
누수여부				

*누수가 발생 될 때까지 시험을 진행한다.

[그림 3.3] 시험의뢰서(KTR 제출)

② 최대 작업시간 (설치 소요시간 최대 5시간)

③ 최소 필요인원 (최소 필요인원 3인 이내)

[표 3.1] 최대 작업시간 및 최소 필요인원 검증(서초 무단수 장비 교체공사 현장)

			
작업 시작 -	투입인원 : 2명 촬영시간 : 14:28:14	부단수 장비 운용(1)	투입인원 : 2명 촬영시간 : 14:36:52
			
부단수 장비 운용(2)	투입인원 : 1명 촬영시간 : 15:16:47	부단수 장비 운용(3)	투입인원 : 2명 촬영시간 : 15:28:49
			
밸브 교체	투입인원 : 2명 촬영시간 : 15:39:49	부단수 장비 제거	투입인원 : 2명 촬영시간 : 15:44:29
		1. 작업시간 최대 5시간 - 작업 시작 시간 14시 28분 14초 - 작업 종료 시간 15시 54분 51초 - 총 소요시간 : 1시간 26분 37초 소요 - 2시간 이내 작업 완료 2. 작업인원 최소 3인 - 작업인원은 1-2명 필요	
부단수 장비 운용 종료	투입인원 : 2명 촬영시간 : 15:54:51		

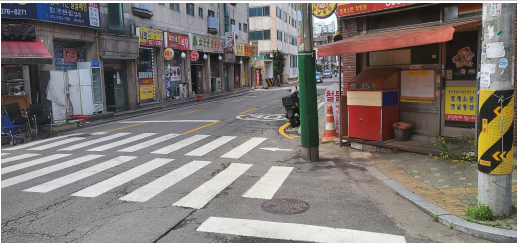
A-3. 현장적용 검증

○ 현장적용지 선정



[그림 3.4] 현장적용 후보지

[표 3.2] 현장적용 검증 후보지 및 선정

현장시험 후보지 선정		선정 여부
1안		3거리 중앙에 위치하여 Test-bed 구축 시 차량 통제 등이 필요할 것으로 판단되어 보류
2안		- 도로의 차량통행에 지장을 줄 수 있으나, 차량 통제 없이 시스템을 구축하기 적절함. - 하지만, 재수밸브 맨홀의 크기가 작아(ø648 미만) 함체를 보관하기 적절하지 않아 보류
3안		3거리 중앙에 위치하여 Test-bed 구축 시 차량 통제 등이 필요할 것으로 판단되어 보류
4안		- 도로의 차량통행에 지장을 줄 수 있으나, 차량 통제 없이 시스템을 구축하기 적절함. - 또한 재수밸브 맨홀의 크기가 준수하여(ø648 이상) 함체를 매설하기 적절할 것으로 판단됨 현장시험 후보지 선정

○ 현장 설치

개발 결과물인 스마트볼트를 포함한 상수도 누수 검출 상태 감시 장치와 관리자 모니터링 프로그램의 현장 검증을 위해 서울시에서 제공받은 테스트 베드 구축 후보지 중 아래 서울 은평구 증산서길에 위치한 상수도 제수밸브 밸브실을 선정하여 테스트 베드를 구축하였다. (기타 후보지와 달리 설치 및 현장 확인 시점에 차량과 주민을 통제할 필요가 없으며, 뒤편 가게가 폐업한 상태이므로 안전 칼라콘을 이용해 설치 맨홀에 접근을 막을 수 있다.)



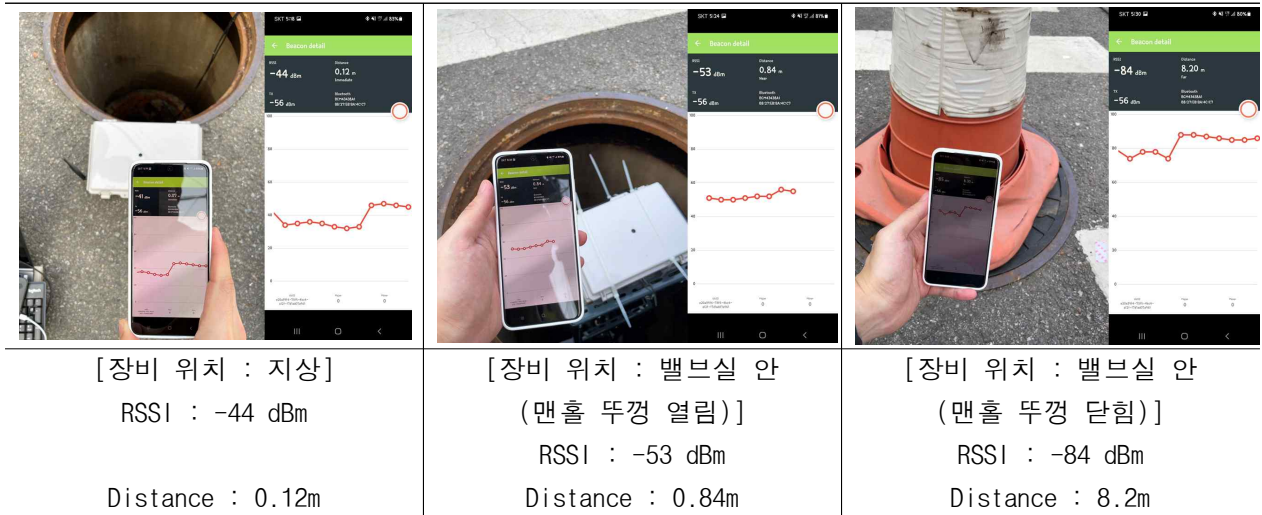
[그림 3.5] 테스트 베드 전경



[그림 3.6] 기존 볼트 및 실험용 스마트볼트, 현장 설치용 스마트볼트, 스마트볼트 설치 모습

가속도 센서/스트레인게이지 적용 스마트볼트 각 1개씩을 기존 체결 볼트 2개를 제거하여 대체하였다. 스마트볼트 내 PCB를 보호하는 캡은 SUS 재질이나, 용접으로 결합하였으므로 장기간 물에 노출시 용접 부위에 녹이 발생할 우려가 있다. 따라서 용접 부위를 포함한 보호 캡 부분에 녹 방지를 위해 추가로 코팅 작업을 한 스마트볼트를 현장에 적용하였다.

개발 상수도 누수 검출 상태 감시 장치는 장치 서버 접속, 설정, 디버깅 등의 작업에는 자체 무선 AP 기능을 이용하고, 실제 데이터 송수신은 BLE 통신으로 이루어지므로, 설치 현장의 특성(맨홀 뚜껑, 지하 등)에 의해 네트워크 장애가 발생할 수 있다. 따라서, 현장에서의 실제 BLE 품질 상태를 [그림 3.7]과 같이 측정되었다. 측정 결과, 맨홀 뚜껑을 닫기 전에는 우수한 신호 세기가 측정 되었으며, 맨홀 뚜껑이 닫힌 후에는 신호 품질이 하락하였으나, 간헐적인 지연 현상 외에는 데이터 송수신 문제가 발생하지는 않았다. 하지만 테스트 베드 적용 장치로부터의 안정적인 데이터 수집을 위해, sma 케이블을 연장하여 맨홀 위에 위치한 전원 케이블 커버에 함께 묶으로써, 데이터 수집을 위해 작업자가 방문시 안테나를 연결하여 안정적으로 데이터를 수집 할 수 있도록 조치하였다.



[그림 3.7] 장비 위치에 따른 BLE 네트워크 품질 측정

[표 3.3] RSSI 세기에 따른 품질표

신호	의미
-30 dBm	달성 가능한 최대치지만 실제 환경에서는 거의 불가능
-67 dBm	민감한 애플리케이션과 매우 안정적인 성능을 위한 최소치
-70 dBm	안정적인 성능과 연결을 위한 최소치
-80 dBm	매우 기본적인 용도를 위한 최소치이지만 성능이 안정적이지 않음
-90 dBm	무선 기능이 거의 작동하지 않음

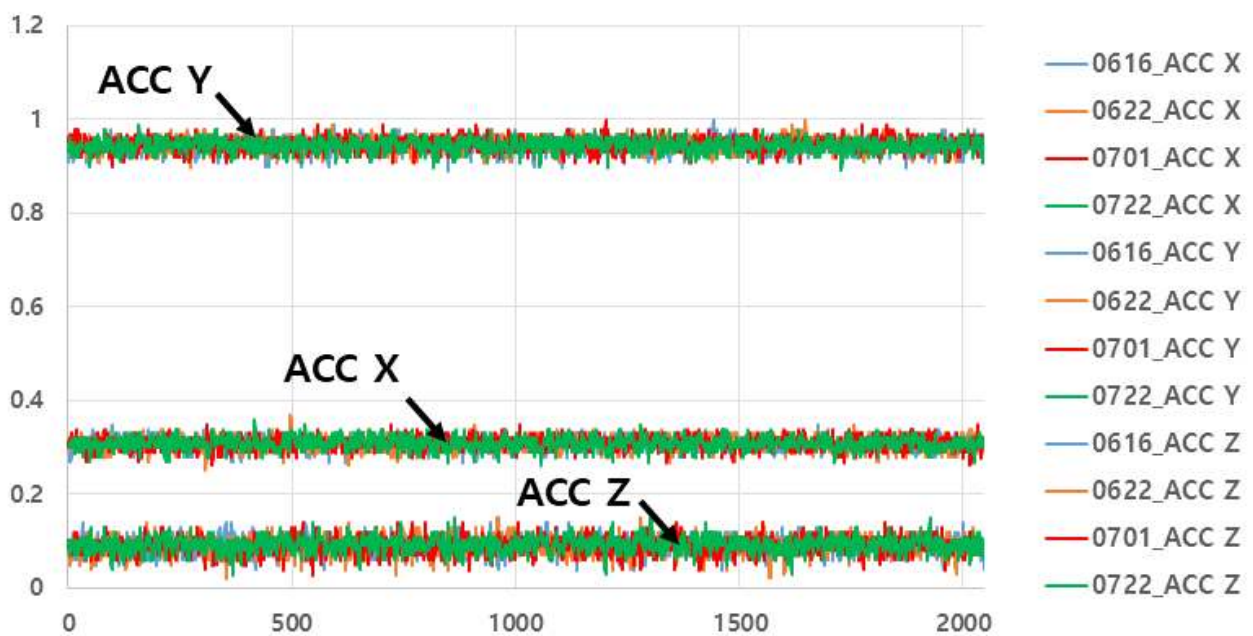


[그림 3.8] 맨홀 내 장치로부터 데이터 정상 송수신 확인 및 설치 마무리 모습

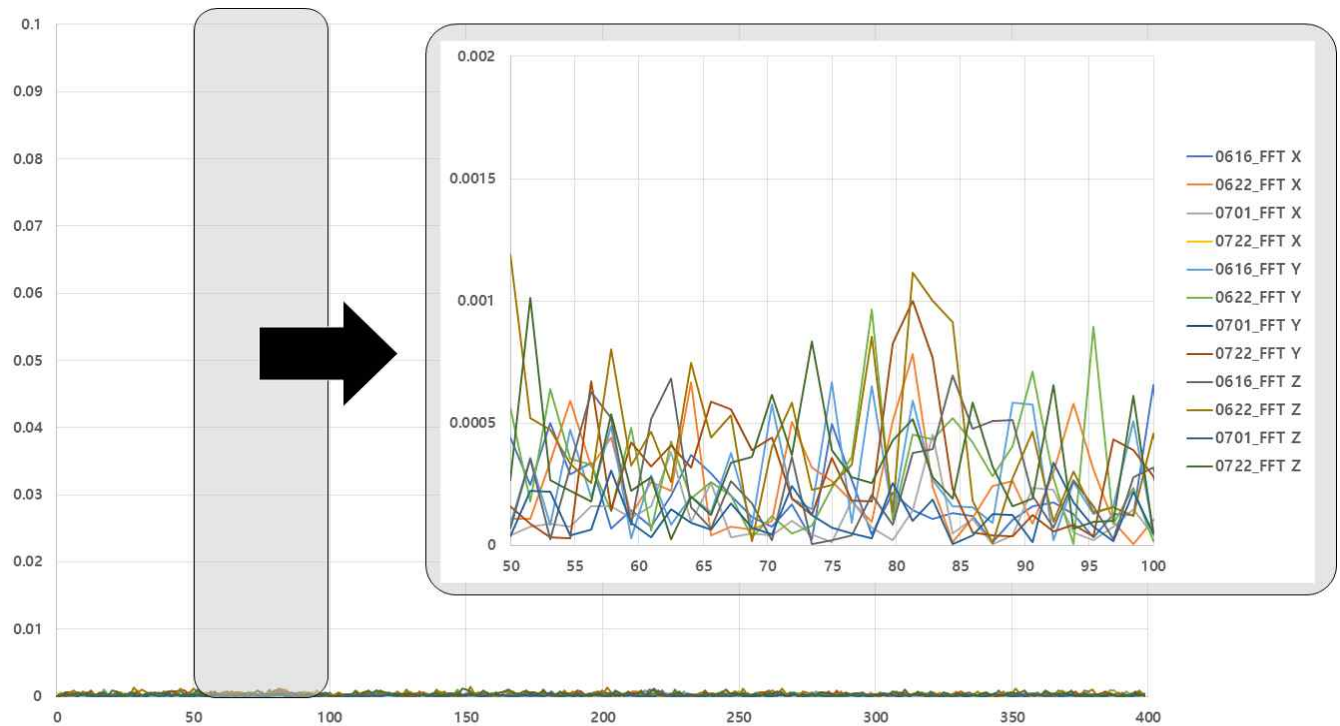
21년 6월 16일에 현장 설치를 완료하였고, 이후 총 4회(6월 22일, 7월 1일, 7월 14일, 7월 22일) 현장에 방문하여 설치 장비 이상 유무 확인 및 데이터를 수집하였고, 현시점에도 설치하여 유지중이다.



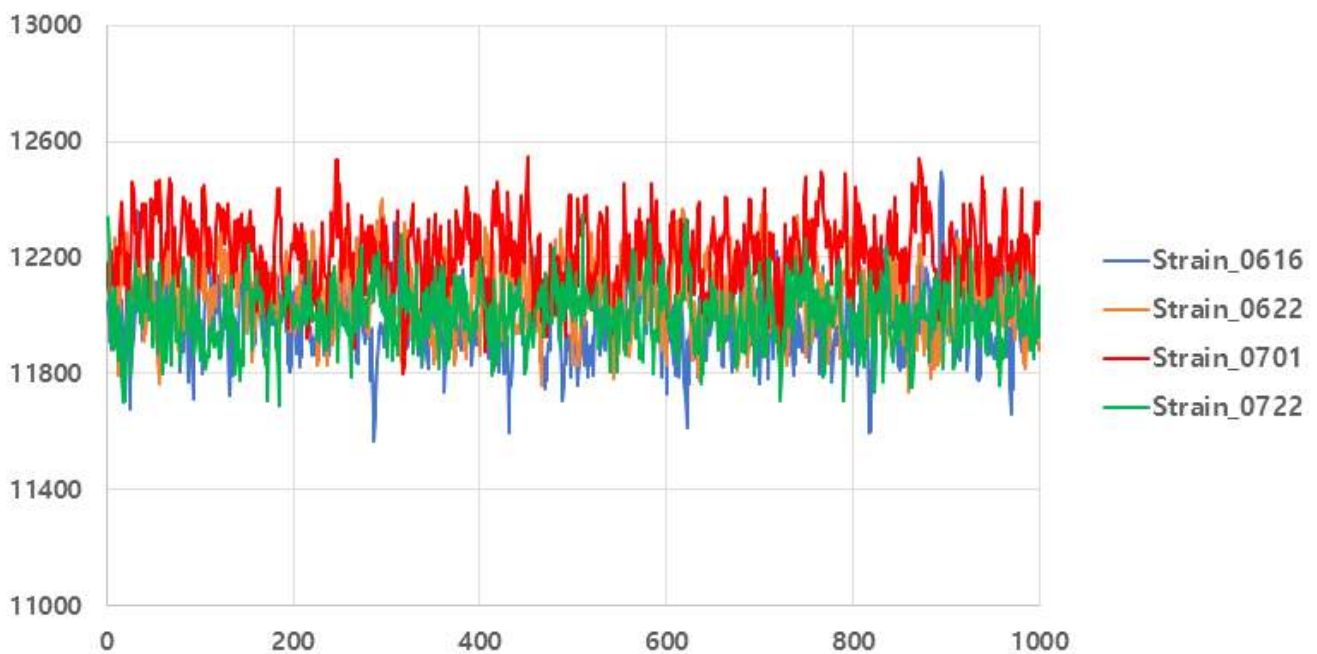
[그림 3.9] 테스트 베드 데이터 수집 기록



[그림 3.10] 테스트 베드 수집 데이터



[그림 3.11] 스마트볼트 가속도 수집 데이터



[그림 3.12] 스마트볼트 가속도 수집 데이터(FFT)

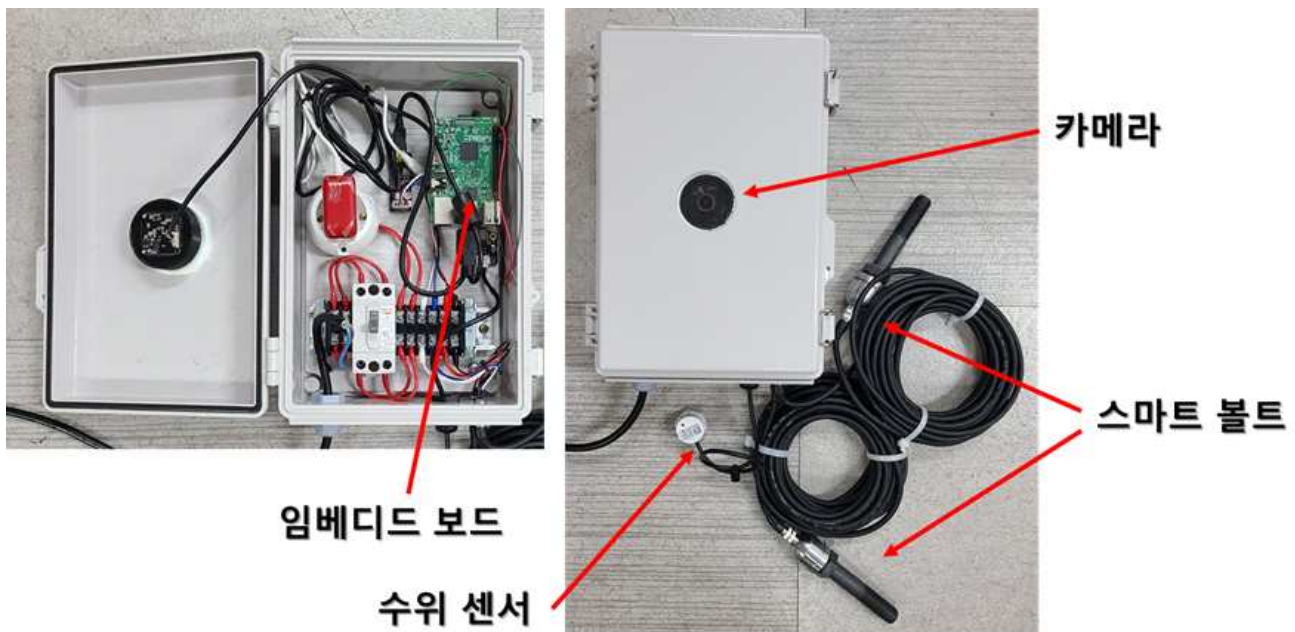
6월 16일에 수집한 데이터와 비교하였을 때 6월 22일, 7월 1일, 7월 22일 수집 데이터에서 특이 사항을 확인할 수 없었다. 측정된 가속도 값은 사실상 0g이므로, 누수 발생시 나타나는 특정 주파수에 대한 PEAK 값 역시 발생하지 않았다. 즉, 6월 16일 ~ 7월 22일 기간 동안 스마트볼트를 포함한 누수 감지 장치를 설치한 밸브실 내 상수도 밸브에서는 누수가 발생하지 않았음을 확인하였다.

