최종보고서(일반과제용)

보안등급
일반[✔], 보안[ ]

중앙행정기관명	국토교통부	사업명	사업명	국토교통기술사업화지원
전문기관명	국토교통과학기술진흥원		내역사업명	
공고번호	공고-제38호	총괄연구개발 식별번호		-
		연구개발과제번호		20TBIP-C144048-03

국가과학기술 표준분류	EI0604 철도신호통신기술	50%	EI0606 철도시스템 유지관리기술	30%	EE1103 광통신모듈/부품	20%

총괄연구개발명	국문	-			
	영문	-			
연구개발과제명	국문	도시철도 전력신호통신 설비상태 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템 개발(SFM)			
	영문	Condition-based Sensing and Fusion Data Monitoring System			
주관연구기관	기관명	(주)금호전력		사업자등록번호	416-81-03894
	주소	(우)57767 전남 광양시 옥정로 70-2		법인등록번호	204611-0001685
주관연구책임자	성명	박면규		직위	연구소장
	연락처	직장전화	061-792-3788	휴대전화	010-4153-5746
		전자우편	myeon001@naver.com	국가연구자번호	11023602
연구개발기간	전체	2018. 04. 01 - 2021. 12. 31(3년 9개월)			
	1년차	2018. 04. 01 - 2018. 12. 31(년 9개월)			
	2년차	2019. 01. 01 - 2019. 12. 31(1년 개월)			
	3년차	2020. 01. 01 - 2021. 12. 31(2년 개월)			

연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
				지방자치단체		기타( )					
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	2,975,000	196,656	1,637,344	-	-	-	-	3,171,656	1,637,344	4,809,000	-
1년차	463,000	40,656	278,344	-	-	-	-	503,656	278,344	782,000	-
2년차	1,161,000	81,000	706,000	-	-	-	-	1,242,000	706,000	1,948,000	-
3년차	1,351,000	75,000	653,000	-	-	-	-	1,426,000	653,000	2,079,000	-

공동연구기관 등	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구기관	(주)카이엠	정운찬	대표	010-3223-3026	cham@kaiem.co.kr	공동	중소기업
	서울교통공사	전조원	팀장	010-7323-7513	hgjeon@smrt.co.kr	공동	대기업
위탁연구기관							
연구기관 외 기관							

연구개발담당자 실무담당자	성명	이병식		직위	이사
	연락처	직장전화	02-598-3788	휴대전화	010-9940-0113
		전자우편	kheis@daum.net	국가연구자번호	11821818

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

2022년 03월 11일

주관연구책임자 : 박 면 규 (직인)

주관연구기관의 장 : (주)금호전력 장 명 석 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

본 서식은 「국가연구개발혁신법」 시행('21.01.01) 이전에 최종 협약하여 '21.01.01 이후에 최종평가를 시행하는 일반과제용 입니다.

< 요 약 문 >

사업명	국토교통기술사업화지원사업		총괄연구개발 식별번호		-	
내역사업명			연구개발과제번호		20TBIP-C144048-03	
국가과학기술 표준분류	EI0604 철도신호통신기술	50%	EI0606 철도시스템 유지관리 기술	30%	EE1103 광통신모듈/부품	20%
총괄연구개발명	-					
연구개발과제명	도시철도 전력신호통신 설비상태 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템 개발(SFM)					
전체 연구개발기간	2018. 04. 01 - 2021. 12. 31(3년 9개월)					
총 연구개발비	총 4,809,000천원 (정부지원연구개발비 : 2,975,000천원, 기관부담연구개발비 : 1,834,000천원, 지방자치단체 : 천원, 그 외 지원금 : 천원)					
연구개발단계	기초[ ] 응용[ ] 개발[✔] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]		기술성숙도		착수시점 기준(6,7단계) 종료시점 목표(8단계)	
연구개발과제 유형	지정공모 [✔] 자유공모 [ ]					
연구개발과제 특성	실용화					

연구개발 목표 및 내용	최종 목표		○ 도시철도 각 기능실 운용설비의 상태(전류, 전압, 온도, 습도, 진동) 정보를 무선센싱모듈을 이용하여 살아있는 실시간 데이터를 수집한다. ○ 수집된 전기설비 데이터를 분석, 예측할 수 있는 모니터링 시스템을 구축한다. ○ 축적된 데이터 분석 및 RAMS 연계를 통해 노후화된 전기설비에 대한 노후관리, 수명관리가 가능한 철도 전기설비 관리체계 시스템을 구축한다.
	전체 내용		○ 전력+신호+통신 설비 상태(온도, 습도, 전압, 전류, 진동) 무선 네트워크 기반 센싱 모듈 개발 ○ 전력+신호+통신 설비 상태 데이터 수집 및 전송 프로세스 개발 ○ 전력+신호+통신 설비 상태 데이터 분석 및 모니터링 시스템 개발 . DATA 분석 프로토콜 개발 . DATA 모니터링 시스템 개발 ○ SFM시스템과 RAMS시스템 연계 ○ 테스트베드 구축 및 성능검증
	1년차	목표	○ 해외사례분석 및 BM수립 ○ 네트워크 및 포인트 설계 ○ Sensing 모듈 설계/제작 ○ 시스템 요구사항 정의 ○ 표준 프로토콜 정의
		내용	○ 도시철도 전력,신호,통신설비 상태기반 데이터 전송 및 모니터링 시스템 실용화 사례 조사를 통한 해외 사례 분석 및 비즈니스모델 수립 ○ 네트워크 설계 및 모니터링 포인트 설계 - SFM서버 ~ 역서버 간 네트워크 설계 - 역서버 ~ 광무선모듈 간 네트워크 설계 - 광무선모듈 ~ 무선센싱모듈 간 네트워크 설계 - 네트워크 감시 프로그램 개발 - 현장조사 및 공동연구기관 기술검토 회의를 통한 모니터링 포인트 설계 ○ 무선 센싱모듈 시제품 개발 - 도시철도형 무선 센싱모듈 플랫폼 설계 - 전류,온도,진동,습도 분야 센싱모듈 시제품 개발 착수 ○ 현장 V.O.C수집 및 주관연구기관, 공동연구기관 기술회의로 시스템 요구사항 정의 ○ SFM시스템과 RAMS시스템을 연계할 수 있는 인터페이스 프로토콜 설계