B. 상수도 누수 검출 스마트볼트 및 상태 감시 장치

B-2. 누수 검출 상태 감시 장치

○ Multi-sensor를 활용한 누수 검출 감지 장치

누수 검출 감지 장치는 스마트볼트(가속도, 스트레인 측정 각 1개), 카메라, 수위 센서를 이용하여 상수도 밸브 및 밸브실의 상태를 유추할 수 있는 데이터를 수집하는 센서부와 데이터의 처리와 수신기와의 BLE 통신을 담당하는 임베디드 보드로 구성된다. 2차년도 시제품에는 VOC 센서도 적용하였으나, 스마트볼트 외에 누수 검출 감지 장치 자체의 방수 성능이 요구되어 최종 시제품에는 제외되었다. 또한 2차년도에 선정하였던 수위 센서의 경우 적용 현장에 적합하지 않아, 설치 위치의 물 존재 여부에 따라 1 또는 0 신호를 출력하는 정전용량형 수위 센서로 교체하여 적용하였다.



[그림 3.13] 누수 검출 감지 장치 시제품 - 220V 전원 타입

누수 검출 감지 장치의 구성은 위 사진을 따르며, 상기 사진의 누수 검출 감지 장치는 220V 전원 사용을 가정하고 제작되었다. 누수 검출 감지 장치의 테스트 베드 확인 결과, 220V의 전원 공급의 어려움과 맨홀 뚜껑으로 인한 무선 통신 장애가 우려되어, 220V 전원 구성을 제거하고, 임베디드 보드의 전원 케이블 및 통신 케이블을 연장하여, 작업자가 현장에 방문시 안테나 및 보조배터리를 연결하여 상수도 밸브실의 상태를 확인할 수 있도록 하였다.

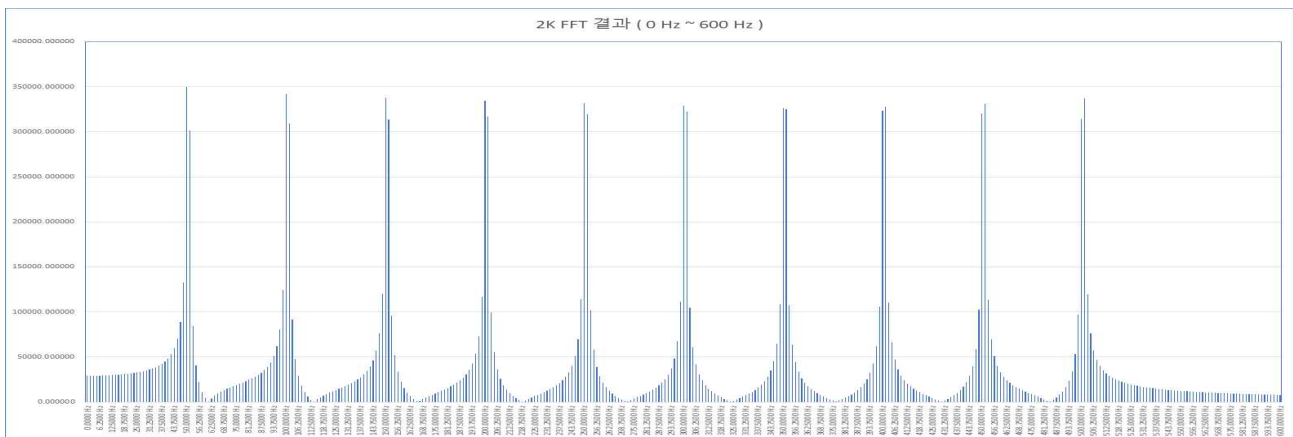
- 스마트 볼트 개선

2차년도에 개발한 스마트볼트의 내부는 2단 PCB 형태로, 용도에 따라 각각 진동센서 및 스트레인게이지의 신호 처리를 위한 interface 회로를 갖는 PCB로 구성하였다. 스마트볼트 내부 PCB를 보호하는 스마트볼트 캡은 스테인레스 재질로 제작되어 내부식성이 우수하고, 용접으로 마무리해 방수 성능을 확보하였으나, 2단 PCB 형태로 인한 크기 증가로 실제 현장 적용에는 무리가 있었다. 따라서, 3차년도에는 PCB 설계를 수정하여 단일 PCB 보드로 구성하였고, 스마트볼트의 상단 캡 크기를 줄여 이전 모델 대비 현장 적용 용이성을 확보하였다. 또한, 2차 년도에 개발한 진동 측정형 스마트볼트는 1축 진동 센서를 사용하였으나, 3차 년도에는 향상된 3축 진동 센서를 적용하였고, 관리자 모니터링 프로그램에서 사용자가 손쉽게 2g, 4g, 8g, 16g 단위로 측정 범위를 설정하고 진동 raw 데이터를 수집하는 동시에 FFT도 계산할 수 있도록 설계 하였다.

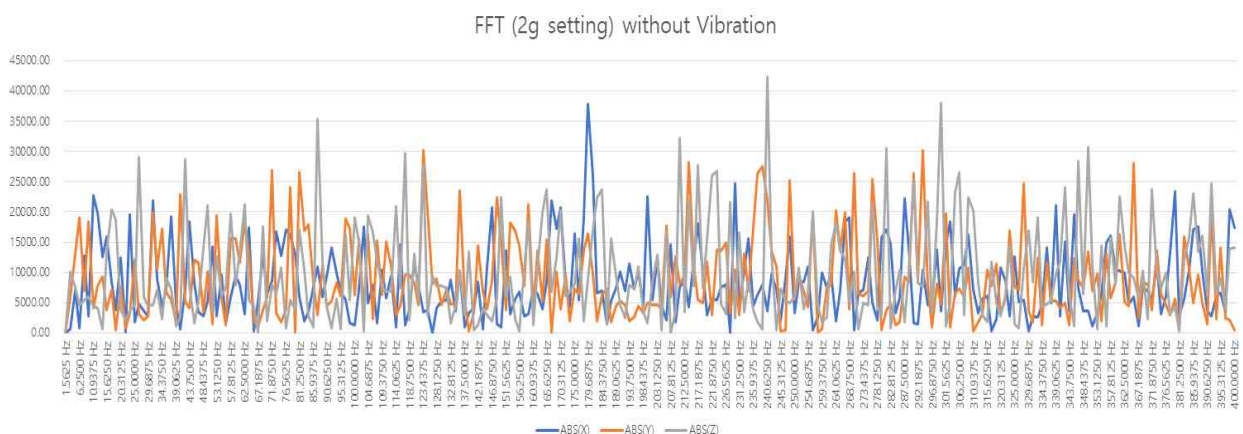
[표 3.4] 3차년도 변경 센서 주요 사양

	Input voltage : 5–24V Power consumption : 5mA Output Voltage : High level – InVcc / Low level – 0V Response time : 500ms Operating Temperature : 0 ~ 100 °C Operating Humidity : 5 ~ 100 % Waterproof : IP67
	Input voltage : 1.2–3.6V Range : 3-axis $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, $\pm 16g$ LSB/g : 16384($\pm 2g$) ~ 2048($\pm 16g$) Zero-g offset : $\pm 25mg$ Sensitivity – Temperature : 0.01%°C (xy), 0.03%°C (z) Operating Temperature : -40 ~ 105 °C

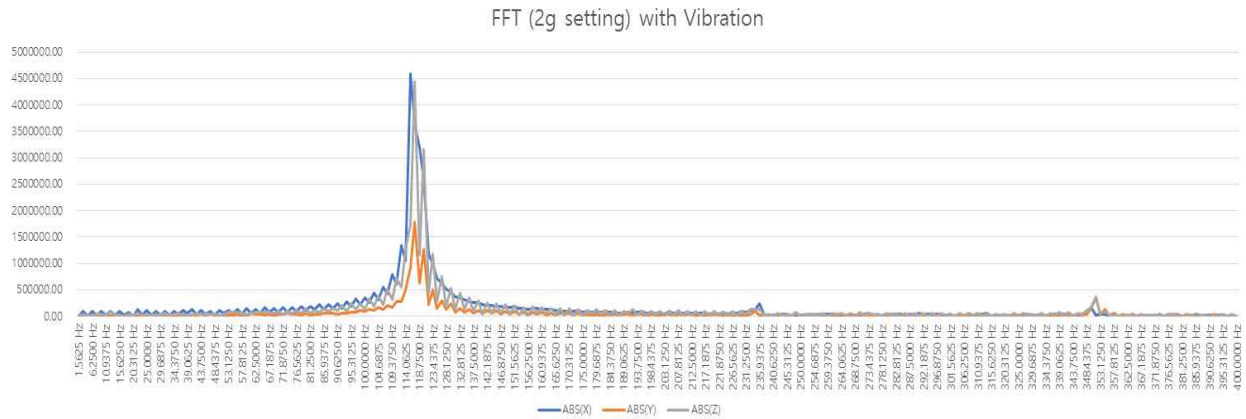
개발 보드에 인위적으로 10개의 테스트 신호 주파수 성분이 포함된 테스트 신호를 3200 sample/second 속도로 1초동안 샘플링한 데이터를 생성 후 2048 샘플을 FFT한 결과는 아래 그래프와 같으며, 해당 프로세스의 총 소요 시간은 3.83ms로 나타났다. 또한, 가진기를 이용해 특정 주파수를 가지는 진동을 센서에 가하였을 때 정상적으로 해당 주파수를 식별해내는 것을 확인하였다.



[그림 3.17] FFT 테스트 그래프 - 프로세싱 타임

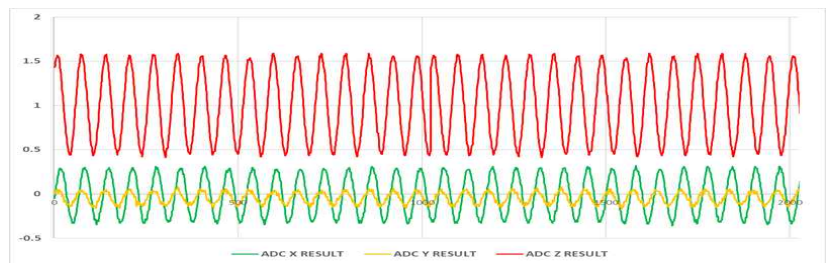


[그림 3.18] FFT 테스트 그래프 - idle



[그림 3.19] FFT 테스트 그래프 - input vibration

개발 스마트볼트를 [그림 3.20]과 같이 가진기에 고정하여 z축 방향으로 진동을 인가해 수집되는 데이터를 확인하였다. 하단 빨간색 그래프가 스마트볼트의 3축 가속도 센서에서 수집된 z 방향의 가속도이며, 0.5g 사인파 인가시 정상적으로 최대 1.5g, 최소 0.5g의 사인파가 생성됨을 확인하였다. (z축 가속도는 수집되는 가속도 크기에 1g 만큼 더하도록 설계되었다.)

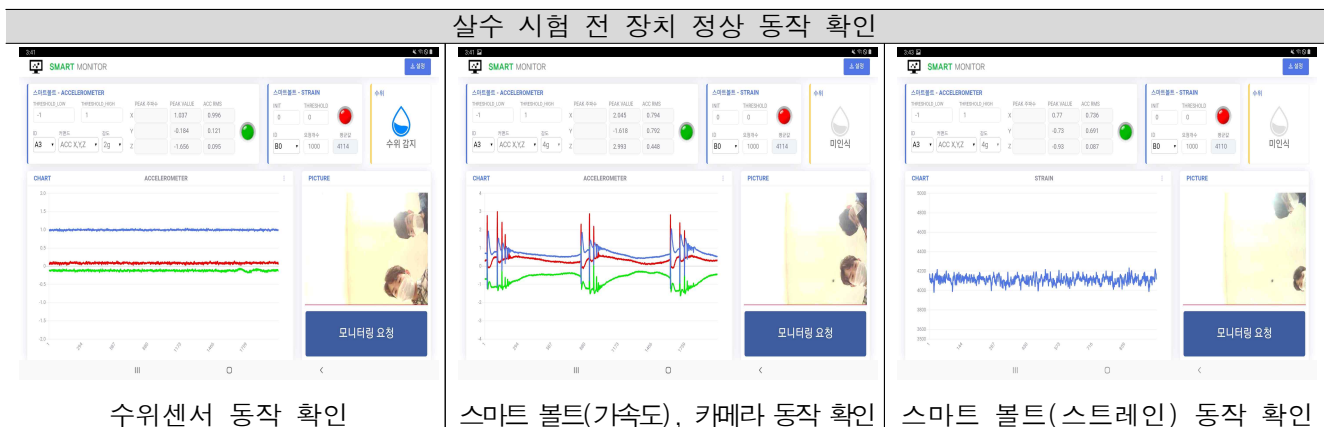


[그림 3.20] 가진기를 이용한 가속도 수집 테스트 셋업(좌) 및 결과(우)

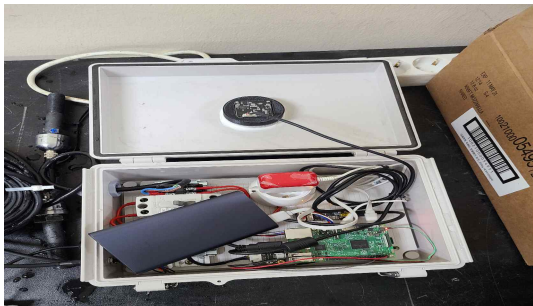
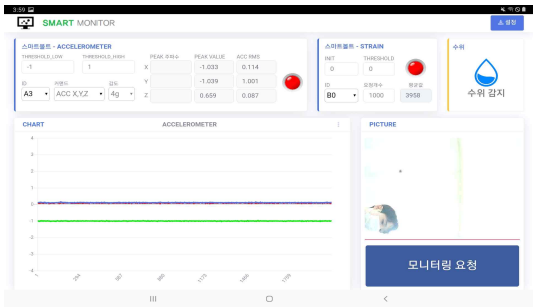
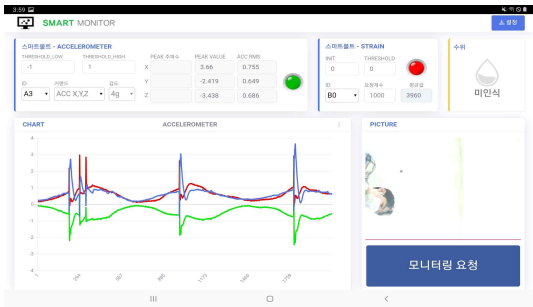
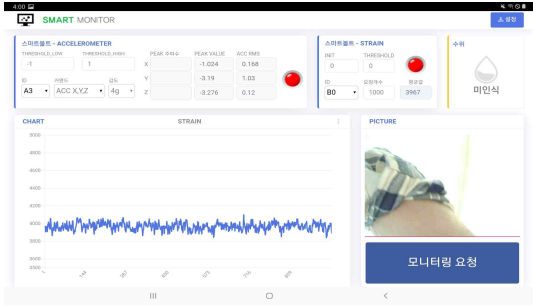
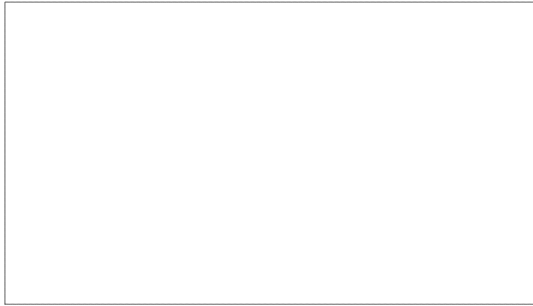
○ 누수 검출 감지 장치 개선

2차년도 평가 의견으로 스마트볼트에 대해서만 방수 성능 확보에 대한 언급이 되었으나, 누수 검출 감지 장치의 설치 현장 여건상 장치 전체의 방수 성능 확보가 필요함이 판단된다. 따라서 3차년도에 개발한 누수 검출 감지 장치는 2차년도에 개발 시제품에 비교하여 방수 성능 확보를 위해 마감 작업을 추가하여 제작하였으며, 스마트볼트를 포함한 장치 전체에 대한 방수 시험을 수행하였다. 방수 시험은 공인시험 기관인 RSP에서 진행되었으며, KS C IEC 60529 : 2013 IPX6 기준으로 실시되었다.

[표 3.5] 누수 검출 감지 장치 IPX6 공인 시험 과정(1)



[표 3.6] 누수 검출 감지 장치 IPX6 공인 시험 과정(1)

살수 시험(KS C IEC 60529 : 2013 IPX6)	
	
장비 고정	살수 시험
	
살수 시험중 센서값 요청	살수 시험중 센서값 요청 결과, 정상 취득
살수 시험 후 내부 확인	
	
고정 해체	내부 물 침투 없음
살수 시험 후 내부 확인	
	
수위센서 동작 확인	스마트 볼트(가속도), 카메라 동작 확인
	
스마트 볼트(스트레인) 동작 확인	무선 통신 거리 10m 이상

○ 공인시험성적서 발급

시험은 살수 전/후 누수 검출 감지 장치의 정상 동작 여부와 시험 후 누수 검출 감지 장치 내부에 물 유입 여부를 확인하는 방식으로 진행되었으며, 누수 검출 감지 장치의 정상 동작 확인은 후에 기술 예정인 관리자 모니터링 프로그램이 적용된 태블릿을 이용하였다. IPX6 기준에 준하는 방수 성능을 확보한 누수 검출 감지 장치(스마트볼트, 외부에 노출된 센서를 포함한 장치 일체) 및 IPX6 공인 시험성적서를 확보하였다.

성적서 번호 : 2021 - E1042
총 6 페이지 중 1 페이지



IRSPI Reliability
Solution
Provider

시험 성적서

1. 의뢰자

회 사 명 : ㈜코아칩스

주 소 : 경기도 수원시 권선구 고색동 휴먼스카이빌리 417호

2. 시험 품 목

제 품 명 : 펄브 누수 검출 상태 감지 장치

모 델 명 : -

3. 시험 기 간 :

2021. 06. 04.

4. 시험 방 법 :

KS C IEC 60529 : 2013 IPX6

5. 시험 장 소 :

□ 고정시험실 (경기도 안산시 단원구 산단로67번길83(목내동))

■ 현장시험 (주소: 한양대학교 ERICA캠퍼스 학연산물라스터)

6. 시험 결 과 :

시험항목	시험결과	비고
살수 시험	- 시험 후 내부 육안 검사 결과, 물 침투 없음 - 시험 전 / 후 동작 검사 결과, 동작함	그림 5~7), 표 2~3) 참고

확 인	작성자 성 명 : 이 원 석	승인자 성 명 : 김 경 중
-----	--------------------	--------------------

- 본 성적서는 신청자로부터 제공된 시험품에 한하여 평가한 결과로서 전체 제품에 대한 품질 및 성능을 보증하지 않습니다.
- 당사의 사전 승인 없이 본 성적서의 전부 혹은 일부를 복사하여 사용할 수 없습니다.
- 본 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인증과 관련 없음을 밝힙니다.

2021. 06. 22.

주식회사 알에스피 대표이사



경기도 안산시 단원구 산단로 67번길 83
Tel : 070-7841-0504 Fax : 031-493-2050 Home Page : www.rsp.co.kr

RSP-QP-15-04(01)
A4(210 X 297)

성적서 번호 : 2021 - E1042
총 6 페이지 중 6 페이지



IRSPI Reliability
Solution
Provider



그림 6) 10 m 거리에서 데이터 수신 확인



그림 7) 10 m 거리에서 데이터 수신 확인 결과 : 수신 확인됨

5. 시험 장비

장비명	모델명	제작사
살수 시험기	JFM-IP-003	JFM

이상 끝.

경기도 안산시 단원구 산단로 67번길 83
Tel : 070-7841-0504 Fax : 031-493-2050 Home Page : www.rsp.co.kr

RSP-QP-15-04(01)
A4(210 X 297)

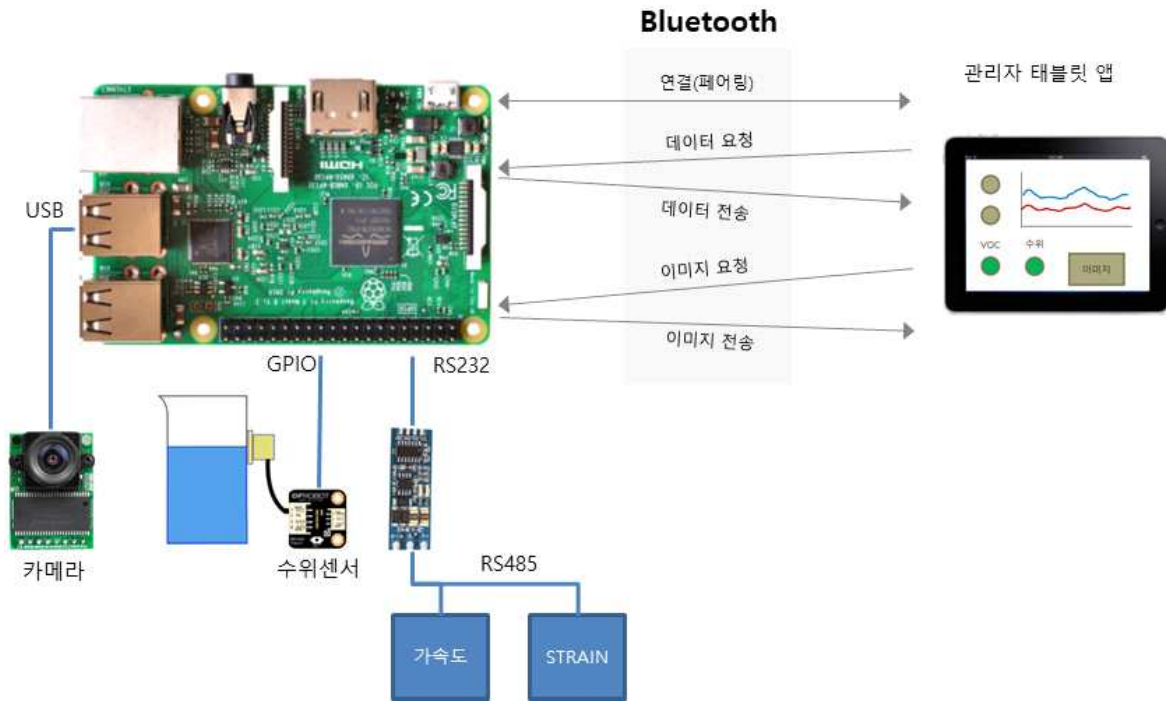
[그림 3.21] 누수 검출 감지 장치 IPX6 공인 시험성적서

C. BLE 통신 기반 계측 결과 분석 및 수집된 신호자료 시각화 시스템 UI 개발

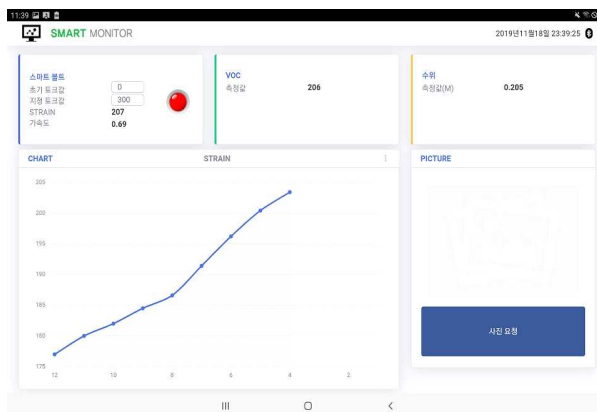
C-3. 현장 적용 및 검증

○ BLE 통신 기반 모니터링 시스템 및 UI 수정

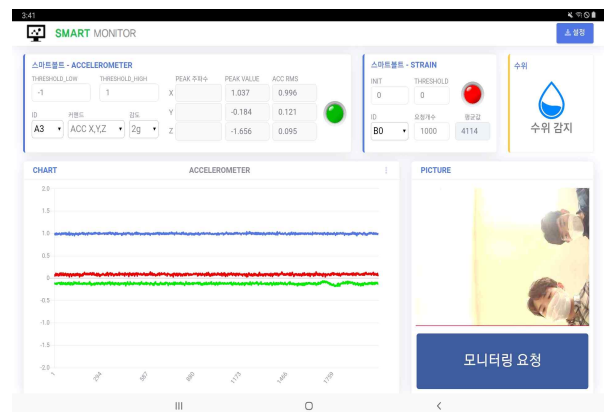
수위센서 및 스마트볼트 내부 PCB 설계 수정으로 인해 BLE 통신 기반 모니터링 시스템의 일부 수정 작업을 수행하였다. 2차년도 임베디드 모듈은 라즈베리 파이와 스마트볼트 등 센서 데이터의 처리를 위한 메인 PCB가 결합한 형태로 구성되었으나, 3차년도에는 라즈베리 파이를 단독으로 사용하였다. 해당 임베디드 모듈은 안드로이드 기반의 관리자 태블릿 앱과 블루투스 통신을 사용하여 연동된다.



[그림 3.22] BLE 통신 기반 모니터링 시스템 구성



[그림 3.23] 2차년도 개발 UI 기본 화면



[그림 3.24] 3차년도 개발 UI 기본 화면

UI 화면 구성은 사용자 피드백과 누수 감지 장치 적용 센서 수정을 바탕으로 수정이 이루어졌다. 화면 상단에는 스마트볼트의 세부 측정값과 사용자 설정창이 추가되었으며, 그래프 창에는 단순 가속도, 스트레인뿐만 아니라 FFT를 연산하여 바로 현시하도록 하였다. 이하 개발 내용은 수정/추가 사항들을 기술하였다.

- 가속도 센서 프로토콜 구조

○ 가속도 데이터 요청 패킷

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5
헤더	ID	커맨드	감도	SUM	테일
0xAA	0xA0 ~ 0xAF	0x01	0x01	(Byte 1 + Byte 2 + Byte 3) & 0xFF	0x55

커맨드	종류
0x01	FFT X
0x02	FFT Y
0x03	FFT Z
0x04	FFT X,Y
0x05	FFT X,Z
0x06	FFT Y,Z
0x07	FFT X,Y,Z
0x11	ADC X
0x12	ADC Y
0x13	ADC Z
0x14	ADC X,Y
0x15	ADC X,Z
0x16	ADC Y,Z
0x17	ADC X,Y,Z

감도	종류
0x01	2g
0x02	4g
0x03	8g
0x04	16g

*파라미터 중 커맨드와 감도는 ‘가속도 데이터 요청 패킷’의 내용과 같이 설정 가능하며, 이는 태블릿 화면 UI에서 설정 가능함.

○ 가속도 응답 패킷

응답 패킷 (FFT X / FFT Y / FFT Z) - 1035 Bytes

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Byte 8	Byte 9	Byte 10	Byte 11	Byte 12	Byte 13	Byte 14	Byte 15
헤더	ID	커맨드	감도	FFT RESULT 1				FFT RESULT 2				FFT RESULT 3			
0xAA	0xA0~0xAF	0x01	0x01	LSB			MSB	LSB			MSB	LSB			MSB

...	byte 1028	byte 1029	byte 1030	byte 1031	byte 1032	byte 1033	byte 1034
	FFT RESULT 257			CRC16			테일
	LSB			MSB	LSB	MSB	0x55

응답 패킷 (FFT X,Y / FFT X,Z / FFT Y,Z) - 2063 Bytes

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	...	byte 1028	byte 1029	byte 1030	byte 1031	byte 1032	byte 1033	byte 1034	byte 1035
헤더	ID	커맨드	감도	FFT X RESULT 1					FFT X RESULT 257				FFT Y RESULT 1			
0xAA	0xA0~0xAF	0x01	0x01	LSB			MSB		LSB			MSB	LSB			MSB

...	byte 2056	byte 2057	byte 2058	byte 2059	byte 2060	byte 2061	byte 2062
	FFT Y RESULT 257			CRC16			테일
	LSB			MSB	LSB	MSB	0x55

응답 패킷 (FFT X,Y,Z) - 3091 Bytes

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	...	byte 1028	byte 1029	byte 1030	byte 1031	byte 1032	byte 1033	byte 1034	byte 1035
헤더	ID	커맨드	감도	FFT X RESULT 1					FFT X RESULT 257				FFT Y RESULT 1			
0xAA	0xA0~0xAF	0x01	0x01	LSB			MSB		LSB			MSB	LSB			MSB

...	byte 2056	byte 2057	byte 2058	byte 2059	byte 2060	byte 2061	byte 2062	byte 2063	...	byte 3084	byte 3085	byte 3086	byte 3087	byte 3088	byte 3089	byte 3090
	FFT Y RESULT 257			FFT Z RESULT 1						FFT Z RESULT 257			CRC16			테일
	LSB			MSB	LSB			MSB		LSB			MSB	LSB	MSB	0x55

응답 패킷 (ADC X / ADC Y / ADC Z) - 4103 Bytes

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Byte 8	Byte 9	...	byte 4098	byte 4099	byte 4100	byte 4101	byte 4102
헤더	ID	커맨드	감도	ADC RESULT 1							ADC RESULT 2048	CRC16			테일
0xAA	0xA0~0xAF	0x01	0x01	LSB			MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB	0x55

응답 패킷 (ADC X,Y / ADC X,Z / ADC Y,Z) - 8199 Bytes

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	...	byte 4098	byte 4099	byte 4100	byte 4101	...	byte 8194	byte 8195	byte 8196	byte 8197	byte 8198
헤더	ID	커맨드	감도	ADC X RESULT 1			ADC X RESULT 2048	ADC Y RESULT 1				ADC Y RESULT 2048	CRC16			테일
0xAA	0xA0~0xAF	0x01	0x01	LSB			LSB	MSB	LSB	MSB		LSB	MSB	LSB	MSB	0x55

응답 패킷 (ADC X,Y,Z) - 12295 Bytes

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	...	byte 4098	byte 4099	byte 4100	byte 4101	...	byte 8194	byte 8195	byte 8196	byte 8197	byte 8198
헤더	ID	커맨드	감도	ADC X RESULT 1			ADC X RESULT 2048	ADC Y RESULT 1				ADC Y RESULT 2048	CRC16			테일
0xAA	0xA0~0xAF	0x01	0x01	LSB			LSB	MSB	LSB	MSB		LSB	MSB	LSB	MSB	0x55

...	byte 12290	byte 12291	byte 12292	byte 12293	byte 12294
	ADC Z RESULT 2048	CRC16			테일
	LSB		MSB	LSB	MSB

ID 설정 응답 패킷 (6 Bytes)

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5
헤더	ID	커맨드	STATUS	SUM	테일
0xAA	0x00	0x01	0 or 0xA0~0xAF	Byte 1 + Byte 2	0x55

STATUS 값

성공

실패

에러

- 가속도 계산 로직

$$(ADC/32768) \times \text{감도}$$

※ 감도 값은 2g, 4g, 8g, 16g 중 선택 값을 사용

※ FFT의 경우 위 공식에서 추가적으로 1,000을 나눈 값을 사용.

※ 센서로부터 수신되는 값은 각 2byte로 수신되며 -32768 ~ 32767 값의 범위를 가짐

16-bit Register Data (2's complement)	Equivalent Counts in decimal	Range = ±2g	Range = ±4g	Range = ±8g	Range = ±16g
0111 1111 1111 1111	32767	+1.99994g	+3.99988g	+7.99976g	+15.99951g
0111 1111 1111 1110	32766	+1.99988g	+3.99976g	+7.99951g	+15.99902g
...	...	...	...	...	...
0000 0000 0000 0001	1	+0.00006g	+0.00012g	+0.00024g	+0.00049g
0000 0000 0000 0000	0	0.00000g	0.00000g	0.00000g	0.00000g
1111 1111 1111 1111	-1	-0.00006g	-0.00012g	-0.00024g	-0.00049g
...	...	...	...	...	...
1000 0000 0000 0001	-32767	-1.99994g	-3.99988g	-7.99976g	-15.99951g
1000 0000 0000 0000	-32768	-2.00000g	-4.00000g	-8.00000g	-16.00000g

- 스트레인게이지 프로토콜 구조

○ 스트레인 데이터 요청 패킷

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5
헤더	ID	ADC 샘플 요청 개수	ADC 샘플 요청 개수	SUM ADC 샘플 요청 개수	테일
0xAA	0xB0~0xBF	LSB	MSB	(Byte 1 + Byte 2 + Byte 3) & 0xFF	0x55

○ 스트레인 응답 패킷

응답 패킷 (ADC 샘플 개수 x 2 + 7 Bytes)

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	byte 4	byte 5	byte 6	byte 7	byte 8	byte 9
헤더	ID	ADC 샘플 요청 개수 (N)	ADC SAMPLE 1	ADC SAMPLE 2	ADC SAMPLE 3	...	...	...	...
0xAA	0xB0~0xBF	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB	MSB
...	...	Byte (Nx2+2)	Byte (Nx2+3)	Byte (Nx2+4)	Byte (Nx2+5)	Byte (Nx2+6)	...	...	...
...	...	ADC RESULT N	CRC16	테일	...	...	...	...	...
...	...	LSB	MSB	LSB	MSB	0x55	...	...	...