연구개발목표 및 내용	2년차	목표	○ Sensing 모듈 제작 및 SW개발 ○ 광무선모듈 설계 및 제작 ○ 모니터링 시스템 SW개발 ○ 시스템간 표준 프로토콜 개발 ○ 도시철도 표준규격(안) 작성
		내용	○ 현장 설치환경을 고려한 센싱모듈 시제품 개선 및 보완 - 전원부 배터리 방식에서 자가발전 기능 도입 개발 ○ 무선네트워크 기반 데이터 수집 S/W개발 ○ 센싱모듈 수집 데이터를 SFM서버로 전송 가능한 무선 네트워크 환경을 구축 할 수 있는 광무선모듈 시제품 설계/제작 ○ 데이터 모니터링&분석을 위한 모니터링 시스템 SW개발 - SW 기본 및 상세 설계서 작성 - DB 설계서 작성 ○ SFM시스템과 RAMS시스템간 표준 프로토콜 설계 및 구현 ○ RAMS 시스템 인터페이스 모듈 설계 및 구현 ○ SFM시스템 요구사항 정의서를 반영한 도시철도 표준규격(안) 활동보고서 작성
	3년차	목표	○ Sensing 모듈 S/W 및 SFM 시스템 서버 S/W 개발 ○ Test-bed 구축 및 성능 검증 ○ RAMS시스템 연계 데이터 처리 프로세스 개발 ○ 도시철도 표준사양서 ○ 사업화 매출 발생
		내용	○ 전기설비 모니터링 구현을 위한 SFM서버 개발 - 역서버 SW개발 - SFM서버 SW 개발 ○ 시뮬레이션 구축 및 센서 데이터 취득 확인 - 1차 : 주관연구기관 연구실내에 시뮬레이션 구축 및 데이터 취득 확인 - 2차 : 서울교통공사 대흥역 전기실습실에 시뮬레이션 구축, 성능 및 통신테스트 ○ 대전도시철도공사 1호선 테스트베드 구축 및 성능검증 - 변전소 전개소(7개역) 현장조사 및 테스트베드 구축 - 무선센싱모듈에 대한 신뢰성 확보 : 신뢰성검증 및 KC인증 - SFM 모니터링 시스템 SW에 대한 신뢰성 확보 : 신뢰성검증 및 GS인증 - 무선센싱모듈 ~ 역서버 ~ SFM서버 ~ RAMS연계 현장 성능 검증 ○ RAMS시스템 프로세스 개발 - SFM시스템 ~ RAMS시스템 간 데이터 처리 프로세스 구현 ○ 요구사항 정의서를 반영한 도시철도 표준사양서 작성 ○ SFM시스템 사업화 활동 및 매출 발생 - SFM시스템에 대한 권리확보를 위해 특허등록(과제 직접관련 특허 등록 2건) - 주관기관에 설치한 홍보부스를 활용하여 홍보활동 및 시연회 개최 - 광양제철소 내 기술연구원 전력감시시스템 매출발생 : 390,000천원
연구개발성과			○ 노후화된 철도 전기설비 관리체계 확립을 위한 모니터링 시스템 구축 및 검증 - 기능실 설비 상태정보 수집을 위한 무선기반의 열화상센싱모듈 등 6종 개발 및 KC인증 - 설비상태 센싱 및 데이터 모니터링 시스템 S/W개발 및 GS인증 - 철도설비 상태감시를 위한 센싱 및 데이터 모니터링 시스템 등 특허 4건 등록 - "도시철도 RAMS 통합시스템"과 "도시철도 모니터링 시스템(SFM)" 연계 구축 - 대전도시철도공사 1호선 변전실 전개소(7개소)에 테스트베드 구축 및 성능검증 ○ R&D과제 개발성과를 바탕으로 사업화 첫걸음 - 계 약 명 : 광양 포스코 기술연구원 전력이상징후 모니터링 시스템 합리화 - 계약금액 : 390,000천원

연구개발성과 활용방안 및 기대효과	○ 활용방안 - 대전도시철도공사 1호선 7개역 변전실에 구축한 테스트베드의 현장시험 및 검증 결과를 기반으로 지속적인 성능개선을 통한 변전실 대상설비 추가 및 전기실 확대 적용 추진. - 서울교통공사 등 도시철도 및 일반철도 변전.전기.신호 기능실 설비에 적용 추진. - 유지보수 모니터링 시스템이 필요한 제조 등 국내 산업단지에 확대 적용. ○ 기대효과 - 설비별 상태 데이터에 의한 각종 장애요인을 분석하여 사전 대응조치 및 최적의 안전설비 유지관리 - 노후관리, 미래예측을 통한 수명관리 등 설비 상태 실시간 모니터링 - 도시철도 설비 최적의 안전 상태 열차운행으로 고객 편의 향상
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당없음

연구개발성과의 등록·기탁 건수 (양식 수정 가능)	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	신규 고용	공인 인증 (NET, NEP)	매출액	기술 실시 계약	기타
	1건	4건	-	-	-	3건	-	6명	7건	39천만원	-	-

연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호

국문핵심어 (5개 이내)	설비상태기반	융합데이터	광무선센싱모듈	비접촉센싱모듈	융합 모니터링
영문핵심어 (5개 이내)	Facility Condition-based	Fusion Data	Optical Wireless communication module	Non-contact Sensing Module	Fusion Monitoring

<목 차>

1. 연구개발과제의 개요 ····· 11
1) 연구개발과제의 최종 목표 ····· 11
(1) 연구개발 대상의 개념도 ····· 12
(2) 연구개발 대상기술 수준 ····· 12
(3) 모니터링 대상설비 ····· 13
(4) SFM 시스템 플랫폼 ····· 13
2) 연구개발과제의 년차별 목표 ····· 14

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용 ····· 16
1) 1차년도 연구범위 및 수행방법 ····· 16
(1) 해외사례분석 및 BM수립 ····· 16
(2) SFM시스템 요구사항 정의 ····· 18
(3) 네트워크 및 모니터링 포인트 설계 ····· 22
(4) Sensing 모듈 설계 및 제작 ····· 23
(5) SFM~RAMS 시스템간 인터페이스 설계서 ····· 25
2) 2차년도 연구범위 및 수행방법 ····· 27
(1) 센싱모듈 제작 및 SW개발 ····· 27
(2) 광무선모듈 설계 및 제작 ····· 28
(3) 모니터링 시스템 SW개발 ····· 29
(4) 시스템간 (SFM~RAMS) 표준 프로토콜 개발 ····· 33
(5) 도시철도 표준사양서 작성 ····· 36
(6) 연구개발 관련 홍보 ····· 36
3) 3차년도 연구범위 및 수행방법 ····· 38
(1) 무선 센싱모듈 및 광무선 모듈 개량 ····· 38
(2) 융합모니터링 시스템 개발 ····· 43
(3) Simulation 구축 ····· 51
(4) Test-bed 구축 및 성능 검증 ····· 54
(5) RAMS 시스템 연계 ····· 73
(6) 도시철도 표준사양서 작성 ····· 81
(7) 사업화 활동 ····· 82

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 ····· 84
1) 연구수행 결과 ····· 84
(1) 정성적 연구개발성과 ····· 84
(2) 정량적 연구개발성과 ····· 92
(3) 세부 정량적 연구개발성과 ····· 93
(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항 ····· 100
2) 목표 달성 수준 ····· 102
(1) 1차년도(2018) ····· 102
(2) 2차년도(2019) ····· 103
(3) 3차년도(2020 ~ 2021) ····· 103

4. 목표 미달 시 원인분석(해당사항 없음) ····· 104

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도 ····· 104
1) 정량적 효과 ····· 104
2) 정성적 효과 ····· 106

6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획 ····· 107
1) 관리 추진체계 ····· 107
2) 활용 분야 및 방안 ····· 108
3) 타 연구에의 응용 ····· 109

< 별첨 > 참고 문헌 ····· 112

<표 차례>

[표 1] 설비별 모니터링 항목 ····· 13
[표 2] 연구개발과제 연차별 목표 ····· 15
[표 3] 분야별 세계 철도 시장 규모 예측 ····· 16
[표 4] 변전소, 전기실 센싱포인트 검토(안) ····· 18
[표 5] 신호기계실 센싱포인트 검토(안) ····· 19
[표 6] SFM시스템 모니터링 대상 설비 및 항목 ····· 20
[표 7] SFM시스템 소프트웨어 개발 요구사항 ····· 20
[표 8] 1차년도 시제품 성능테스트 방법론 ····· 24
[표 9] 통신 프로토콜 목록 ····· 26
[표 10] 1차년도 대비 2차년도 무선센싱모듈 개선점 ····· 27
[표 11] SFM서버&역서버 TASK 설계 ····· 32
[표 12] SFM서버 Module 설계 ····· 33
[표 13] SFM시스템<->RAMS시스템 요구사항 정의 ····· 33
[표 14] 메뉴구성 ····· 34
[표 15] 사용자 인터페이스 목록 ····· 34
[표 16] 컴포넌트 목록 ····· 35
[표 17] 데이터베이스 테이블 명세서 ····· 35
[표 18] SFM시스템 SW Traning Task ····· 49
[표 19] SFM시스템 SW Predicition Task ····· 49
[표 20] 1차 Simulation 구축 설비 ····· 51
[표 21] SFM시스템 Test-bed 구축 일정 ····· 54
[표 22] SFM시스템 Test-bed 센싱포인트 ····· 56
[표 23] SFM SEVER 사양 ····· 62
[표 24] 역 SEVER 사양 (외삼기지, 판암기지, 시청역) ····· 63
[표 25] 역 SEVER 사양 (대동역, 오룡역, 월드컵경기장역, 갑천역) ····· 63
[표 26] 네트워크 허브 사양 ····· 63
[표 27] HMI 모니터링 PC 사양 ····· 64
[표 28] LTE모뎀 사양 ····· 64
[표 29] SFM시스템 SOFTWARE 사양 ····· 64
[표 30] 무선센싱모듈 공인기관 환경&전자파 시험 항목 ····· 67
[표 31] 모듈별 고장률 ····· 68
[표 32] 소프트웨어 신뢰성 테스트 결과 ····· 71