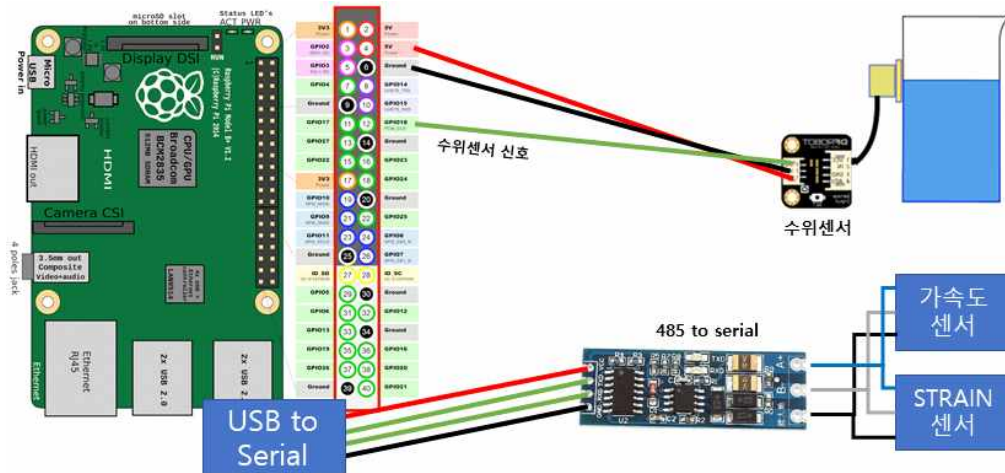
- 라즈베리파이에서의 블루투스 통신 설정

라즈베리파이 보드가 부팅시 블루투스 설정을 위해 /home/pi/ble_iot/start_bt.sh 스크립트가 실행되며, 세부 내용은 아래와 같다. 이름은 "smart_monitor"로 설정되며, 모바일 기기에서 블루투스 검색시 해당 이름으로 검색하여 연결 가능하다.

```
#/bin/bash
while true
do
    echo "start...."
    sudo killall cat
    sudo rfkill unblock all
    #sleep 1
    sudo hciconfig hci0 up
    sudo hciconfig hci0 sspmode 1
    sudo hciconfig hci0 piscan
    sudo sdptool add --channel=1 SP
    sudo hciconfig hci0 name "smart_monitor"
    sudo killall rfcomm
    sudo rfcomm listen /dev/rfcomm0 1
    sudo killall cat
    sleep 1
done
```

- H/W 센서 연동 구조

라즈베리파이 보드에는 시리얼 및 GPIO 핀을 통해 연동된다. 시리얼 통신의 경우 H/W기반 시리얼 핀의 경우 블루투스 통신과 동시에 사용할 수 없어 GPIO 23,24핀에 RX, TX 핀을 연결하여 소프트웨어 기반으로 시리얼 통신을 수행한다. 수위센서의 경우 GPIO 25핀에 수위 센서 결과(0:미감지, 1:수위 감지)를 송신한다.



[그림 3.25] 라즈베리 파이 기반 H/W 연동 구조

- 시간 동기화

라즈베리파이는 내부 RTC 모듈이 존재하지 않아 시간 값을 유지할 수 없다는 문제가 있다. 따라서 센싱 로그에 시간 값을 기록할 때 가장 최근에 전원이 종료된 시점부터 시간이 기록되어 시간이 맞지 않는 문제를 해결할 필요가 있다. 따라서, 안드로이드 앱이 라즈베리파이에 블루투스로 첫 연결시 보내는 설정값 요청 패킷에 시간 값을 추가하여, 라즈베리파이에서는 해당 시간 값을 해당 단말기에 세팅하여 시간을 동기화 되도록 하였다. 아래의 디버깅 로그는 앱이 첫 블루투스 연결 시 시간 값을 수신한 후 해당 값을 적용하는 과정의 예이다.

```
[BLUETOOTH_RECV]
=> REQ_DAT
2021-2-18 14:14:13
14:14:13 SENSOR_SEND bluetooth.c:482: REQ_DAT
2021-2-18 14:14:13
- TIME(pre) : REQ_DAT
- TIME : 2021-2-18 14:14:13
Thu 18 Feb 2021 02:14:13 PM KST
sudo date -s "2021-2-18 14:14:13"!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
```

[그림 3.26] 데이터 수신을 통한 라즈베리파이 시간 동기화 로그

- 관리자 모니터링 프로그램 설정 동기화

※ 앱에서 입력한 모니터링 설정값들은 아래 txt 파일로 저장됨

- 설정 파일 : /home/pi/ble_iot/conf/monitor_conf.dat

```
21 typedef struct
22 {
23     char acc_id;
24     char acc_cmd_type;
25     char acc_sensitivity;
26     double acc_threshold_low;
27     double acc_threshold_high;
28
29     char strain_id;
30     double strain_init;
31     double strain_threshold;
32     int strain_request_nums;
33
34     int strain_y_enable;
35     int strain_y_min;
36     int strain_y_max;
37 } monitoring configuration;
13:4 [45%]
1 5
2 4
3 3
4 -1.000000
5 1.000000
6 1
7 0.000000
8 4000.000000
9 500
10 1
11 -40000
12 40000
1:1 [All]
/conf/monitor_conf.dat 12L, 67C written
```

- acc_id : 가속도 ID
- acc_cmd_type : 가속도 커맨드 종류
- acc_sensitivity : 진동 측정 범위
- acc_threshold_low : 진동 허용 범위 하한값
- acc_threshold_high : 진동 허용 범위 상한값
- strain_id : STRAIN 센서 ID
- strain_init : STRAIN 세션의 정상 범위 init 값
- acc_threshold : STRAIN 세션의 정상 범위 THRESHOLD 값
- acc_request_nums : 요청 개수
- strain_y_enable : STRAIN 센서의 Y축 범위 설정
- strain_y_min : STRAIN 센서의 Y축 최소값
- strain_y_max : STRAIN 센서의 Y축 최대값

D. 상수도 밸브 및 연결부 손상별 유지관리 매뉴얼 정립

D-1. 시스템 구축 및 매뉴얼 작성

① 매뉴얼 및 지침서

○ 노후 상수도 밸브 교체작업을 위한 사전준비

- 상수도 관로 정밀조사 수행

정밀조사는 송수 및 배수 관로를 대상으로 실시하되, 간접평가는 모든 송·배수 관로를 대상으로 하고, 직접평가는 조사구간별 간접평가 결과에 따라 실시 여부를 판단하며, 관로탐사는 자료가 불확실하거나 부재한 경우에 대해 실시한다.

- 조사 수행 절차

상태평가 절차는 7단계로 구성되며 다음과 같다. 기본적으로 평가는 크게 간접평가와 직접평가로 구성하였고, 조사구간에 대해 간접평가를 실시하고, 최종 개량방안은 직접평가를 통해서 결정한 후, 그 결과를 조사구간에 동일하게 적용하는 방식으로 하였다.

[표 4.1] 노후 상수도 관로 정밀조사 수행절차

구 분	내 용
관로정보 수집, 관망도 작성	• 관로 상태를 파악하기 위한 관로시설제원, 매설환경, 운영관리 이력 등에 대한 자료를 수집 • 전산화 작업을 통해 관망도를 작성하고 제원을 입력
관로 분할 (개별관로)	• 관로제원, 관리조건, 운영조건 등에 따라 평가를 위한 최소 관로 단위(개별관로) 설정
조사구간 설정 (평가그룹)	• 관종, 관경, 매설연수가 유사한 개별관로를 1.0 km 단위로 그룹을 설정하여 조사구간 설정 * 현장 여건에 따라 운영(수압), 매설환경(매설위치, 깊이 등) 항목 포함 그룹화
간접평가	• 관로제원, 매설환경, 운영환경, 사고이력 등을 고려하여 관로의 상태를 평가 • (관로탐사) 관로현황 조사시 데이터가 불확실하거나, 파악이 되지 않는 관로에 한해 실시하여 관로노선, 심도를 측정·탐지
직접평가	• 간접평가 결과 상태가 악화된 것으로 예측된 구간을 현장 직접조사 구간으로 선정 • 관체 내·외면 상태를 직접조사하고 정량적으로 평가
관체 건전성 평가	• 직접조사 대상지점의 관체의 물리적 특성(강도, 화학조성, 금속조직 등)을 조사하여 재질의 건전성을 평가
개량방안 수립	• 관의 악화원인과 상태에 따른 개량방법 결정 * 소구경은 부식깊이, 중대구경은 안전계수로 개량방법 결정

- 관로 정보수집 항목

조사 결과 신뢰도 확보를 위해서는 신뢰성 있는 관로정보 확보가 매우 중요하며, 기존 운영, 매설환경, 사고이력, 현장조사를 통해서 정확한 자료조사가 이루어져야 한다.

- 조사 구역 분할

조사구역 분할은 급수구역에 대해 소블록을 기준으로 분할하고, 각 구역내 관로 특성에 따라 분할하여 조사구간을 설정한다.

- 조사구간 설정

평가 결과 왜곡을 방지하고, 개량방안 계획수립을 위한 최소단위 설정을 위해 유사 특성을 갖는 개별관로를 적정한 연장으로 묶어 새로운 그룹화된 구간들을 생성, 이를 조사구간이라고 한다. 조사구간 길이를 1,000 m(1km)를 기준으로 하고, 최소 그 편차를 10% 이내에서 설정한다. 그리고 조사구간은 개량방법, 개량시기, 개량우선순위 등 개량방안을 결정하는 최소단위로 사용한다.

- 간접평가

국내에서 기존에 많이 활용되고 있는 점수평가 방법을 적용한다. 점수평가 방법은 관종별로 구분하여 적용하고, 강관(SP), 주철관종(Un-lined CIP/D(C)IP/CML-D(C)IP 등), 플라스틱 관종(PVC(HI-VP 등)/PE) 등으로 구성된 점수평가표를 사용한다.

[표 4.2] 노후 상수도 관로 정밀조사 수행절차

구분	항목	평가단위	평가목적	강관	
				조건범위	조건값
관 제원	관경	관로 구간	- 관 두께 - 내면 용접	500 미만	0.00
				500~700	0.35
				800~1,200	0.70
				1,200이상	1.00
	매설년수	관로 구간	- 경년화	30년 초과	0.00
				20~30	0.35
				10~20	0.70
				10년 이하	1.00

- 직접평가

직접평가는 표본굴착 또는 비파괴 조사장비를 통해 관의 상태를 직접 확인하여 평가하는 것으로 객관적인 조사결과를 확보할 수 있다.



[그림 4.1] 직접평가 수행의 예(캐나다 토론토)

○ 시공절차 (1)

- 밸브조작 (작업 전 밸브 잠금)



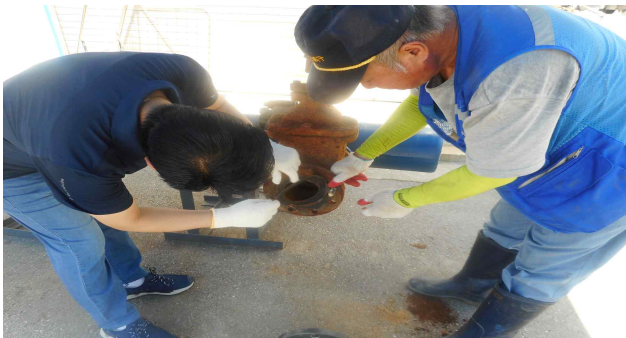
교체대상 밸브의 물이 흐르지 않도록 밸브를 잠그는 단계 (인원 2명)

- 밸브조작 (스케일제거를 위한 밸브 조작)



밸브내부까지 스케일을 제거하기 위해 밸브를 열어주는 단계 (인원 2명)

- 밸브조작 (스케일제거 후 밸브 잠금)



내부 스케일 제거 후 스케일 제거기 철거 및 밸브를 잠그는 단계 (인원 3명)

- 밸브조작(밸브열기) 및 안전헤드 설치



관 내부의 안전헤드 설치

잠겨있는 밸브를 열어줌과 동시에 부단수밸브 교체장비의 구동기를 조작하여 관내부에 안전헤드 삽입하는 단계 (인원 3명)

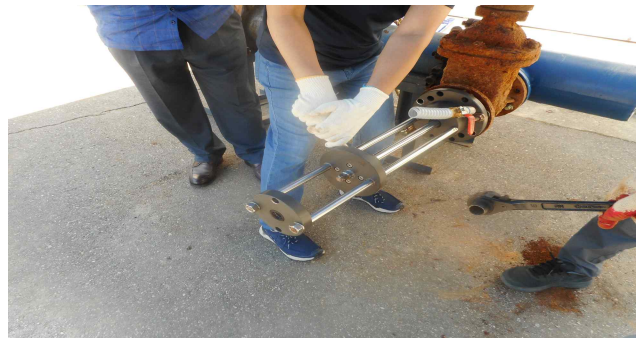
- 스케일제거기 설치



기존밸브 내부 스케일

관 내부의 스케일을 제거하기 위한 스케일 제거장치를 설치하는 단계 (인원 3명)

- 스케일제거기 조작



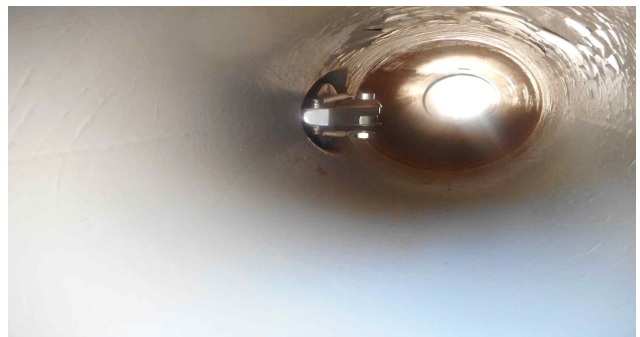
스케일제거기로 밸브 내부까지 스케일을 제거하는 단계 (인원 3명)

- 부단수밸브 교체장비 설치(구동기 및 안전헤드)



조립된 부단수밸브 교체장비(구동기 및 안전헤드)를 기존 밸브에 설치 (인원 2명)

- 안전헤드 고정



부단수밸브 교체장비의 구동기를 조작하여 관내부에 삽입된 안전헤드를 고정하는 단계 (인원 2명)

○ 시공절차 (2)

- 구동기 철거



고정된 안전헤드를 제외한 구동기를 기존밸브에서 철거하는 단계 (인원 2명)

- 기존밸브 철거



기존밸브를 철거하는 단계

- 신설밸브 설치



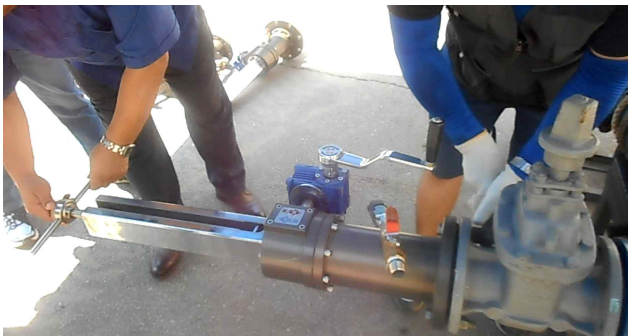
안전헤드가 삽입된 관에 신설밸브를 설치하는 단계
스마트 볼트 설치

- 구동기 설치



신설밸브 내부에 삽입되어 있는 안전헤드를 제거하기 위해 구동기를 설치하는 단계 (인원 2명)

- 안전헤드 제거 및 밸부조작 (밸브 잠금)



신설밸브 내부에 삽입되어 있는 안전헤드를 제거함과 동시에 밸브를 잠그는 단계 (인원 3명)

- 구동기 철거 및 완료



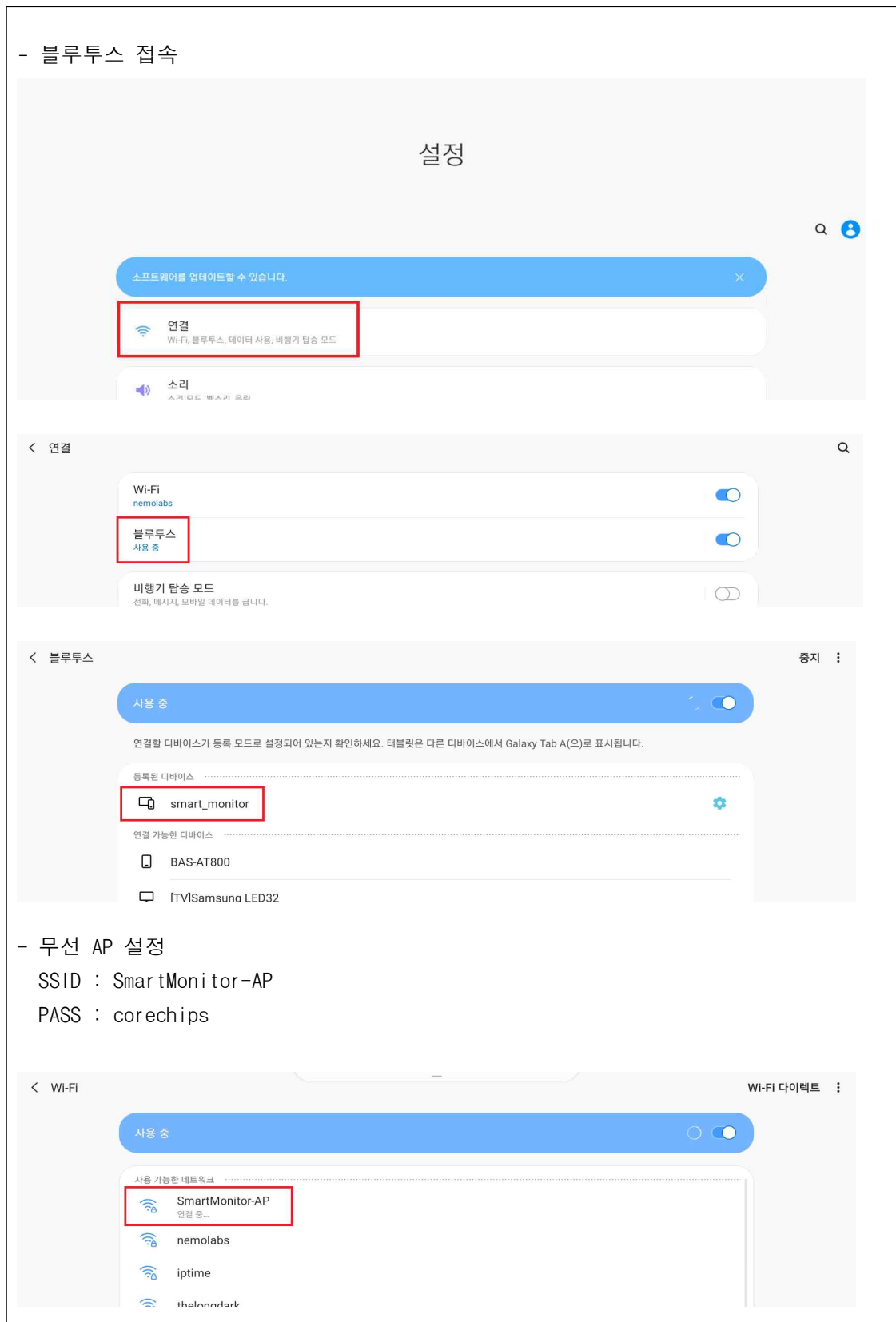
구동기를 철거하여 무단수밸브 교체를 완료하는 단계 (인원 2명)

○ 스마트볼트를 이용한 사후관리

- 관리자 모니터링 프로그램 사용 매뉴얼

■ 블루투스 및 무선 AP 통신 설정

기본적으로 누수 감지 장치와 앱은 블루투스 통신을 사용하여 센싱 데이터 및 카메라 이미지를 공유한다. 이외에 누수 감지 장치 장비 내 라즈베리파이의 디버깅 작업을 위해 WiFi 통신도 사용하며, 라즈베리파이는 이때 무선 AP 모드로 동작한다.