[표 33] RAMS 통합시스템 HW현황 ····· 74
[표 34] RAMS 통합시스템 SW현황 ····· 74
[표 35] RAMS 통합시스템 장애구분&해결방법 ····· 75
[표 36] RAMS 통합시스템 매핑 정의 ····· 75
[표 37] SFM 플랫폼 개발 연구 성과 ····· 91
[표 38] SFM시스템 1차년도 목표달성 수준 ····· 102
[표 39] SFM시스템 2차년도 목표달성 수준 ····· 103
[표 40] SFM시스템 3차년도 목표달성 수준 ····· 103
[표 41] 전기실, 신호기계실 모니터링 항목 ····· 105

<그림 차례>

[그림 1] SFM 시스템의 최종목표 ····· 11
[그림 2] SFM 시스템 구성도 ····· 12
[그림 3] SFM System Platform Configuration ····· 13
[그림 4] 분야별 세계 철도 시장 규모 예측 ····· 16
[그림 5] SFM 시스템 BM 전략 ····· 17
[그림 6] SFM 시스템 사업화 계획 ····· 18
[그림 7] SFM 시스템 플랫폼 SW 구성도 ····· 21
[그림 8] SFM 시스템 네트워크 구성도 ····· 22
[그림 9] 무선센싱모듈 구성도 ····· 23
[그림 10] 1차년도 무선센싱모듈 플랫폼 구성도 및 시제품 ····· 23
[그림 11] 광무선 모듈 구성도 ····· 24
[그림 12] 광무선 모듈 시제품 ····· 25
[그림 13] 인터페이스 구성도 ····· 25
[그림 14] 센싱 마이닝 분석 화면 ····· 26
[그림 15] 2차년도 무선 센싱모듈 구성도 ····· 27
[그림 16] 무선 센싱모듈 시제품 ····· 27
[그림 17] SFM 시스템 네트워크 설계도 ····· 29
[그림 18] SFM 시스템 인터페이스 설계도 ····· 29
[그림 19] SFM 시스템 데이터 수집 기능 설계도 ····· 30
[그림 20] SFM 시스템 분석 및 예측 기능 설계도 ····· 30
[그림 21] SFM 시스템 모니터링 기능 설계도 ····· 31
[그림 22] SFM 시스템 데이터 관리 기능 설계도 ····· 31
[그림 23] SFM 시스템 SW PROCESS 설계도 ····· 32
[그림 24] 에너지하베스팅 종류에 따른 출력 ····· 38
[그림 25] 5초 동작기준 진동센싱모듈 소비전류 ····· 38
[그림 26] SFM 시스템 무선센싱모듈 전체 구성도 ····· 39
[그림 27] SFM 시스템 네트워크 구성도 ····· 43
[그림 28] SFM 시스템 메인 화면 ····· 44
[그림 29] SFM 시스템 설비상태 모니터링 화면 1 ····· 45
[그림 30] SFM 시스템 설비상태 모니터링 화면 2 ····· 45
[그림 31] SFM 시스템 설비상태 모니터링 화면 3 ····· 46
[그림 32] SFM 시스템 실시간 데이터 수집 화면 ····· 47

[그림 33] SFM 시스템 실시간 추이 그래프 화면 ····· 47
[그림 34] Algorithm 구성도 ····· 48
[그림 35] 정비 예측 기준값 ····· 51
[그림 36] 시뮬레이션 구성도 ····· 52
[그림 37] 시뮬레이션 센싱모듈 구성도 ····· 52
[그림 38] 시뮬레이션 전체 레이아웃 ····· 53
[그림 39] Server Architecture ····· 62
[그림 40] 실시간 데이터 수집 화면 ····· 65
[그림 41] 이상 데이터 감지 화면 ····· 65
[그림 42] 무선센싱모듈 공인기관 환경&전자파 시험성적서 ····· 67
[그림 43] 테스트 환경 구성도 ····· 70
[그림 44] 센싱데이터 기반 융합분석 시스템 기능 구성도 ····· 73
[그림 45] SFM~RAMS 연계 I/F 모듈 구성도 ····· 73
[그림 46] SFM SYSTEM Platform Configuration ····· 84
[그림 47] 기업부설연구소 내 구축된 Simulation 구성도 ····· 100
[그림 48] 개발 시제품, 과제소개 등 홍보물 전시 ····· 100
[그림 49] SFM시스템 설명회&시연회 ····· 101
[그림 50] 대전지하철 1호선 노선도 및 기능실 분포 현황 ····· 105
[그림 51] SFM 시스템 관리 추진체계 ····· 107
[그림 52] SFM 시스템 사업화 전략 ····· 108
[그림 53] SFM 시스템 사업화 로드맵 ····· 109
[그림 54] 유해화학물질 취급설비 모니터링 시스템 구성도 ····· 110
[그림 55] 도로조명 SMART 원격제어 관련 구성도 ····· 111

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발과제의 최종 목표

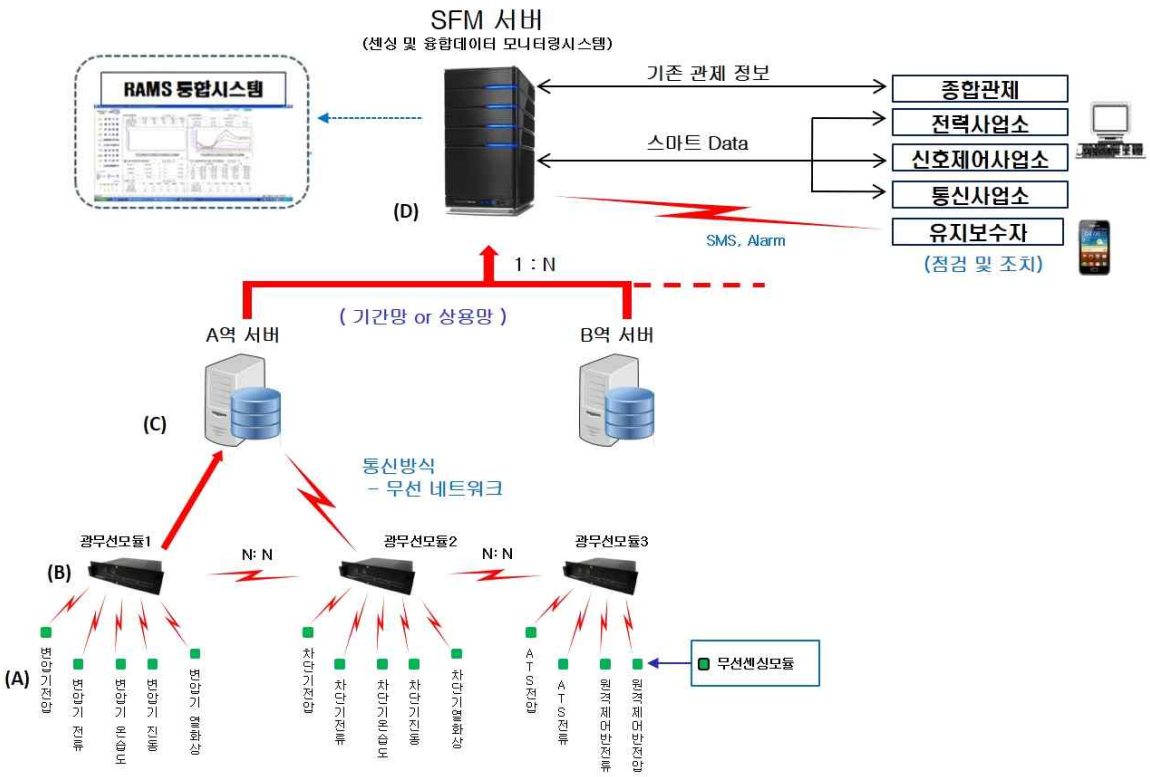
○ 도시철도 현장 기능실의 전력, 신호, 통신 설비의 상태 정보를 Sensing 기술을 이용, **데이터 수집 및 분석, 예측할 수 있는 도시철도 전기설비 관리체계 모니터링 시스템(SFM)을 개발**하고 **시험역(Test-bed)을 구축**하여 성능시험을 통한 환경 내구성, 신뢰성 입증

○ 특허등록, SW인증, 전문기관 컨설팅 등을 통한 **사업화 추진**

○ 도시철도 운영기관 등에 납품하여 노후관리, 수명관리를 통한 **중장기적인 안전경영 활동에 활용**

[그림 1] SFM 시스템의 최종목표

(1) 연구개발 대상의 개념도



[그림 2] SFM 시스템 구성도

(A) 무선 센싱모듈 : 각 설비의 온도, 전압, 전류, 진동, 습도 등을 실시간 센싱하여 광무선 모듈에 전송

(B) 광무선 모듈 : 각 실시간 센싱 정보를 융합하여 역 서버로 전송

(C) 역 서버 : 실시간 광무선 모듈의 센싱 정보를 융합하여 SFM서버로 전송

(D) SFM 서버 : 각 역 서버의 데이터를 융합, 각 설비별 상태를 실시간 모니터링 및 마이닝하여 기록 유지 및 이상 유무를 관련 시스템 및 유지보수자에 전송

(2) 연구개발 대상기술 수준

구분	사업화 기술 내용
▪ 사업화 기술 및 분야	▪ 서비스 R&D 융합기술 사업화
▪ 사업화 대상이 되는 기술의 지식재산권	▪ 특허명 : 철도설비 상태감시를 위한 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템 (특허 제10-2165528호) ▪ 권리자 : (주)금호전력
▪ 기존 사업화 과제 신청 전 보유(이전)한 기술과 비교하여 성능 개선 등 차별화한 내용	▪ 기존 기술과 무선 센싱모듈 기술을 결합➔ 도시철도 역 기능실 설비의 실시간 모니터링 ➔ 이상 발생 시 관련 시스템 및 유지보수자에게 전송 ▪ 서울교통공사의 기존 R&D 과제인 RAMS 시스템과 연계 ▪ 설비의 노후관리, 수명관리를 통한 도시철도 주요설비 통합안전시스템 구축

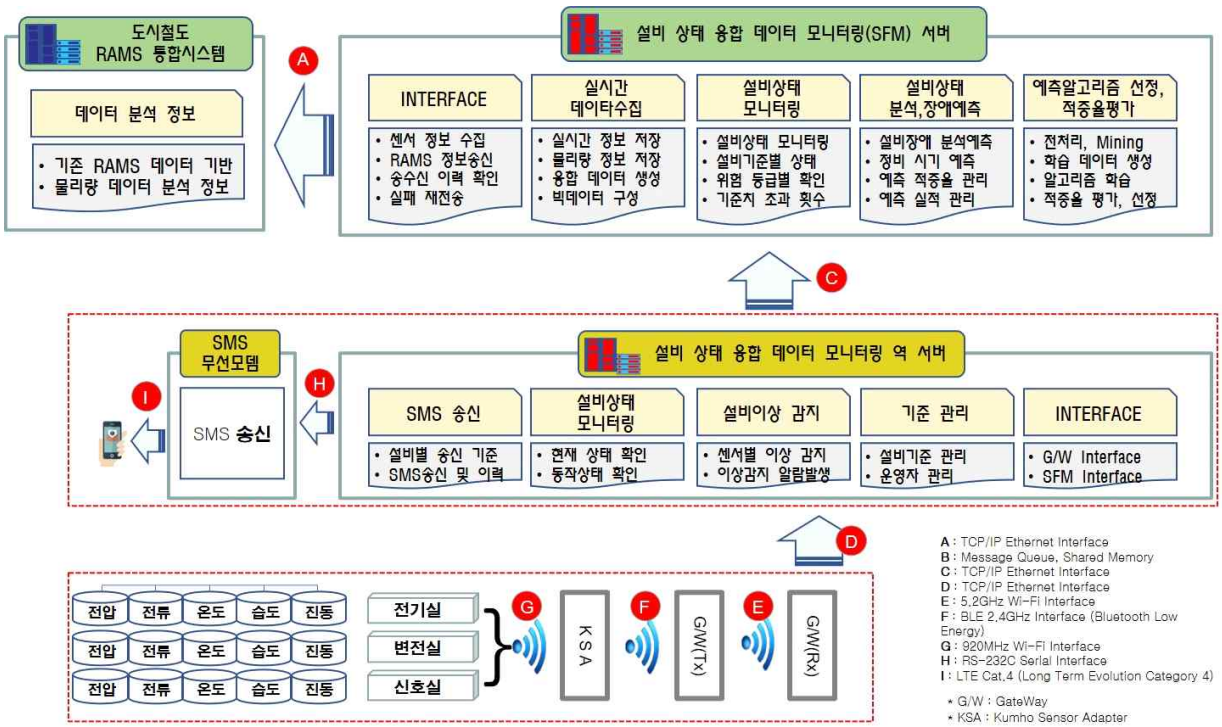
구분		1차년도	2차년도	3차년도	단계별 설명
시작품단계	TRL 6	■	■	□	【시제품 성능평가】 유사 환경에서의 프로토타입 개발
실용화단계	TRL 7	■	■	□	【시제품 신뢰성평가】 실제 환경에서 시제품 데모
	TRL 8	□	□	■	【시제품 인증】 상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증

(3) 모니터링 대상설비

기능실	설비명	모니터링 항목	
변전소/전기실	교류차단기반 (특고압/고압)	• 케이블 종단접속개소 온도 • 제어전원 전압, 전류 • 배전반 내부 온도, 습도	• PT, CT 온도, 진동 • MOF 온도, 진동
	직류차단기반	• 제어전원 전압, 전류	• 배전반 내부 온도, 습도
	원격제어반	• 접지누설전류	
	변압기반	• 표면 온도, 진동	
	ATS반	• ATS 동작전원 전압, 전류	• AC 2차 전압
	고압차단기반	• 케이블 종단 접속개소 온도 • PT 온도, 진동	• 제어전원 전압, 전류 • 배전반 내부 온도, 습도
	변압기반	• 표면 온도, 진동	
	저압차단기반	• ACB 2차 전압	
	ATS반	• ATS 동작전원 전압, 전류	• AC 2차 전압
신호실	PF궤도 회로장치	• 한류 저항자 발열 상태	• 송신 및 수신 전압, 전류
	AF궤도 회로장치	• 송신 및 수신 전압, 전류	
	정류기	• 12V/24V/28V 출력 전압/전류	• MLK용 12±5V 출력 전압/전류
	소형 변압기	• 단자 탭의 입·출력 전압, 전류	• 단자 탭의 접속/열화 상태

[표 1] 설비별 모니터링 항목

(4) SFM 시스템 플랫폼



[그림 3] SFM System Platform Configuration

2) 연구개발과제의 년차별 목표

○ 1차년도

- 주관연구기관 (주)금호전력
  - ■ SFM시스템 네트워크 설계 및 도시철도 기능실 설비별 모니터링 포인트 설계
  - ■ 무선 네트워크 기반 Sensing Module 설계 및 시제품 개발(온도, 진동, 습도, 전류, 전압)
- 공동연구기관 (주)카이엠
  - ■ SFM~RAMS 시스템간 인터페이스 모듈 설계
- 공동연구기관 서울교통공사
  - ■ 해외유사기술 조사 및 분석
  - ■ 국내 도시철도 현황분석 및 시스템 요구사항 정의