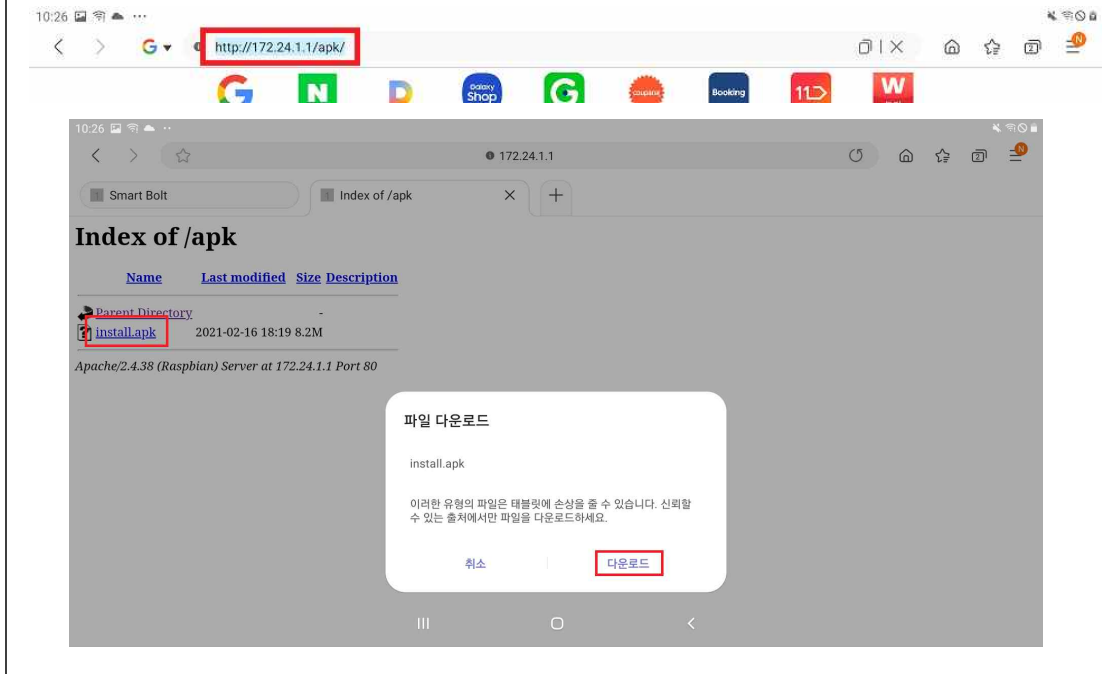


[그림 4.2] 블루투스 및 무선 AP 통신 설정

■ 앱 설치 및 실행

관리자 프로그램 앱 설치를 위해서는 APK 파일을 직접 안드로이드 단말기에 복사한 후 설치하거나, 다음과 같이 누수 감지 장치 내 라즈베리파이 웹 서버에서 다운로드 하여 설치 가능하다.

- 아래 URL로 접속한 후 install.apk 파일을 다운로드 후 설치 가능
URL : <http://172.24.1.1/apk>



[그림 4.3] 앱 설치 및 실행

■ 단말기 및 센서 ID 설정

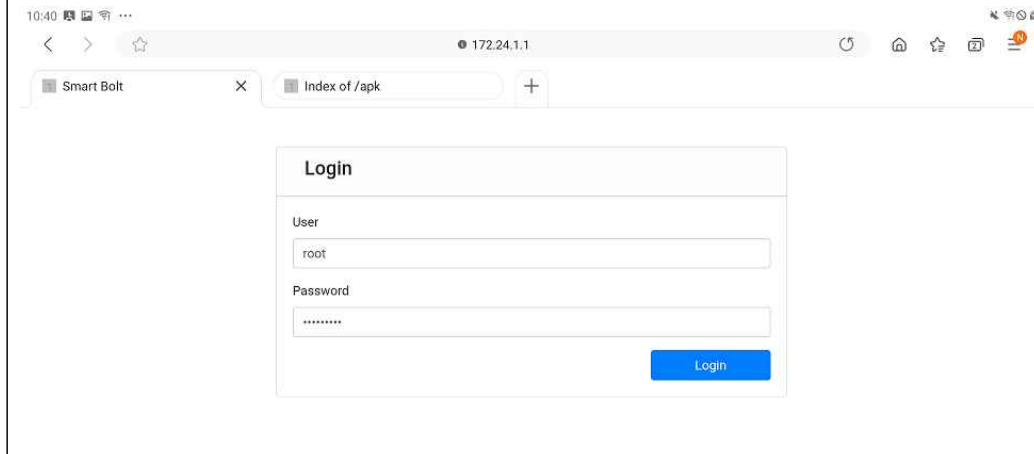
센서 ID 및 관리자 통신 설정을 위해 관리자 웹페이지가 제공되며, 세부 설정 방법은 다음과 같다.

- 라즈베리파이 단말기 관리자 페이지 접속

접속 URL : <http://172.24.1.1>

ID : root

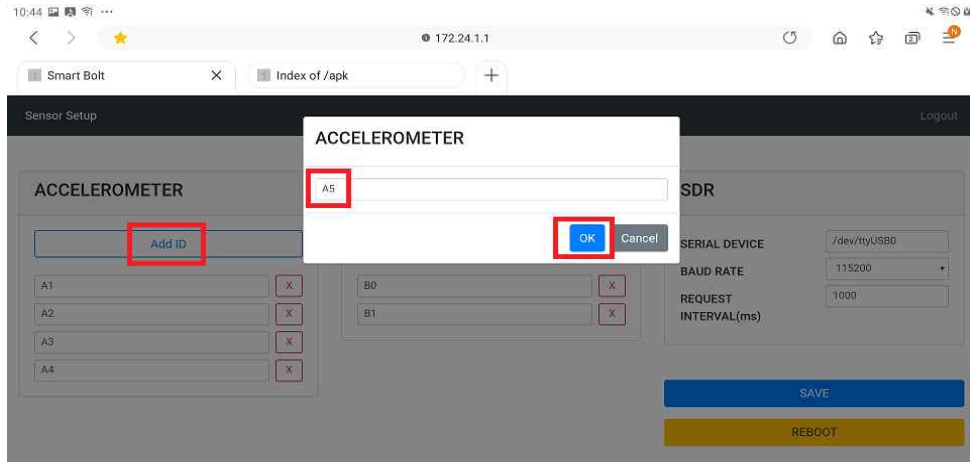
PASS : corechips



[그림 4.4] 단말기 및 센서 ID 설정(1)

- 센서 ID 추가

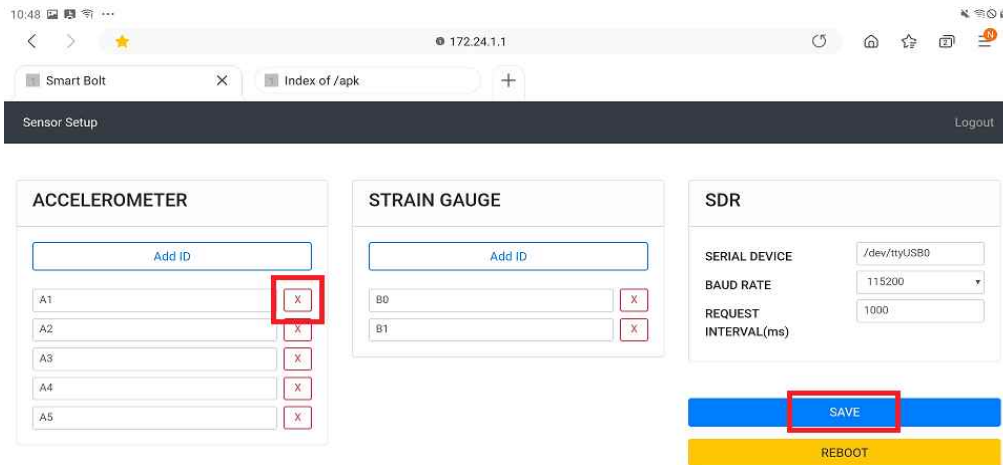
"Add ID" 버튼을 클릭한 후 팝업창에서 추가 생성할 ID를 적은 후 "OK" 버튼을 클릭하면 ID가 추가됨



- 센서 ID 삭제 및 설정 정보 저장

삭제 : 센서 ID 옆에 "X" 버튼을 클릭

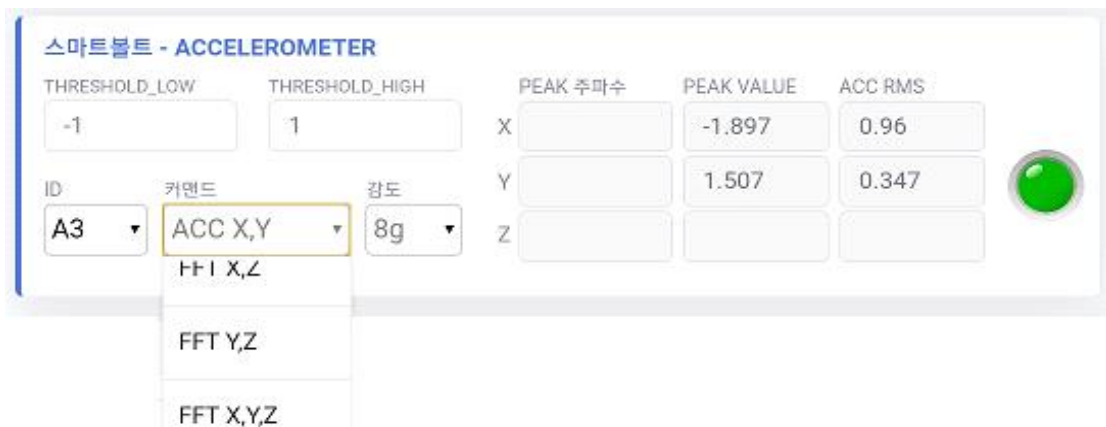
저장 : "SAVE" 버튼을 클릭



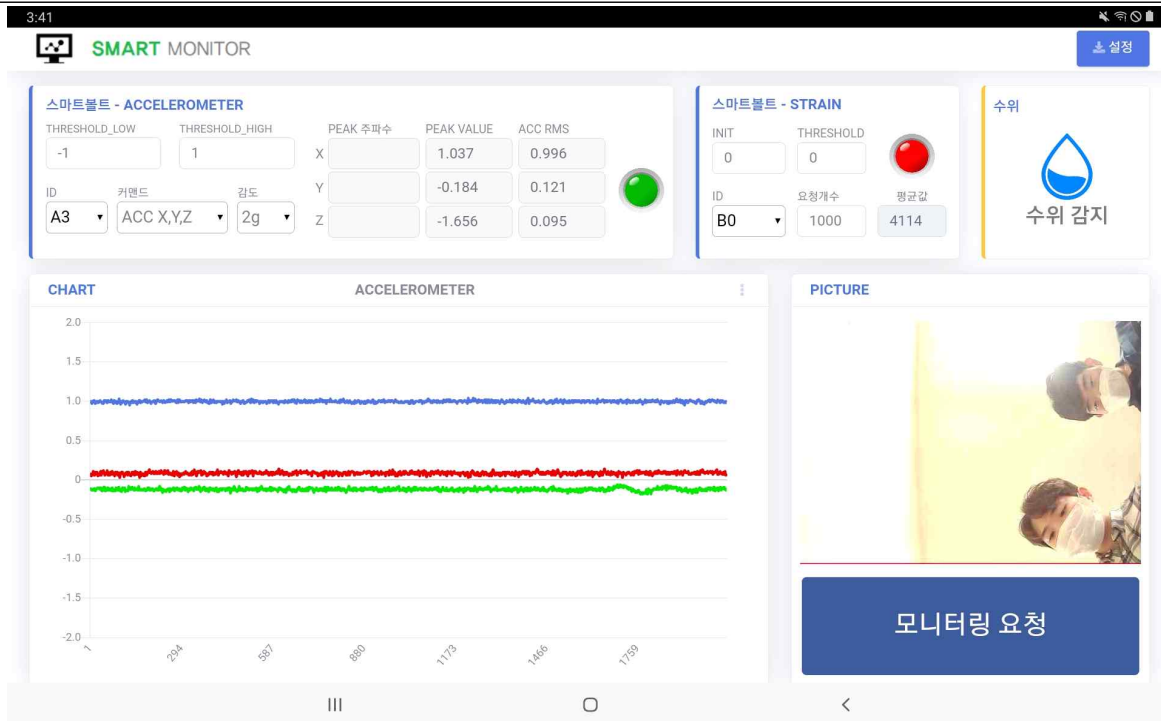
[그림 4.5] 단말기 및 센서 ID 설정(2)

■ 안드로이드 기반 모니터링 앱

※ ACCELEROMETER 설정



[그림 4.6] 안드로이드 기반 모니터링 앱(1)



- THRESHOLD_LOW & THRESHOLD_HIGH : 정상 RMS 값의 기준 범위
 - 만약 RMS 값이 해당 범위를 벗어날 경우 우측의 알람 아이콘이 빨간색으로, 정상일 경우 초록색으로 표시됨.
- ID : 단말기 관리자 화면에서 설정한 ID 리스트가 현시되며, 사용할 센서의 ID를 선택
- 커맨드 & 감도 : 센서에게 전달할 인자 값을 설정.
- PEAK 주파수 & VALUE & ACC RMS
 - 현재 센싱된 값에서 PEAK 주파수&VALUE 및 RMS값들을 표시함.
 - 커맨드가 FFT인 경우 PEAK 주파수는 표시하지 않음.
 - 커맨드가 ACC인 경우 ACC RMS 값은 표시하지 않음.

※ STRAIN 설정

스마트볼트 - STRAIN

INIT: 0 THRESHOLD: 0

ID: B0 요청개수: 1000 평균값: 4114

- INIT & THRESHOLD : 정상 STRAIN 값의 기준 범위
 - 수신된 STRAIN 값 중 해당 범위를 벗어날 경우 우측 알람 아이콘이 빨간색으로, 정상일 경우 초록색으로 표시됨.
- ID : 단말기 관리자 화면에서 설정한 ID 리스트가 현시되며, 사용할 센서의 ID를 선택.
- 요청개수
 - 1~1024개 범위 내에서 숫자 값을 입력함
- 평균값 : 요청개수만큼 데이터 수집 후 계산한 평균값

※ 수위

- 수위 센서 결과에 따라 인식(수위 감지) / 미인식 아이콘을 표시함

[그림 4.7] 안드로이드 기반 모니터링 앱(2)

※ 차트

- 우측 상단 아이콘을 클릭하여 원하는 그래프 종류를 선택하여 확인.

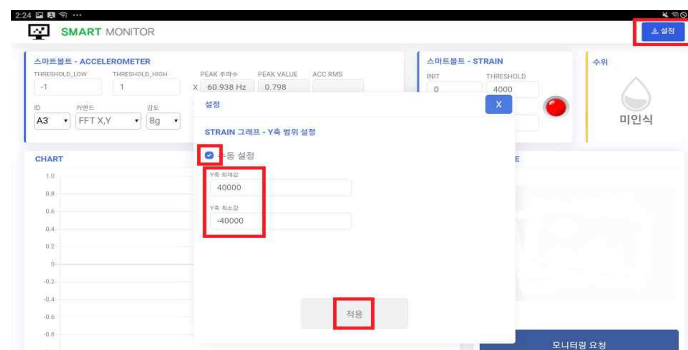


※ PICTURE 및 “모니터링 요청”

- "모니터링 요청" 버튼을 클릭시 현재 설정된 센서 정보를 기준으로 센싱 데이터를 읽음. 설정값에 따라 약 5~10초 정도의 송/수신 시간이 소요되며, 먼저 센싱 값 및 그래프 데이터를 읽어온 후 마지막으로 카메라 촬영 이미지를 로드함.



※ 설정



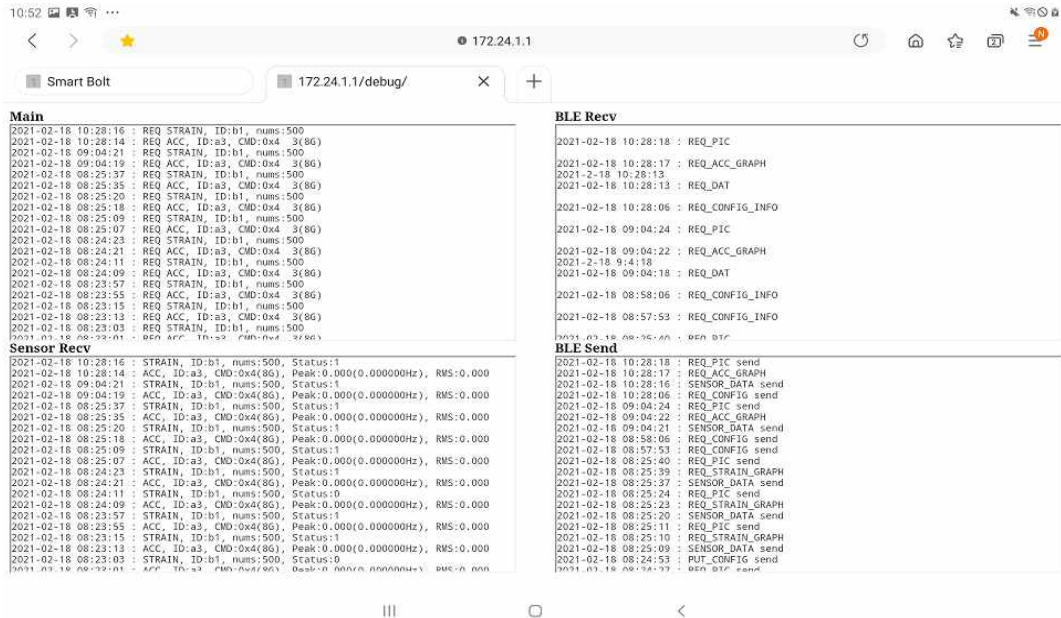
- Y축 최대 값 : STRAIN 그래프의 Y축 값의 상단 범위를 지정함.
- Y축 최소 값 : STRAIN 그래프의 Y축 값의 하단 범위를 지정함.