○ 2차년도

- 주관연구기관 (주)금호전력
  - ■ 1차년도 Sensing Module 시제품 개량
  - ■ 데이터 수집, 데이터 변환 및 전송 기능의 광무선 모듈 응용 회로 설계 및 시제품 개발
  - ■ 융합 모니터링시스템 소프트웨어 설계 및 개발(역서버, SFM 서버)
- 공동연구기관 (주)카이엠
  - ■ SFM 센싱 데이터를 기반으로 설비별 RAMS 분석을 위한 기초자료(운용량, 고장/장애 등) 추출 방안 등 데이터 처리 프로세스 설계
- 공동연구기관 서울교통공사
  - ■ 테스트베드 구축 및 시험방안 수립

○ 3차년도

- 주관연구기관 (주)금호전력
  - ■ 테스트베드 구축 및 시험운용
  - ■ 제3자에 의한 소트프웨어, 센싱모듈 및 테스트베드의 성능 또는 신뢰성 검증
- 공동연구기관 (주)카이엠
  - ■ SFM~RAMS 시스템간 표준 프로토콜 검증
  - ■ SFM~RAMS 시스템간 센싱데이터와 고장/정비 이력 데이터와의 상관관계 분석 및 예측 검증
- 공동연구기관 서울교통공사
  - ■ 도시철도용 SFM 시스템 표준사양서(안) 작성
  - ■ 테스트베드 구축 지원

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2018)	무선센싱모듈 개발	해외사례분석 및 BM 보고서	TRL 6	해외 유사기술 분석,국내 수요처분석을 통한 사업화 모델 제시	사업화 전략수립	3
		SFM시스템 요구사항 정의서		현장조사,기술 검토 회의를 통한 요구사항 도출	현장 요구사항 반영	
		네트워크 및 모니터링 포인트 설계서		8호선 5개역의 센싱종류, 설치개소 및 위치, 설치수량 설계	기능실 해당 설비 확인	5
		무선센싱모듈 시제품 제작 및 시연		데이터 전송 손실율 3% 이내	센싱모듈의 효율성 확보	25
	RAMS시스템 연계	인터페이스 설계서	TRL 6	기술검토회의를 통한 프로토콜 정의 도출	SFM~RAMS 인터페이스	2
2년차 (2019)	무선센싱모듈 개발	광무선모듈 시제품 제작 및 시연	TRL 6	Test-bed 환경에서 데이터 유·무선 전송 기능 구현	센싱모듈 ~ 역서버 데이터 전송 기능 확보	15
	융합모니터링 시스템 개발	SW 설계서 및 개발품 시연	TRL 6	SFM 시스템 모니터링 알고리즘 구현	모니터링 시스템 구현	30
		도시철도 표준규격안 연구활동 보고서		요구사항 정의서를 반영한 표준사양서 작성	요구사항 사양화	1
	RAMS시스템 연계	SW 설계서	TRL 6	알고리즘 구현	시스템간 표준프로토콜	4
3년차 (2020~2021)	Test-bed 구축 및 성능검증	도시철도 표준사양서	TRL 7	요구사항 정의서를 반영한 표준사양서 작성	도시철도 도입 근거 마련	2
		SW 신뢰성검증보고서		기능실별 센싱모듈 설치/역서버 구축/SFM 서버 구축	시스템의 신뢰성 및 안전성 검증	9
		센싱모듈 신뢰성분석보고서				
		Test-bed 성능검증 보고서	TRL 8			
	RAMS시스템 연계	SW 개발품 시연	TRL 8	SFM~RAMS 시스템간 데이터 처리 구현	SFM~RAMS 시스템간 안정적 데이터 처리	4

[표 2] 연구개발과제 연차별 목표

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

1) 1차년도 연구범위 및 수행방법

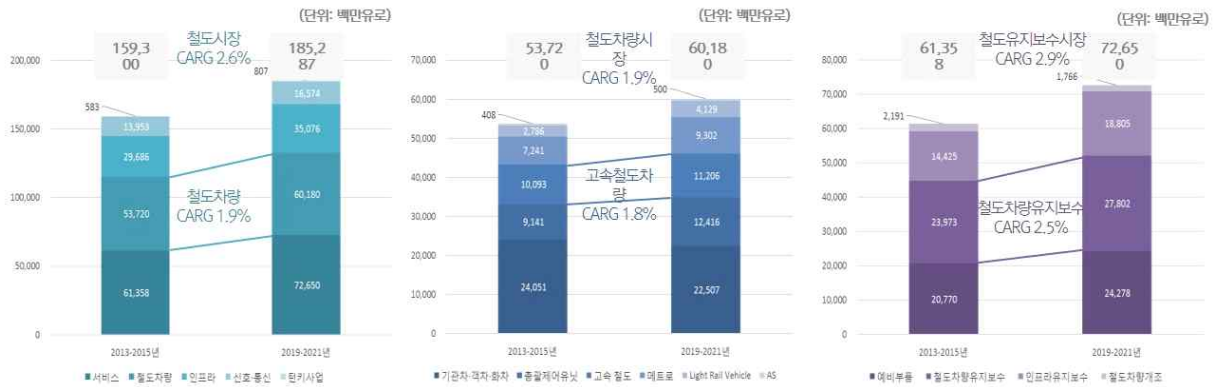
(1) 해외사례분석 및 BM수립

(가)『도시철도 전력신호통신 설비 상태 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템(SFM)』의 기술 분석

- 도시철도 현장 기능실 내 각 설비별 장치의 동작상태, 과부하, 저전압, 온도, 진동 등 정보를 비접촉 sensor기술로 측정하여 광무선 모듈로 전송
- 데이터 마이닝 기법을 활용한 융합 모니터링 시스템 개발(DATA 융합 프로토콜 개발 및 융합 DATA 마이닝 알고리즘 개발)
- 각 설비별 상태를 실시간 기록 및 이상 유무를 관련 시스템 및 유지보수자에게 전송

(나) 세계 철도차량 및 유지보수 시장 분석

- 고속철도 차량의 안전성 및 경제성 향상을 위해 모니터링 및 유지보수 시장이 확대 될 것으로 분석
- 주요 열차 제조사들의 안전기준 강화로 실시간 모니터링 기술 및 제품 수요 증가 전망



[분야별 세계 철도 시장 규모 및 예측] [세계 철도 차량 시장 규모 및 예측] [세계 철도 유지·보수 시장 규모 및 예측]

[그림 4] 분야별 세계 철도 시장 규모 예측

(다) SFM시스템과 해외 경쟁기관 기술 비교 분석

- 데이터 수집(센싱모듈) + 데이터 분석(실시간 모니터링) + 유지 보수 예측(머신 러닝) 중 해외의 기술은 머신 러닝을 강조하고 있으나 SFM시스템은 철도유지보수만을 위한 것이 아니므로 철도 유지 측면에서 경쟁력 전망

구분	해당기술	RITI (IoT플랫폼 Lumada) 일본	Capacity4Rail (첨단모니터링) 유럽연합	SNCF Reseau (OSIsoft PI 시스템) 프랑스
비교 항목 1	광통신 기반 철도 전자연동 장치	▪모듈식 접근 방식으로 모니터 가능한 장치의 유형 및 개체수와 관련된 확장성으로 솔루션 전체 가용성에 영향 없이 자산을 추가 및 제거 가능하므로 기존 센서 시스템과 결합	▪ 자이로 스코프, 지오폰, 가속도계, 스트레인 게이지, 자력계, 환경 센서(강수, 습도, 풍속), 광섬유 센서, 음향 센서, 전류 센서를 포함하여 무선 통신을 위한 처리 및 송수신을 위한 마이크로 컨트롤러와 완전히 통합된 시스템 사용	▪SCADA시스템: 표준 자동화된 프로토콜로 여러 제조업체의 다양한 로컬 제어 모듈에 대한 액세스(예: 대류센서 등)

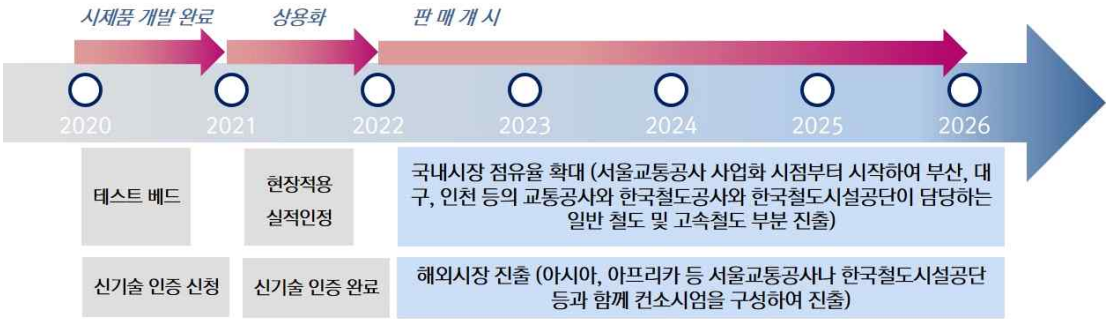
구분	해당기술	RITI (IoT플랫폼 Lumada) 일본	Capacity4Rail (첨단모니터링) 유럽연합	SNCF Reseau (OSIsoft PI 시스템) 프랑스
			▪RFID 시스템: 무선으로 전력이 공급되는 지속적인 모니터링 및 복잡한 데이터 수집 시스템 구현을 위한 액티브 대그 등을 이용하여 추가 시스템 없이 데이터 복구 및 전송 문제 해결	
비교 항목 2	융합 모니터링 시스템	▪Lumada edge: 센서 및 자산의 데이터를 분석 필러팅 및 보호하고 결과를 비즈니스 운영에 통합하여 포괄적인 실시간 자산 상태 보기 제공 ▪Lumada core: 자산을 연결하고 데이터를 수집하여 ID 및 액세스 관리를 제공하고 물리적 자산의 디지털 표현인 자산 아바타(Asset Avater) 구현	▪웹 기반 시멘틱 데이터 아키텍처 구현: 운영 상태 관리와 자산 상태 모니터링을 직접적으로 통합하여 유지 보수 및 시간표 계획의 구현을 용이하게 하여 철도 자동화 수준 향상	▪OSIsoft PI 시스템: 산업 통신 표준 또는 특정 자산에 대해 450개 이상의 인터페이스 라이브러리 제공 ▪1-100hz 수준의 산업용 센서 데이터를 수집과 동시에 저장 ▪제어시스템 명칭을 메타데이터 모델에 첨부 가능
비교 항목 3	융합데이터 마이닝 알고리즘 및 프로토콜	▪Lumada analytics: 머신러닝 및 데이터 마이닝 도구를 사용하여 디바이스 데이터의 패턴을 밝혀내어 고장을 피하고 신속한 데이터 기반 의사결정 지원 ▪Lumada studio: 분석한 정보, 경고 및 알림을 비즈니스 대시보드에 통합하여 빠른 인사이트 제공	▪CIN-LiU 프로그램: 철토 시스템의 기능을 고려한 전체 시스템적 접근법을 사용하여, IM, FOC, TOC 간 공유되는 웹 트레이닝 일정 데이터데이터 베이스가 포함되어 비상사태발생 시 운영일정표 개정 프로세스를 자동화	▪시계열 전용 머신 러닝: 산업 현장의 사건들을 순서대로 포착하여 예측의 정확도 향상 ▪Window 데이터 센터, Linux 클라우드 서버, 가상 시스템에 설치 가능

[표 3] 분야별 세계 철도 시장 규모 예측

(라) BM 전략 및 사업화 계획 수립

[그림 5] SFM 시스템 BM 전략

- 서울교통공사 현장 유지보수자 및 운영자를 대상으로 요구사항 수립 및 반영
- 고장 발생 시 대응 시간 단축, 점검주기 확대로 유지 관리 효율성 증대, 유지관리 인력 및 비용 절감 등 도시철도 운영기관의 요구사항 반영을 통해 제품 경쟁
- (주)금호전력 SFM시스템과 RAMS통합 시스템 연계를 통한 국내 시장 진출
- 국내 성과를 기반으로 해외 시장 진출



[그림 6] SFM 시스템 사업화 계획

(2) SFM시스템 요구사항 정의

(가) 목적

○ 역 기능실(변전소, 전기실, 신호기계실)별 측정 항목 도출 및 필요성 확인
○ 측정 항목별 모니터링 가능여부 및 검토의견 협의
○ 기술검토회의 및 현장조사를 통해 도출된 시스템 설계 요구사항 정리

(나) 요구사항 정의 활동

○ 18.05.16 : 착수회의
  - 내용 : SFM 시스템 개발 요구사항 정의 및 융합 Data 활용 방안 논의
○ 18.08.22 : 1차 기술검토 회의
  - 내용 : 시스템 기능실 설비별 모니터링 체크리스트 협의
○ 18.08.28 : 2차 기술검토 회의
  - 내용 : 모니터링 검사항목 검토
○ 18.10.16 : 현장조사
  - 내용 : SFM 검측대상 현장 조사 및 기술검토(모란차량기지 변전소, 전기실, 신호기계실)

(다) SFM 시스템 요구사항 정의

○ 무선 센싱모듈 모니터링 요구사항
  - 변전실 및 전기실 : 모니터링 대상 주요 설비 10개 품목, 정기검사 17개 항목[표 4]

종별	설비	점검항목	세부 측정 항목	부착센서
변전소	R반	R1,2,3	○ 케이블 종단접속개소	열화상
			○ MOF온도 / PT / CT	열화상/진동
			○ 차단기 차징 모터	전류/전압
			○ 배전반 내부	온,습도
		52-1,2,3	○ 차단기 차징 모터	전류/전압
		52D-1,2	○ 차단기 차징 모터	전류/전압

	변압기반	SRTR-1,2,3	○ 변압기 표면	열화상
			○ 철심	진동
		DTR-1,2	○ 변압기 표면	열화상
			○ 철심	진동
		STR-1,2	○ 변압기 표면	열화상
			○ 철심	진동
	DB반	52DB-1,2	○ 차단기 차징 모터	전류/전압
			○ PT	열화상/진동
	H반	52H-1,2,3	○ 차단기 차징 모터	전류/전압
			○ PT	열화상/진동
	소내설비	ATS	○ 마그네틱 동작전원	전류
			○ 2차 전압	전압
		RTU	○ 접지전류	전류
	실내	실내	○ 온.습도	온,습도
전기실	P반	89P1,2,3	○ 케이블 종단접속개소	열화상
			○ PT	열화상/진동
			○ 차단기 차징 모터	전류/전압
			○ 배전반 내부	온,습도
		52P1,2,3	○ 케이블 종단접속개소	열화상
			○ PT	열화상/진동
			○ 차단기 차징 모터	전류/전압
			○ 배전반 내부	온,습도
	변압기반	PTR1,2,3,4	○ 변압기 표면	열화상
			○ 철심	진동
	저압반	저압반(L-1,2)	○ ACB 2차 전압	전압
	ATS반	ATS	○ 마그네틱 동작전원	전류
			○ 2차 전압	전압

[표 4] 변전소, 전기실 센싱포인트 검토(안)

- 신호기계실 : 모니터링 대상 주요 설비 11개 품목, 정기검사 154개 항목[표 5]