[그림 4.8] 안드로이드 기반 모니터링 앱(3)

■ 디버깅 로그 뷰어

- 아래 URL에 접속하여 기본 디버깅 로그를 확인할 수 있음.

URL : 172.24.1.1/debug



[그림 4.9] 디버깅 로그 뷰어

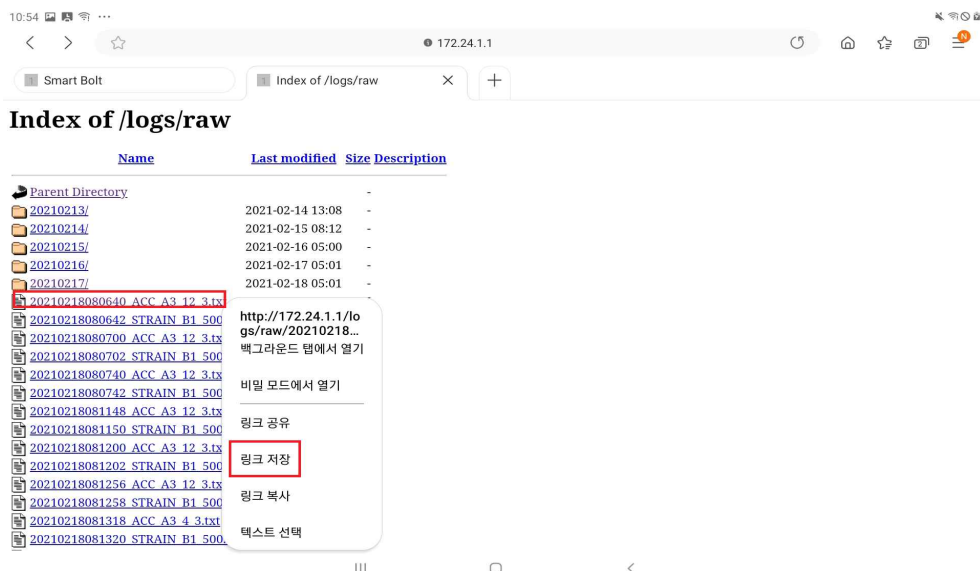
■ 로그 파일 관리

- 단말기 로그파일은 아래와 같이 라즈베리파이에 웹브라우저로 접속하여 확인 가능함

URL : http://172.24.1.1/logs

URL : http://172.24.1.1/logs/raw

- 파일을 길게 누르면 팝업창이 뜨며, “링크 저장” 버튼을 클릭하면 안드로이드 단말기에 파일을 다운로드 가능함



[그림 4.10] 로그 파일 관리

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

A. 스마트 무단수 밸브 교체 시스템 개발

A-1. 스마트 무단수 밸브 교체 장비 H/W 최적 설계

- ① 손상유형분석에 대한 보고서 작성
- ② 하드웨어 설계도 작성

A-2. 스마트 무단수 밸브 교체 장비

- ① 무단수 밸브 교체장비 시작품 제작

A-3. 현장적용 검증

- ① 시험을 통한 최대수압 18kgf/cm² 이상의 공인시험성적서 발급
- ② 현장검증을 통한 최대 작업시간 5시간 이내 시공
- ③ 현장검증을 통한 작업 최소 필요인원 3인 이내 시공

B. 상수도 누수 검출 스마트볼트 및 알고리즘 개발

B-1. 스마트볼트 및 알고리즘

- ① 스마트볼트 설계도 작성
- ② 지정 토크 값에서 폴림의 70%이상을 감지할 수 있는 스마트볼트 공인시험성적서 발급
- ③ 누수검출 상태 감시장비 시작품 제작

B-2. 누수 검출 상태 감시 장치

- ① Multi-sensor를 활용한 누수 검출 감지 장치 시작품 제작

C. BLE 통신 기반 계측결과 분석 및 수집된 신호자료 시각화 시스템 UI 개발

C-1. BLE 통신 기반 모니터링 시스템 및 UI 제작

- ① UI개발 및 보고서 작성
- ② 데이터 수집장치 시작품 개발
- ③ 10m이상의 통신거리를 갖는 BLE통신모듈장치 공인시험성적서 발급

C-2. 시각화 기반 점검자 친화적 점검 시스템 개발

- ① 손상시각화 알고리즘 개발 및 보고서 작성
- ② 과리자 모니터링 프로그램 개발 및 S/W 등록

C-3. 현장적용 및 검증

- ① 관리자 모니터링 프로그램 개발을 통한 현장검증 수행

D. 상수도 밸브 및 연결부 손상별 유지관리 매뉴얼 정립

D-1. 시스템 구축 및 매뉴얼 작성

- ① 작업의 효율성 및 결과의 일관성을 위한 매뉴얼 정립

○ 특허 출원 및 등록

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				
			출원인	출원일	출원번호	등록일	등록번호*
1	누수방지기능을 갖는 상수관로 밸브교체시 부단수용 기밀장치	대한민국	우리기술㈜	2018.11.15	10-2018-0140400	2019.08.29.	10-2018172
2	스마트볼트를 이용한 노후 상수도 밸브의 부단수 교체 시스템	대한민국	우리기술㈜	2018.11.16	10-2018-0141314	2020.04.21	10-2105068
3	누수 검출을 위한 스마트 볼트	대한민국	(주)코아칩스	2018.12.28.	10-2018-0171637	2020.05.14	10-2113408
4	스마트 볼트 관리 시스템	대한민국	(주)코아칩스	2019.11.27	10-2019-0154684	-	-

특허증

CERTIFICATE OF PATENT



특허
Patent Number

출원번호
Application Number

출발일
Filing Date

등록일
Registration Date

제 10-2018172 호

제 10-2018-014040 호

2018년 11월 15일

2019년 08월 29일

발명의 명칭 Title of the Invention
누수방지기능을 갖는 상수관로 밸브교체시 부단수용 기밀장치

특허권자 Patentee
우리기술 주식회사(131111-***)**
충청남도 공주시 단천면 통산로 175

발명자 Inventor
정태욱(690618-***)**
경기도 성남시 분당구 판교역로 240, 309호

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



특허청
Korean Intellectual Property Office

2019년 08월 29일

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

박원주



QR코드로 현재기밀
등록사항을 확인하세요

특허증

CERTIFICATE OF PATENT

특허

Patent Number

제 10-2105068 호

출원번호

Application Number

제 10-2018-0141314 호

출원일

Filing Date

2018년 11월 16일

등록일

Registration Date

2020년 04월 21일

발명의 명칭 Title of the invention

스마트볼트를 이용한 노후 상수도 밸브의 무단수 교체 시스템

특허권자 Patentee

주식회사 주지기술(131111.*****)

충청남도 공주시 탄천면 통산로 175

발명자 Inventor

정해욱(690618.*****)

새충북밸브지시 장군면 산학리길 16-4, 2층

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

2020년 04월 21일

특허청장

COMMISSIONER

KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

박원주

QR코드로 현재기준
등록사항을 확인하세요

특허청

Korean Intellectual
Property Office

특허등록 : 스마트볼트를 이용한 노후 상수도 밸브의
부단수 교체 시스템 (제 10-2105068 호)

등록특허 제 10-2113408

(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(43) 공고일자

2020년05월21일

(11) 등록번호

10-2113408

(23) 등록일자

2020년05월14일

(61) 국제공개번호(Int. Cl.)

G01M 3/28 (2006.01) G01L 1/22 (2006.01)

G01P 16/28 (2006.01)

(62) CPC특허분류

G01M 3/28 (2013.01)

G01L 1/22 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0171637

(22) 출원일자 2018년12월28일

실사청구일자 2020년12월28일

(66) 선행가출외국지원

JF2020117252 A*

KR201857606 B1*

*는 실사청구 의하에 인용된 문헌

(73) 특허인자

국지회사 프라이플스

경기도 수원시 영선구 오목천로132번길 33, 416호

(대표이사, 후관(스카이라이프))

(72) 발명자

조재태

경기 화성시 동탄광동6길 61, 606동 804호 (

영수초, 후관(나우아파트관리사무소(그린아파트))

이재홍

경기도 수원시 영선구 오목천로132번길 33, 후관

스카이라이프 416호

(74) 대리인

강현수

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 한정진

(64) 발명의 명칭 기술용을 위한 스마트 볼트

(67) 요 약

누수 검출을 위한 스마트 볼트를 개시한다.

본 실시예는 강구조판과 철판 보온 등 장치에서 물의 누출 등과 의한 누수 현상을 위해 기계 구조물에 의해 발생 하는 물의 새김방지 용액과 가열도 등의 물리량을 측정할 수 있도록 하는 스마트 볼트를 제공한다.

발 명 도 - 도면

- 1 -

특허등록 : 누수 검출을 위한 스마트 볼트 (제 10-2113408 호)

관 인 생 략	
출원번호통지서	
출원 일자	2019.11.27
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출원 번호	10-2019-0154684 (집수번호 1-1-2019-1225200-84)
출원 인 명칭	주식회사 코아캡스(1-2009-024985-1)
대 리 인 성명	장원수(9-2011-000395-1)
발 명 자 성명	오재근 이재준
발 명 의 명칭	스마트 볼트 관리 시스템
특 허 청 장	
<< 안내 >>	
1. 귀하의 출원은 위와 같이 결정하였고 접수하였으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다. 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 6개월까지 통보된 납입절차에 따라 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 주세국 또는 은행에 납부하여야 합니다. (납부자번호: 0131(가부호코드) - 접수번호) 3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고려번호정보변경(결정), 결정신고서]를 제출하여야 하며 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다. ※ 특허원(gate.go.kr) 접속 > 인증서사단로그인 > 특허발 사행규칙별 제5조 서식 4. 특허(실용신안특허)출원인 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 있으나, 국내출원인이 외국에서 인정받았거나 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다. ※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr > 특허인quiry > PCT의도안내 ※ 우선권 인정기간: 특허 실용신안한 12개월, 상표 디자인은 6개월 이내 ※ 미국특허보장청의 실용특허 기호로는 우리나라에 우선권 주장할 경우, 실용특권이 미국특허보장청 16개월 이내에 미국특허보장청에 [전자특허출원자(A/PCT)538/39]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다. 6. 명 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 과징금납부 또는 처벌받을 수 있습니다. ※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000 7. 출원인이 작무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허가廢止될것이거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효가 될 수 있습니다. 8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 통보된 안내서를 참조하시기 바랍니다.	

Article

A Basic Experimental Study on Analysis of Leak Signal and Monitoring Method for Water Supply Pipe

Yongsuok Kim¹, Hanwook Jung^{1,*}, Jaesuk Ryoo¹ and Jaehyuk Choi²

¹ Design Engineering Co., Ltd., Seongnam 1506, Gyeonggi-do, Korea; yongsuok.kim@daum.net (Y.K.); hanwook.jung@daum.net (H.J.); jaesuk.ryoo@daum.net (J.R.); jaehyuk.choi@daum.net (J.C.)
² Department of Civil & Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul 04763, Korea
³ Department of Mechanical Engineering, Hanyang University, Seoul 04763, Korea; jhlee@hanyang.ac.kr (J.H.L.)

Abstract: Water supply systems are essential elements for human life and industry, and water leaks and water supply cut-off are major water problems. Leak water leaks and pipe failures in the water supply system are inevitable problems due to the aging of pipes. Therefore, leakage detection and prevention are required to maintain the integrity of the water supply system. This paper is a fundamental study on the applicability of the smart ball, which was developed as a monitoring system to detect water leakage in water supply monitoring. Detection experiments were conducted using a smart ball with a built-in strain sensor and an accelerometer. Through finite element analysis using ANSYS 2019 R2 and finite element method, the strength of the smart ball was confirmed to have the acceptable tensile strength. The smart ball used in this study was verified to meet the allowable criteria of torque and tensile stress for a municipal water supply pipe. The frequency responses of the standard leakage pipe system, according to the leakage of the valve and the main pipe, were analyzed, and a leak signal of the valve leak point was detected in the 40 Hz band. The main pipe leaking point was observed to produce a leak signal with a much higher-order mode than that of the valve leak point. Therefore, the smart ball can be applied to detect warning leak signal from water supply valves and to monitor the loosening of the bolts.

Keywords: leak detection; FFT analysis; water supply monitoring; smart sensor

1. Introduction

Water supply networks are the most important factors of municipal water supply facilities, but as most of them are buried underground, it is difficult to check for the damage and deterioration of the pipes [1]. Therefore, the amount of water leakage in water supply networks is increasing. In Europe, 6.3% to 24.6% of tap water is lost from the water supply network [2]. In South Korea, the leak rate of the water supply was found to be 482 million m³ (10.5%) of the total water supply volume of 4620 million m³ in 2017 [3]. It has been reported that water leakage occurs at the water supply line and also in the valves. According to the results of a survey of large water supply pipes (diameters of 400 mm to 700 mm), 1% of the leaks (17 cases) were from valves [4].

The main cause of valve leakage are aging of the valve packing, poor connections during construction, and loosening of bolts due to continuous micro-vibration. When a valve problem occurs, it can lead to many complaints from the public due to widespread water supply cut-offs. Therefore, water leakage in valves as well as pipelines must be considered as the primary management target in the water supply maintenance system [5].

Current leak detection methods in water pipes are divided into three categories: software-based methods, conventional methods, and hardware-based methods [6]. Software-based methods use various types of computer software to analyze and detect

the low-pressure pipe. Unlike temporary noise, the leak signal can be clearly distinguished because it continuously generates a signal when a leak occurs [16,17].

2. Fast Fourier Transform

The Fourier transform is an analysis method that decomposes a function (or signal) over time into a function over frequency components. The Fourier transform is expressed as Equation (1):

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad (\text{here } \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)| dt < \infty) \quad (1)$$

If $x(t)$ is the "temporal response" of a system, its Fourier transform, $X(f)$, becomes the frequency response of the system. As the Fourier transform takes correlation time to analyze, the implementation method is a fast Fourier transform (FFT) [18]. In this study, we analyzed the frequency response of the accelerometer signal measured from a smart ball fixed to the valve to assess the characteristics of the leak signal and the performance of the smart ball [16,19].

3. Development of the Smart Ball

3.1. A Smart Ball and Finite Element Analysis

In general, Fiber Bragg Grating (FBG) sensors, strain gauges, and piezoelectric sensors have been studied to monitor the joint bolt [20]. In this study, a form of mounting strain gauges in bolts was conceived as a method for monitoring the joint bolt. A 2 mm-diameter hole was drilled to a depth of 30 mm from the center of the head of an M16 B7m high-tension bolt installed in the valve in the studied water supply pipe, as shown in Figure 2. An internal strain gauge (PT504-C; see note: Tokyo Sokai Kogyo Corp., Tokyo, Japan) was inserted into the hole and impregnated with epoxy. An acceleration sensor (303024; Dywida Instruments Inc., Chatsworth, CA, USA) was fixed to the smart ball head. The specifications of sensors in the smart ball are as follows (Table 1).

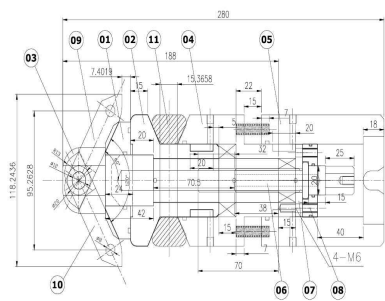


Figure 2. Mini smart ball.