종별	설비	점검항목	세부 측정 항목	부착센서
선로전환기 및 간류	선로전환기 및 간류	각종 전압, 전류측정	○ 제어전원 전압 ○ 표시전원 전압(N/R) ○ 전동기 동작전압 AC(V) ○ 전동기 운전전류 AC(A) (N/R) ○ 전동기 슬립전류 AC(A) (N/R)	전압/전류
		콘덴서 상태 (누액여부 등)	○ 전동기의 콘덴서 외함을 개방하여 취부상태 및 열화상태 점검	전압/전류
전원 장치	UPS	각종 전압측정	○ UPS 정류기 출력전압 DC(V) 상태 ○ UPS 출력전압, 전류, 주파수 ○ AVR 출력 전압/전류 ○ ATS 입/출력 전압	통합 수집
		단자/케이블/커넥터/NFB전류 상태	○ 무정전전원장치(ATS/UPS/인버터/배전반)전/후면내부 - 단자/케이블/커넥터/NFB류의 단자접속상태 및 열화상태 점검 - 각종 부속품(변압기/콘덴서/저항기등)의 취부상태 및 열화상태 점검	전류/전압/온도
	정류기	각종 전압, 전류 측정	○ 24V 출력 전압/전류 (A/V) ○ 28V 출력 전압/전류 (A/V) ○ MLK용 12±5V 출력 전류/전압(V/A) ○ 12V 출력 전압/전류 (A/V)	전압/전류
	축전지	각종 전압, 전류 측정	○ 축전지 총전압 DC(V) ○ CELL별 단자전압	전압/전류/온도
	접지설비	접지저항 측정	○ 공동접지(지상부)	접지저항
	소형 변압기	단자, 커넥터 접속/열화 상태	○ 단자 탭의 접속/열화상태 및 배선의 열화상태 점검	온도/열화상
		ABX변압기입/출력 전압/전류측정	○ 단자탭에서 입출력 전압/전류측정	전압/전류/온도
		WBX변압기 입/출력 전압/전류측정	○ 입출력 전압/전류 측정(테스터 AC설정)	
궤도회로 장치	PF궤도 회로장치	각종 커넥터/단자/케이블 이완여부	○ 한류 저항자 발열상태	온도
		각종 전압측정	○ 송신 및 수신 전압측정(전류 검토)	전압/전류

	AF궤도 회로장치	각종 전압측정	○ TX OUTPUT 전압(AC) ○ RX INPUT 전압(AC) ○ CAB 송신전압 FL/FH(AC) ○ CAB수신전압FL/FH(AC) ○ RX OUTPUT전압(DC/AC)	전압/전류
		각종 주파수 측정	○ 차상반송주파수(FL/FH)Hz[상용/예비] ○ 열차검지주파수[Hz][상용/예비]	주파수/ 임펄스
통신장치	컴퓨터 (LCTC, OCS, MTO)	컴퓨터장치 (H/W,S/W) 정밀점검	○ 내부기기의 취부상태 및 배선단자/커넥터의 접속 상태 점검・정비 - HDD, 냉각펜, CPU보드, 디지보드 등 ○ HDD 기능상태점검・정비	시스템 동작상태 (정상/경보/ 고장/이상 등)
통합센서	기능실 환경요인 sensing 검토			온습도, 진동

[표 5] 신호기계실 센싱포인트 검토(안)

○ 서울교통공사가 제공한 '전기, 신호 정기검사 항목' 자료를 바탕으로 모니터링 대상 설비에 대한 무선센싱모듈의 기술적 요구사항을 검토한 결과 아래 [표 6], [표 7]과 같이 기능실별 모니터링 대상 설비 및 항목, 소프트웨어 개발 요구사항을 정의함

- 산출물 : 1차년도(2018년) 성과점검기준표 증빙자료
  2-1.4) SFM 시스템 요구사항 기술검토서, 2-1.8) SFM 시스템 요구사항 정의서, 소프트웨어 기본설계서, 소프트웨어 상세설계서, 데이터베이스 설계서

구분	대상설비	모니터링 항목	
변전소	교류차단기반	・케이블 접속개소 온도 ・제어전원 전압, 전류 ・배전반 내부 온도,습도	・PT·CT 온도, 진동 ・MOF 온도, 진동
	직류차단기반	・제어전원 전압, 전류	・배전반 내부 온도,습도
	원격제어반	・접지누설전류	
	변압기반	・표면 온도, 진동	
	ATS반	・동작전원 전압, 전류	・AC 2차 전압
전기실	고압차단기반	・케이블 접속개소 온도 ・PT·CT 온도, 진동	・제어전원 전압, 전류 ・배전반 내부 온도,습도
	변압기반	・표면 온도, 진동	
	저압차단기반	・ACB 2차 전압	
	ATS반	・ATS 동작전원 전압, 전류	・AC 2차 전압
신호기계실	PF궤도회로	・한류 저항자 발열 상태	・송신 및 수신 전압, 전류
	AF궤도회로	・송신 및 수신 전압, 전류	
	정류기	・출력 전압, 전류	
	소형 변압기	・출력 전압, 전류	・단자 접속/열화 상태
	신호기	・동작 전압, 전류	

[표 6] SFM시스템 모니터링 대상 설비 및 항목

○ 소프트웨어 개발 요구사항

No	기능	상세기능	기능설명
1	INTERFACE 기능	▪ 광무선 모듈과 역 서버 ▪ 역 서버와 SFM 서버 ▪ SFM 서버와 RAMS 시스템 ▪ SFM 서버와 SMS MODEM	▪ N개의 광무선모듈로부터 설비상태 Sensing Data 수신 ▪ 수신한 설비상태 Sensing Data 송신 ▪ Sensing Data및 설비예측 결과 Data 송신 ▪ 실시간 발생 Alarm정보를 SMS형태로 송신
2	DATA 수집 기능	▪ 역 SERVER DATA 수집 ▪ SFM SERVER DATA 수집	▪ 설비상태 Sensing Data를 역Server DB에 저장 ▪ Sensing Data및 Fusion Data를 SFM Server DB에 저장

3	분석 및 예측 기능	▪ 빅데이터 플랫폼 ▪ 학습 데이터 마이닝 ▪ 알고리즘 선정 ▪ 예측 수행	▪ Sensing 데이터 기반으로 학습을 위한 빅데이터 플랫폼 구성 ▪ 설비의 고장, 노후, 수명 관련 Data 상관관계 및 Pattern 분석 ▪ 빅데이터 바탕, 머신러닝 학습으로 가장 우수한 학습모델 선정 ▪ 선정된 알고리즘 이용, 인공지능 예측수행 후 결과 저장
4	모니터링 기능	▪ 설비 상태 모니터링 ▪ 예측결과 모니터링 ▪ 실시간 알람 SMS 송신	▪ Sensing Data기반 설비상태 표시 및 기준관리 ▪ 실시간 인공지능 설비예측(고장,노후,수명) 결과 화면 표시 ▪ 실시간 설비상태 및 예측결과 발생 Alarm을 SMS로 송신처리
5	DATA 관리 기능	▪ DATA PURGE 기능 ▪ DATA BACKUP 기능	▪ 역Server 및 SFM Server Database의 데이터 저장기간 관리 ▪ Database내 필요 Data 백업 처리
6	SFM~RAMS 연계 기능	▪ 표준 프로토콜 정의 ▪ 센싱데이터 연계	▪ SFM~RAMS 간 표준 프로토콜 설계, RAMS 시스템 인터페이스 설계 ▪ 센싱데이터 기반 융합데이터 분석 기능