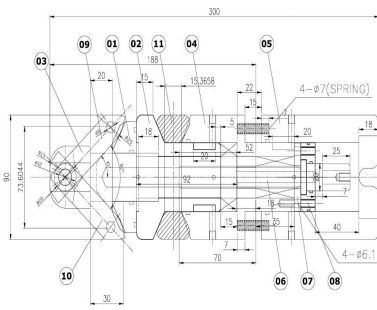
Applied Sciences : A Basic Experimental Study on Analysis of Leak Signal and Monitoring method for Water Supply Pipe (SCI_2021.02.26. / 영향지수 : 2.474)

○ 시작품 제작

• 부단수 밸브 교체 장비



㉠ 기본도면



㉡ 작동도면



㉢ H/W 장비 외형



㉣ 스마트 밸브 교체 장비

스마트 밸브 교체장비 개발

- 최대수압 (18kgf/cm² 이상_공인시험성적서) 시험결과(시험성적서 참조)

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
수압시험(0.4MPa x 1min : 누수유무)	-	-	이상없음	의뢰자제공시험방법
수압시험(0.8MPa x 1min : 누수유무)	-	-	이상없음	의뢰자제공시험방법
수압시험(1.2MPa x 1min : 누수유무)	-	-	이상없음	의뢰자제공시험방법
수압시험(1.8MPa x 1min : 누수유무)	-	-	이상없음	의뢰자제공시험방법

BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

KTR

TEST REPORT

우 13810 경기도 과천시 교육원로 98(중앙동) TEL (02)2164-0011 FAX (02)2034-1008
 성적서번호 : TAK-2021-093530
 대표 자 : 박나영
 업체 명 : 우리기술(주)
 주 소 : 충청남도 공주시 무원로 330, 3층(옥룡동)
 시 료 명 : 부단수 밸브 교체장비(0100)

TEL (02)2164-0011 FAX (02)2034-1008
 접수 일자 : 2021년 06월 25일
 시험일자 : 2021년 07월 29일

시험결과

시험항목	단위	시험구분	결과치	시험방법
수압시험(0.4 MPa x 1 min) 누수유무	-	-	이상없음	외위자체공시험방법
수압시험(0.8 MPa x 1 min) 누수유무	-	-	이상없음	외위자체공시험방법
수압시험(1.2 MPa x 1 min) 누수유무	-	-	이상없음	외위자체공시험방법
수압시험(1.8 MPa x 1 min) 누수유무	-	-	이상없음	외위자체공시험방법

- 외위자체공시험방법: 부단수 실험계획서(woori202107)
 - 용 도 : 제출용(국토교통과학기술진흥원)

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로서 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
 2. 이 성적서는 총포, 신전, 광구 및 수송용 등으로 사용할 수 없으며, 별도 허가의 사용을 금합니다.
 3. 이 성적서는 원본(재발행 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

Lim Cheolgyu
 작성자: 임철규
 Tel: 02-2032-4043

Kim Jaesoon
 기술책임자: 김태준
 Tel: 1577-0091(IARS 01~08)

2021년 07월 29일

KTR 한국화학융합시험연구원

위변조 확인용 QR code

전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다. Page: 1 of 1 전자문서본(Electronic Copy)

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE (KTR-P09-F01-0200) AM210 X 207

규격 : woori-202107

부단수 밸브 교체 장비 압력실험 계획서

1. 실험개요
 - 실험목적 : 부단수 밸브 교체 장비를 적용할 때 상수도 지관에 체결된 본 '스마트 부단수 밸브 교체 장비'의 적용될 수 있는 최대수압(1.8MPa)을 시험을 통해 확인.
2. 시험장비



(A)



(B)



부단수 교체 압력실험 (C)

3. 실험계획 및 방법

- ① (B)관에 한해 (A)를 체결 후 0.4, 0.8, 1.2, 1.8MPa의 수압 도달 시와 1분간의 지연시간 동안 누수여부를 확인한다.
- ② (A)중앙에 있는 구멍을 통해 물을 가득 채운 뒤, 물을 통해 수압시험기와 압력계까지를 결합한다. 압력계(C)가 체결된 후 수압 도달 시와 1분간의 지연시간 동안 누수여부를 확인하기 위해 (C) 후미에 (A)를 (B)관과 고정한다.
- ③ - 0.4, 0.8, 1.2, 1.8MPa의 수압 도달 시와 1분간의 지연시간 동안 누수여부를 확인한다.

4. 시험결과

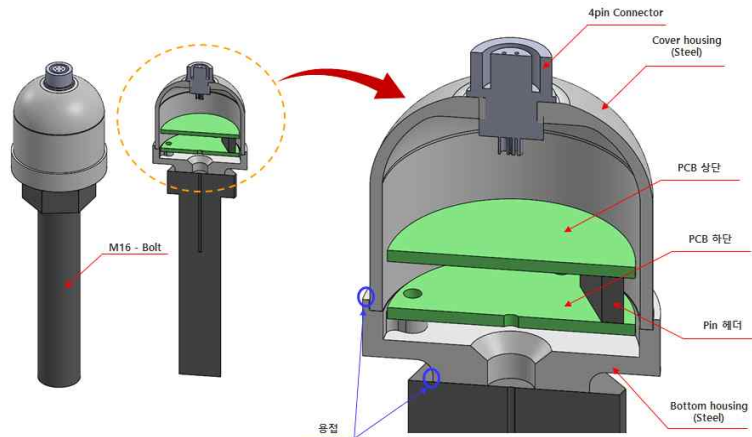
수 압	0.4	0.8	1.2	1.8
누수여부				

*누수가 발생 할 때까지 시험을 진행한다.

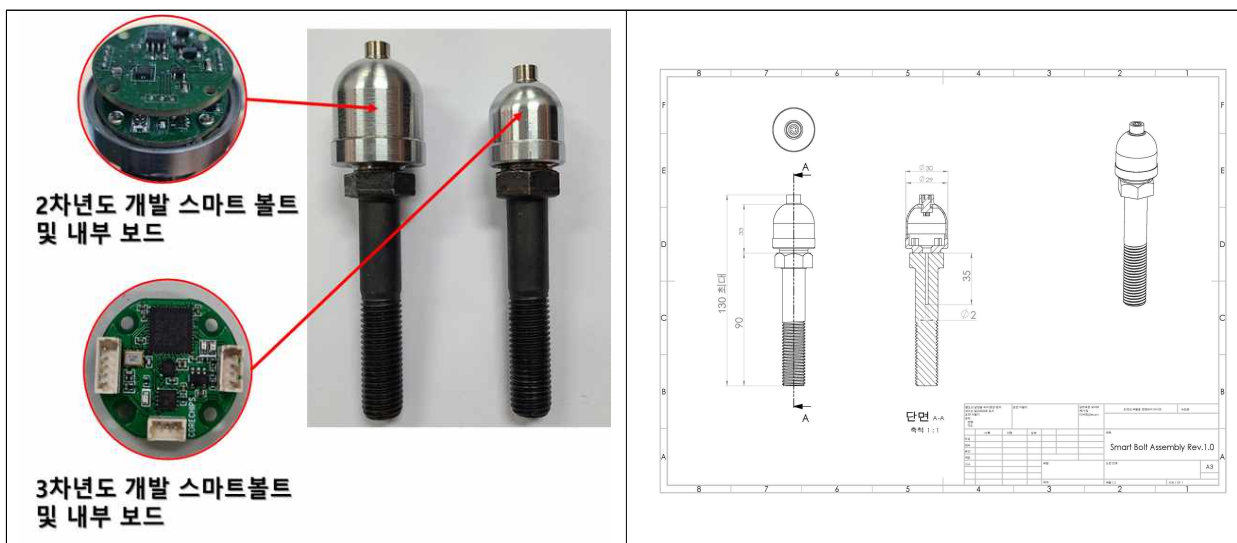
KTR 공인시험성적서

시험의뢰서(KTR 제출)

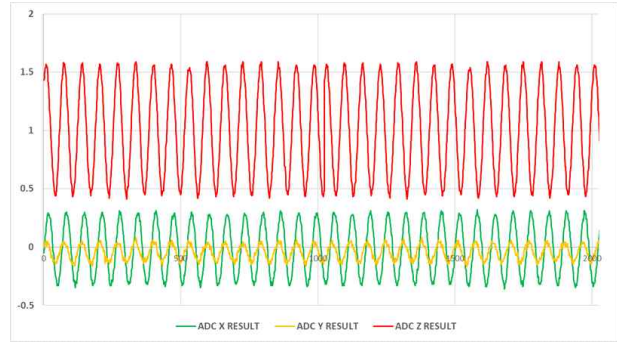
• 누수 검출 스마트 볼트



[스마트볼트 초기 컨셉안]



[2, 3차년도 스마트볼트 개발품 비교 및 3차년도 스마트 볼트 도면]



[가진기를 이용한 가속도 수집 테스트 및 그 결과]

성적서 번호 : 2019 - E2533
 총 4 페이지 중 1 페이지

시 험 성 적 서

1. 의뢰자
 회 사 명 : ㈜코어일렉스
 주 소 : 경기도 수원시 권선구 고색동 중앙스카이빌라 417호

2. 시 험 품 목
 제 품 명 : Smart Bolt
 모 델 명 : -

3. 시 험 기 간 : 2019. 11. 14.

4. 시 험 방 법 : 의뢰자 제시조건

5. 시 험 장 소 : ☒ 현장시험 ☐ 실험실시험 (주소:)

6. 시 험 결 과 :

시험항목	시험결과	비고
성능 시험	- 판정 시험결과 판독 - 성능 결과는 "불"지 판고	표 1) 참고

확 인

직접자
성 명 : 이 원 석

승인자
성 명 : 김 경 중

1. 본 성적서는 신청자로부터 제공된 시험품에 한하여 유효한 결과로서 전체 제품에 대한 품질 및 성능을 보증하지 않습니다.
 2. 당사의 시험 승인 없이 본 성적서의 전부 혹은 일부를 복사하여 사용할 수 없습니다.
 3. 본 성적서의 시험결과는 KOLAB인증과 관련 없음을 밝힙니다.

2019. 11. 25.

주식회사 알에스피 대표이사

성적서 번호 : 2019 - E2533
 총 4 페이지 중 2 페이지

시 험 결 과

1. 시험품 정보

그림 1) 시험품 사진 : Smart Bolt

2. 시험 조건

1) 성능 시험

- 시험 구역 : 의뢰자 제시조건
- 시험 방법 [의뢰자 임의 하에 직접 실시함]
 - ① 미체결 상태에서의 측정 스트레인 값을 프로그램에 입력
 - ② 토크렌치를 이용하여 지정 토크까지 볼트를 체결
 - ③ 지정 토크에서의 측정 스트레인 값을 프로그램에 입력
 - ④ 볼트를 약간 분 디름, 지정 토크의 70 % 미만에 해당하는 토크까지 볼트를 체결
 - ⑤ 프로그램에서 볼트 풀림 여부 감지 확인
 - > 지정 토크의 70 % 이상 체결 시 : 체결 상태
 - > 지정 토크의 70 % 미만 체결 시 : 풀림 상태
 - ⑥ 단계 ① ~ ⑤를 총 5 회 반복
- 판정 기준 : 시험 중 시험품 작동 상태 확인

경기도 인천시 남동구 선단로 76, 107(영서동, 영동원시단지)
 Tel : 070-7841-0554 Fax : 031-482-3273 Home Page : www.rsp.co.kr

RSP-QP-15-04
 A4210 X 207

성적서 번호 : 2019 - E2533
 총 4 페이지 중 3 페이지

3. 시험 사진

그림 2) 시험품 설치사진

그림 3) 볼트 체결 감지

그림 4) 볼트 풀림 감지

경기도 인천시 남동구 선단로 76, 107(영서동, 영동원시단지)
 Tel : 070-7841-0554 Fax : 031-482-3273 Home Page : www.rsp.co.kr

RSP-QP-15-04
 A4210 X 207

성적서 번호 : 2019 - E2533
 총 4 페이지 중 4 페이지

4. 시험 결과

	체결 여부	풀림 여부
1 회	○	○
2 회	○	○
3 회	○	○
4 회	○	○
5 회	○	○

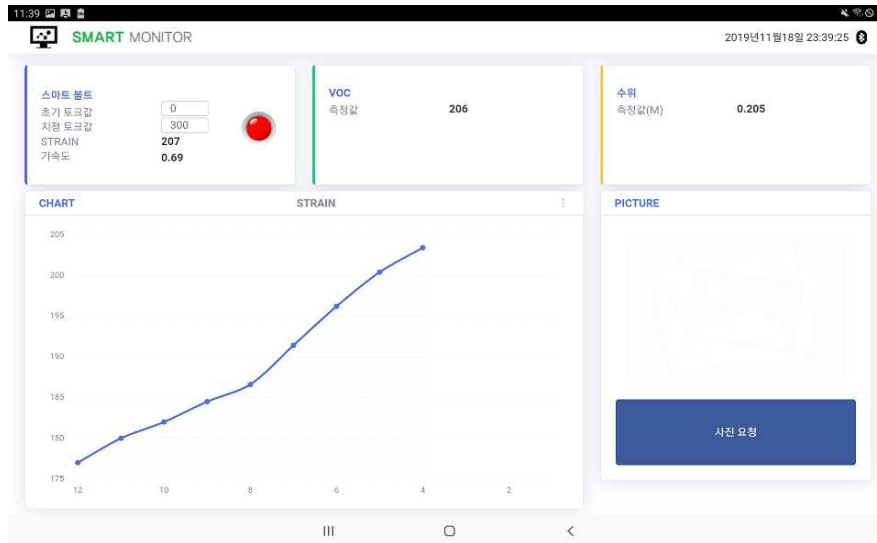
표 1) 성능 확인 결과

5. 시험 장비

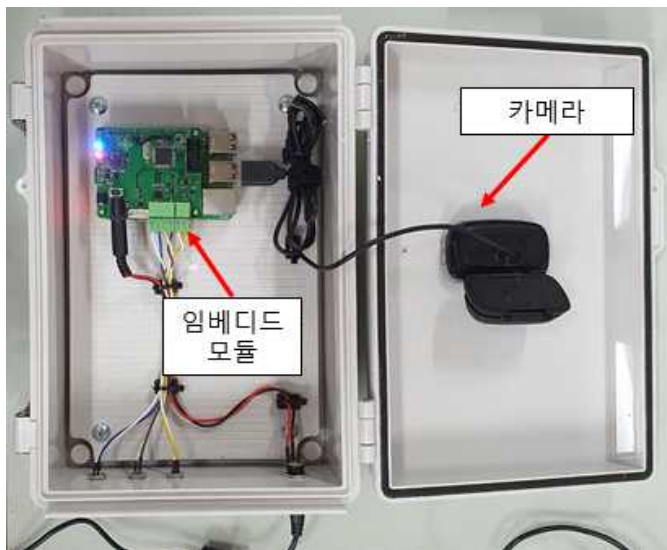
경비명	모델명	제조사
디지털 토크렌치	DA3-200BN	한국광구 / KOREA

이상 끝.

- 시각화 기반 점검자 친화적 점검 시스템



개발 UI 구성화면



누수검출 상태 감시장치 제작품 내부



누수검출 상태 감시장치 제작품 외부

RSP
 IRSPI Reliability Indicator Provider

성적서 번호 : 2019 - E2662
 총 5 페이지 중 1 페이지

시험 성적서

1. 의뢰자
 회 사 명 : 우리기술 주식회사
 주 소 : 충청남도 공주시 탄천면 뽕신로 175

2. 시험 품 목
 제 품 명 : BLE 통신 모듈
 모 델 명 : -

3. 시험 기 간 : 2019. 11. 29.

4. 시험 방 법 : 의뢰자 제시조건

5. 시험 장 소 : ■ 고정시험실 □ 현장시험 (주소:)

6. 시험 결과 :

시험항목	시험결과	비고
무선 통신 시험	- 시험 중 데이터 수신 확인 결과, 수신됨	표 1~2) 참고

확인 :
 작성자 : 이 원 석
 승인자 : 김 경 중

1. 본 성적서는 신청자로부터 제공된 시험품에 한하여 평가한 결과로서 전체 제품에 대한 품질 및 성능을 보증하지 않습니다.
 2. 당사 및 사전 승인 없이 본 성적서의 전부 혹은 일부를 복사하여 사용할 수 없습니다.
 3. 본 성적서의 시험결과에 관한 오류를 방호합니다.

2019. 12. 05.

주식회사 알에스피 대표이사

RSP-QP-15-04
 AA(210 X 297)

RSP
 IRSPI Reliability Indicator Provider

성적서 번호 : 2019 - E2662
 총 5 페이지 중 2 페이지

시험 결과

1. 시험품 정보

그림 1) 시험품 사진 : BLE 통신 모듈

2. 시험 조건

1) 무선 통신 시험

- 시험 규격 : 의뢰자 제시조건
- 시험 방법
 - ① 송신부와 수신부를 서로 10 m 이상 떨어진 위치에 배치한 후, 데이터 수신 확인
 - ② 10 회 반복
- 판정 기준 : 시험 중 데이터 누락 및 소실 여부 확인

RSP-QP-15-04
 AA(210 X 297)

- 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

핵심연구성과 (Level 1)	단위 성과 (Level 2)	총괄 질적 성과			달성 유무
		질적 성과 지표	목표치	달성치	
스마트 무단수 밸브 교체 시스템 개발	스마트 무단수 밸브 교체 장비 H/W 최적 설계	특허 출원	1건	1건	달성
	스마트 무단수 밸브 교체 장비	시제품 제작	1건	1건	달성
	실내 테스트 및 현장 적용 검증	특허 등록	1건	1건	달성
상수도 누수 검출 스마트볼트 및 알고리즘 개발	스마트볼트 및 알고리즘	특허 출원	2건	3건	초과 달성
		논문	1건	1건	달성
	누수 검출 상태 감시 장치	시제품 제작	3건	3건	달성
		특허 등록	-	3건	초과 달성
BLE 통신 기반 계측결과 분석 및 수집된 신호자료 시각화 시스템 UI 개발	BLE 통신 기반 모니터링 시스템 및 UI 제작	논문	1건	1건	달성
	시각화 기반 점검자 친화적 점검 시스템 개발	시제품 제작	1건	1건	달성
	현장적용 및 검증	S/W 개발	1건	1건	달성
상수도 밸브 및 연결부 손상별 유지관리 매뉴얼 정립	시스템 구축 및 매뉴얼 작성	논문	1건	1건	달성
계			특허출원 : 4건 특허등록 : 4건 논문 : 3건 시제품 제작 : 5건 S/W 개발 : 1건	달성을 100% 이상	

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

☐ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	상수도 밸브 누수 탐지용 스마트 볼트 적용의 기초 연구	한국재난정보학회지	김영석	16	대한민국	한국재난정보학회지	비SCI	2020.03.31.	ISSN : 1976-2208 (Print)	100
2	폴립 감지 기능을 가진 스마트 볼트	사단법인 한국기계기술학회	최재혁	21	대한민국	사단법인 한국기계기술학회	비SCI	2019.12.27.	Print ISSN 1229-604X	100
3	A Basic Experimental Study on Analysis of Leak Signal and Monitoring method for Water Supply Pipe	Applied Sciences	김영석	11	Switzerland	MDPI	SCI	2021.02.26.	EISSN 2076-3417	100

☐ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명

☐ 기술 요약 정보

번호	연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용 여부	허용방식

☐ 보고서 원문

번호	연도	보고서 명	발간일	등록 번호

☐ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

☐ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
1	특허	누수방지기능을 갖는 상수관로 밸브교체시 부단수용 기밀장치	대한민국	우리기술(주)	2018.11.15	10-2018-0140400	우리기술(주)	2019.08.29.	10-2018172	100	○
2	특허	스마트볼트를 이용한 노후 상수도 밸브의 부단수 교체 시스템	대한민국	우리기술(주)	2018.11.14	10-2018-0141314	우리기술(주)	2020.04.21	10-2105068	100	○
3	특허	누수 검출을 위한 스마트 볼트	대한민국	주식회사 코아칩스	2018.12.28.	10-2018-0171637	주식회사 코아칩스	2020.05.14	10-2113408	100	○
4	특허	스마트 볼트 관리 시스템	대한민국	주식회사 코아칩스	2019.11.27.	10-2019-0154684				100	○

○ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	활용 예정	기타

☐ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	BLE기반 스마트 부단수 점검자 모니터링 프로그램	2019.11.20	우리기술(주)	2019.12.30	C-2019-043835	우리기술(주)	100

☐ 신기술 지정

번호	명칭	고시일	보호기간	지정번호

☐ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		

☐ 표준화

○ 국내표준

번호	인증구분	인증여부	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류	제안/인증일자

○ 국제표준

번호	표준화단계 구분	표준명	표준기구명	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식	제안자	표준화 번호	제안일자

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
----	------	--------	-------	------	------	--------------	----------------	---------------

□ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)
1	노 후벨브 교체	2020.02.11.	성동구 수도사업소	우리기술(주)	성동구
2	노 후벨브 교체	2020.03.31.	송파구 수도사업소	우리기술(주)	송파구
3	노 후벨브 교체	2020.05.18.	송파구 수도사업소	우리기술(주)	송파구
4	노 후벨브 교체	2020.06.30.	송파구 수도사업소	우리기술(주)	송파구
5	노 후벨브 교체	2020.10.05.	서초구 수도사업소	우리기술(주)	서초구

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료	
					발생 연도	발생액(천원)

□ 사업화 투자실적

번호	연도	투자 자금 성격*	추가 연구개발 투자(천원)	설비 투자(천원)	기타 투자(천원)	합계(천원)
----	----	-----------	----------------	-----------	-----------	--------

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

□ 매출 실적(누적)

번호	사업화명	발생 연도	매출액		합계(천원)	산정 방법
			국내(천원)	국외(달러)		
1	스마트 무단수 밸브 교체 시스템 특허기술 활용	2020	10,138		10,138	우리기술(주) 특허기술 활용에 대한 금액 지급
합계			10,138		10,138	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)				
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내			
		국외			
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획					
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수 출				

□ 고용 창출

번호	사업화명	사업화 업체명	고용창출 인원(명)		합계(명)
			2018년	2021년	
1	BLE 통신 기반 스마트볼트를 활용한 노후 상수도 밸브의 무단수 교체 시스템 개발	우리기술(주)	4	3	7
합계			4	3	7

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	2
		생산인력	-
	개발 후	연구인력	5
		생산인력	-

□ 비용 절감(누적)

번호	사업화명	발생 연도	산정방법	비용 절감액(천원)
	스마트 무단수 밸브 교체 시스템 특허기술 활용	2020	우리기술(주) 특허기술 활용에 대한 금액 지급	10,138
합계				10,138

□ 경제적 파급 효과

(단위 : 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수, 명)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

번호	내용	기간	참석 대상	장소	인원(명)

□ 기술 무역

(단위 : 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	총 계약액	기 징수액	해당 연도	징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

☐ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

☐ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

☐ 신진연구자 채용

번호	채용 연구개발기관명	채용일	근로기간	채용인원(명)	채용인원 중 청년인력(명)

☐ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	연도	현황(명)										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타

☐ 산업 기술 인력 양성

번호	연도	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

☐ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	연도	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비(천원)

☐ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

☐ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일

☐ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설 · 장비

번호	구축 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설 · 장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설 · 장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.mm.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

[그 밖의 성과](해당 시 작성)

- 해당사항 없음

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성)

○ 무단수 교체장비 개발, 특허등록에 따른 장비 대여료 및 특허 활용비 소득 발생

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)	용역비 (단위 : 원)
1	노후밸브 교체	2020.02.11.	성동구 수도사업소	우리기술(주)	성동구	632,000
2	노후밸브 교체	2020.03.31.	송파구 수도사업소	우리기술(주)	송파구	2,147,000
3	노후밸브 교체	2020.05.18.	송파구 수도사업소	우리기술(주)	송파구	3,885,000
4	노후밸브 교체	2020.06.30.	송파구 수도사업소	우리기술(주)	송파구	3,069,000
5	노후밸브 교체	2020.10.05.	서초구 수도사업소	우리기술(주)	서초구	405,000
합 계						10,138,000



현장시공

2) 목표 달성 수준

핵심연구성과 (Level 1)	단위 성과 (Level 2)	총괄 질적 성과			달성 유무
		질적 성과 지표	목표치	달성치	
스마트 무단수 밸브 교체 시스템 개발	스마트 무단수 밸브 교체 장비 H/W 최적 설계	특허 출원	1건	1건	달성
	스마트 무단수 밸브 교체 장비	시제품 제작	1건	1건	달성
	실내 테스트 및 현장 적용 검증	특허 등록	1건	1건	달성
상수도 누수 검출 스마트볼트 및 알고리즘 개발	스마트볼트 및 알고리즘	특허 출원	2건	3건	초과 달성
		논문	1건	1건	달성
	누수 검출 상태 감시 장치	시제품 제작	3건	3건	달성
		특허 등록	-	3건	초과 달성
BLE 통신 기반 계측결과 분석 및 수집된 신호자료 시각화 시스템 UI 개발	BLE 통신 기반 모니터링 시스템 및 UI 제작	논문	1건	1건	달성
	시각화 기반 점검자 친화적 점검 시스템 개발	시제품 제작	1건	1건	달성
	현장적용 및 검증	S/W 개발	1건	1건	달성
상수도 밸브 및 연결부 손상별 유지관리 매뉴얼 정립	시스템 구축 및 매뉴얼 작성	논문	1건	1건	달성
계			특허출원 : 4건 특허등록 : 4건 논문 : 3건 시제품 제작 : 5건 S/W 개발 : 1건		달성율 100% 이상

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)

- 해당사항 없음

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

○ 기술적 측면

- 기존 1단계 부단수 공법을 2단계 까지 발전시키고 이를 모니터링 함으로써 안전성 확보가 가능하고, 공정이 간단하여 공사시간의 절감 효과가 있음
- 스마트볼트를 사용함으로써 복잡하고 신뢰성 및 재현성이 적은 기존방법에서 탈피하여 계측의 정확도 및 신뢰성이 향상됨과 동시에, 상시계측이 가능하여 보다 정밀하고 구체적인 진단이 가능
- 밸브 누수 상태의 시각화된 이미지를 이용한 관리자 친화적 진단결과 전달로 상황인지가 즉각적이고 직관적으로 이루어지며, 이를 통한 관리자의 신속한 판단 및 대응을 도움으로써 상수도 누수 유지관리의 효율성 증가
- 본 기술은 노후 상수도 밸브를 단수 없이 교체하고, 신 밸브를 장기적 유지관리가 가능하도록 하는 것으로 기존 부단수 공법의 문제 및 상수도 누수 탐사와 조사의 문제를 해결함으로써 공사의 효율성 및 안전점검의 신뢰성 향상에 기여할 것으로 기대됨

○ 경제적·산업적 측면

- 스마트볼트를 활용한 상수도 누수검출 시스템 개발로 객관적이고 정량적인 자동 진단 결과 제시로 밸브와 밸브, 밸브와 관로, 관로와 관로의 전수조사가 가능해짐
- 지진 및 싱크홀과 같은 재난 발생 직후에도 신속한 시설물의 안전성 평가가 가능하며 업무단절로 인한 경제적 피해 절감 가능

○ 사회적 측면

- 본 기술의 적용을 통해 상수도의 안전성 확보가 가능하여, 안전점검 시 점검자의 인적/물적 사고를 예방함과 동시에 안전점검의 신뢰성 확보로 현장 효율성 증대
- 복잡하고 제한적인 기존 안전진단 기술과 달리 센서 계측을 통해 신속한 점검 및 대응이 가능하여 안전점검 시 인력/장비에 소모되는 비파괴 안전진단 비용 절감 가능
- 객관적이고 정량적인 자동 진단 결과 제시로 전문가의 주관적 견해가 반영되었던 방식에서 탈피하여 정기점검 시 전체적인 상수도의 점검 가능
- 지진이나 싱크홀과 같은 재난 발생 직후에 신속한 상수도의 안전검점을 통해 업무단절로 인한 경제적 피해 절감 가능

6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

○ 개발기술의 임치 및 특허출원 계획 등 기술보호 차별화 전략

- 기존 무단수 밸브 교체 장치 특허는 단수 시 러버(Rubber)를 공기압으로 팽창시키거나 러버 내부의 기계적 장치로 러버를 팽창시켜 단수시키는 방법으로, 1단계의 단수장치로만 구성되어 있어 누수로 인한 사고 위험성이 높음. 따라서 2차·3차의 단수 및 안전장치가 필요하나 이에 대한 특허는 부족한 것으로 조사됨
- 또한, 기존 상수도 누수 계측 특허는 음파를 활용하여 매질로 부터 전달되는 신호를 통해 상수관로의 누수를 추측하는 방법이 대부분이며, 누수의 대다수를 차지하고 있는 밸브와 연결부의 누수를 계측하는 특허 사례는 없는 것으로 조사됨
- 본 기술 개발의 첫 번째 핵심이 되는 ‘스마트 무단수 교체 시스템’의 차단부재 1차적 단수 및 걸림 부재 2차적 단수, 내시경을 통한 3차적 안전장치의 특허는 없는 것으로 조사됨. 두 번째 핵심이 되는 ‘스마트볼트’를 적용해 밸브와 배관의 연결부의 누수를 계측하는 특허는 없는 것으로 조사됨
- 또한, 본 기술개발의 세부목표인 상수도 밸브 누수계측에 최적화된 스마트볼트 개발 및 BLE 통신 기반 계측결과 분석 및 수집된 신호자료 시각화 시스템 UI 개발 등을 개발하는 과정에서 도출되는 세부 개발 항목의 지식재산권의 확보에는 문제가 없을 것으로 판단됨

○ 제품개발 계획

- 본 과제의 모든 세부 성과물을 특허 및 프로그램 등의 지적 재산권으로 확보
- 주관기관인 우리기술(주)로 기술이전하여 최종제품으로 개발
- 공동연구기관인 (주)코아칩스는 연구개발 이후에도 자문 및 기술 지도를 통해 지속적인 협업관계 유지
- 본 개발품을 이용하여 Mock-up 테스트 및 실제 현장 반복 시험을 통하여 시스템을 개선 및 안정화 하고 데이터베이스 구축
- 안정화가 완료된 제품의 주요 성능을 공인인증기관을 통해 인증 획득
- 각 세부품목 제작업체 및 산업 디자이너의 자문을 통해 본 개발품의 기능성을 최대화함
- 신뢰성 (Reliability) 인증 확보 계획
 - 본 개발품의 양산에 앞서 공인된 전문 신뢰성 시험기관을 통해 본 개발품의 주요 성능 요소에 대해 시험평가를 수행하여 인증 확보 예정
 - 누수 검출능 시험, 환경내구성시험, 사용수명시험 등의 목표성능 시험을 통해 이를 정량화 하고 반복 검증함으로써 신뢰성을 확보

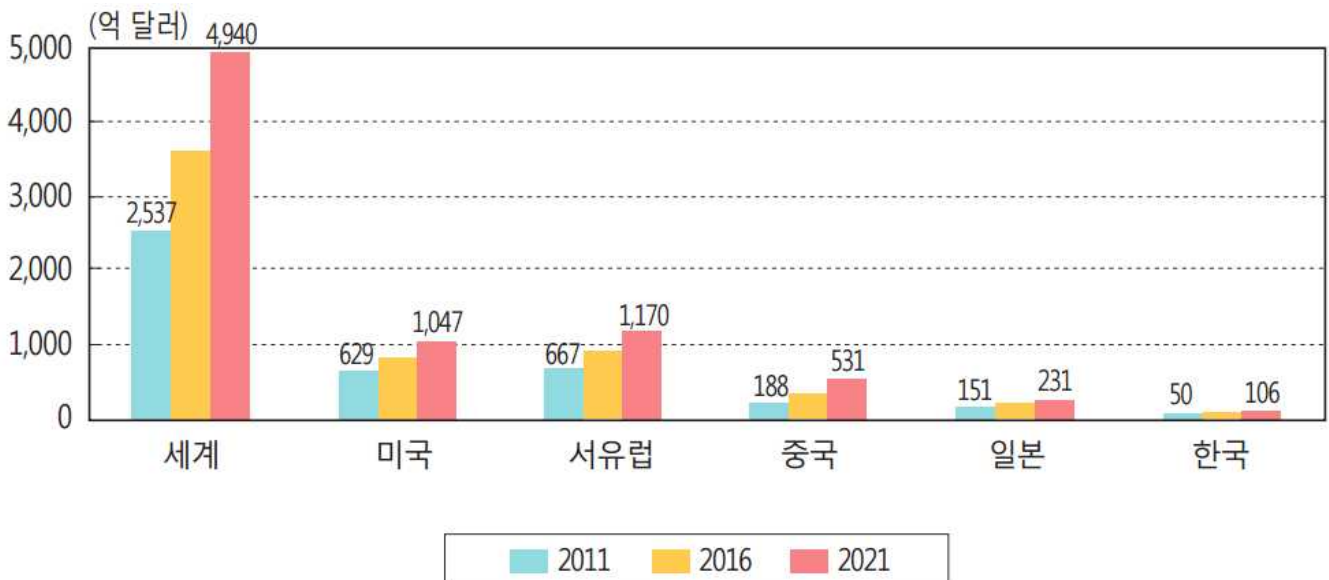
○ 국내외 시장분석 및 사업화 전망

– 목표시장의 경쟁상황

- 지난 10년 사이에 시설물유지관리업의 시장은 3조원이 넘는 규모로 크게 성장하였으며('01년 1.0조원, '10년 2.8조원), 관련 업체도 매년 20%이상 늘어 4천여개 기업이 운영되고 있음(2010년 기준). 또한 정부에서는 SOC 예산을 4%이상 증액했기 때문에 공공 공사로 인해 시설물 유지관리 분야의 수요도 증가할 전망이다. (출처: 국토교통부, 보도자료, 2013)
- 세계적인 컨설팅 및 기업조사기관인 프로스트 앤 설리번이 최근 발표한 '한국 통합시설관리 시장 보고서'에 따르면 국내 통합시설관리 시장은 이미 지난 2009년 134억3000만달러의 수익을 올렸으며, 국내 통합시설관리(IFM) 시장은 앞으로 5년 동안 연평균 4%가 넘는 성장률을 기록, 2016년에는 시장규모가 185억달러가 넘을 것으로 전망된다.
(출처: 한국의 통합시설관리(IFM)시장 보고서, 2011, Frost & Sullivan)
- 대기업들과 해외 통합시설관리 기업들간의 협력이 통합시설관리 시장의 촉진요인으로 작용하고, 경제정책 규제 완화와 서비스 확장으로 2010년부터 2016년까지 연평균 4.1%씩 성장할 것으로 예측된다. (출처: 한국의 통합시설관리(IFM)시장 보고서, 2011)
- 고령화에 따른 실버타운, 레저시설, 그리고 의료·복지 시설 등의 지속적인 증가가 예상되며 비주거용 건축물들이 지속적으로 증가하게 되면 유지관리 대상 시설물의 증가를 수반하게 되므로 향후 비주거용 건축물에 대한 안전 및 유지관리 투자 수요도 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

– 국내·외 시장 규모

- 안전장비와 서비스를 포함한 전체 시장은 2011년 기준 2,530억 달러이며 2021년까지 연평균 6.9%씩 성장하여 4,940억 달러 수준으로 성장할 것으로 전망이다.



[그림 2] 세계 안전시장 규모추이

- 2011년 기준 안전장비 시장은 829억 달러 수준으로, 2021년까지 연평균 6.6%씩 성장하여 1,570억 달러 수준에 이를 것으로 예상된다.
- 안전서비스 시장은 장비시장의 2배 규모이며, 2011년 현재 1,708억 달러 수준이다.
- 2021년까지 시장규모가 3,370억 달러 수준에 이를 것으로 예상되며 연평균 성장률은 7.0%로 추정된다.

[표 6.1] 부문별 안전시장 규모

단위 : 억 달러

	안전 장비				안전 서비스			
	2011	2016	2021	연평균 증감률 (2011~2021)	2011	2016	2021	연평균 증감률 (2011~2021)
세계	829	1,163	1,570	6.6	1,708	2,435	3,370	7.0
미국	132	181	237	6.0	497	645	810	5.0
서유럽	274	418	607	8.3	393	473	563	3.7
중국	139	228	351	9.7	49	99	180	13.9
일본	54	68	83	4.4	97	123	148	4.3
한국	15	21	27	6.1	35	54	79	8.5

- 경제 성장 후 안전에 더욱 민감해진 중국과 우리나라는 세계 평균보다 높은 13.9%와 8.5%의 연평균 성장을 이룰 것으로 나타난다.
- 건설과 IT기술의 발전으로 융합시장은 2020년 기준 세계시장규모 600조원, 국내 시장규모 10조원으로 성장할 것으로 예상된다.

[표 6.2] 건설 IT 시장 규모

(단위 : 억원)

구 분	시장규모(2013년)	예상 시장규모(2020년)
세계 시장규모	300조원(건설 IT 시장)	600조원(건설 IT 시장)
국내 시장규모	5조원(건설 IT 시장)	10조원(건설 IT 시장)
산출 근거	○ 한국의 통합시설관리(IFM)시장 보고서, 2011, Frost & Sullivan ○ 건설 IT 융합기술 동향(KIST), 2013 ○ 건설 IT 융합산업과 정책 동향, 기술개발 전략, 2012, BIR research group	

별첨 자료

1. 참고문헌

2. 총 연구개발기간 성과점검기준표 및 증빙자료

3. 세부 정량적 연구개발성과 증빙자료

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업 'BLE 통신 기반 스마트볼트를 활용한 노후 상수도 밸브의 무단수 교체 시스템 개발' 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.