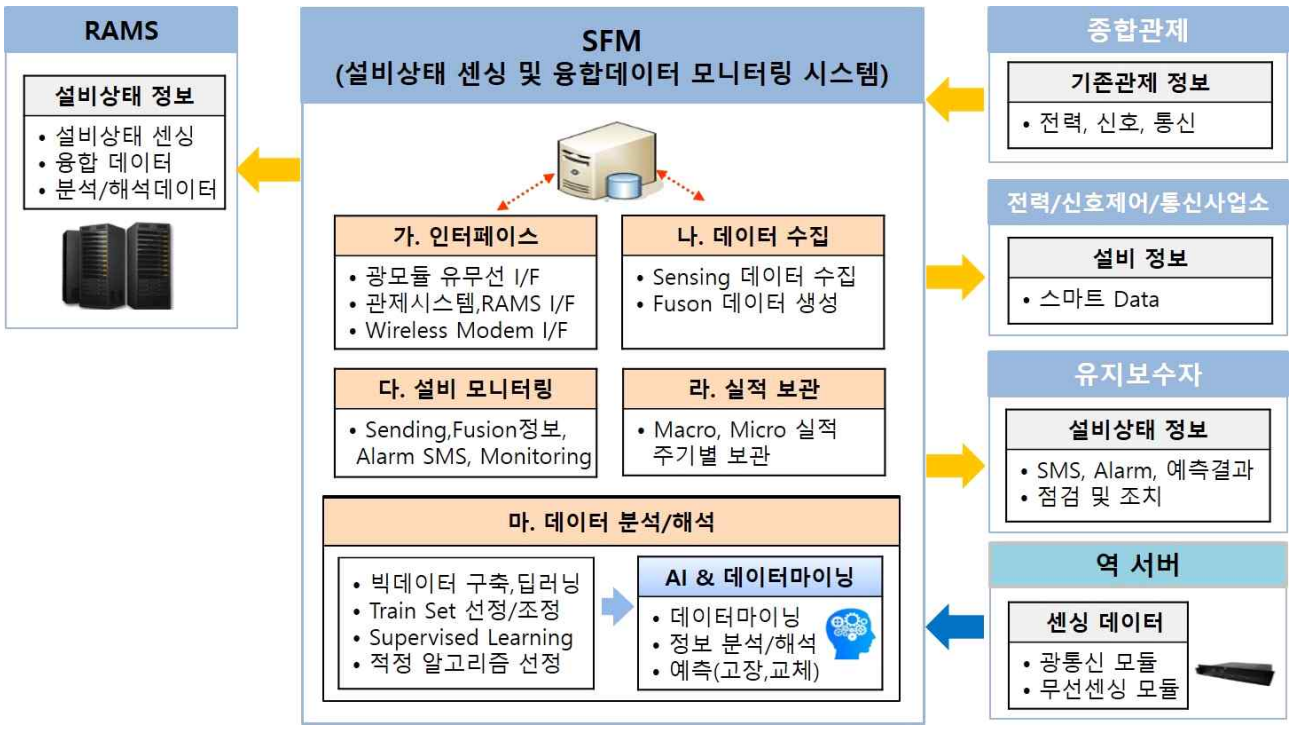
[표 7] SFM시스템 소프트웨어 개발 요구사항

(라) SFM 시스템 개발 목표

○ 도시철도 역 기능실 설비의 실시간 모니터링을 통한 이상 데이터 발생시 관련 시스템 및 유지보수자에게 전송하는 **"SFM 시스템 플랫폼" 개발**

○ 서울교통공사의 **기존 R&D 과제인 RAMS 시스템과 연계**

○ 설비의 노후관리, 수명관리를 통한 **도시철도 주요설비 통합안전시스템 구축**



[그림 7] SFM 시스템 플랫폼 SW 구성도

(3) 네트워크 및 모니터링 포인트 설계

(가) 목적

- 신호/전력/통신 설비의 상태를 실시간 감시하는 무선센싱 네트워크를 구축하여 광무선 모듈로 수집된 정보 데이터를 손실 없이 전송하고, 유・무선 네트워크를 통해 역 서버 및 SFM 서버에 상호 연결되도록 구성

(나) 범위

- 서울 도시철도 8호내 Test-bed를 구축하여 SFM 시스템을 설치, 시험, 검증하는 것이다. 이에 Test-bed를 구축하게 되는 역과 개소를 중심으로 네트워크 및 모니터링 포인트를 설계
- 네트워크 설계는 Level 1~3으로 구성하게 되는데 Level1은 무선 센싱모듈 ~ 광무선모듈간, Level2는 광무선 모듈 ~ 광무선 모듈 ~ 역서버간, Level3은 광무선 모듈 ~ SFM 서버간 네트워크 구조를 설계

(다) Level1(무선 센싱모듈~광무선 모듈)

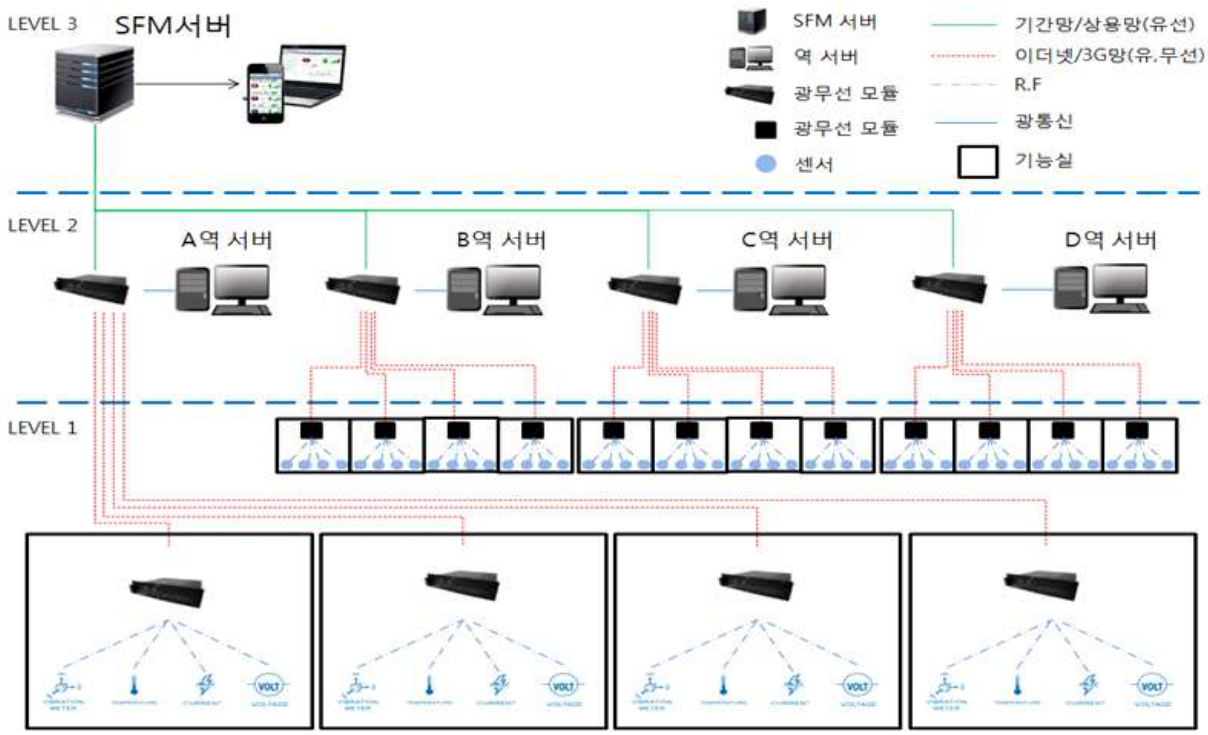
- 센싱모듈에서 광무선 모듈간 통신 방식 : 920MHz R.F 방식 또는 Wifi 방식
- FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)을 사용하여 높은 간섭 내성
- 광무선모듈 - 센서간 네트워크는 1:N 방식
- 1대의 광무선모듈은 최대 200개의 센서와 통신

(라) Level2(광무선 모듈 ~ 광무선 모듈 ~ 역서버)

- 무선LAN을 통해 이더넷/3G망을 통해 통신
- 모듈간 N:N 통신
- 광무선 모듈~역서버는 광케이블 / 기간망 통신

(마) Level3(광무선 모듈 ~ SFM서버)

- 기간망 통신



[그림 8] SFM 시스템 네트워크 구성도

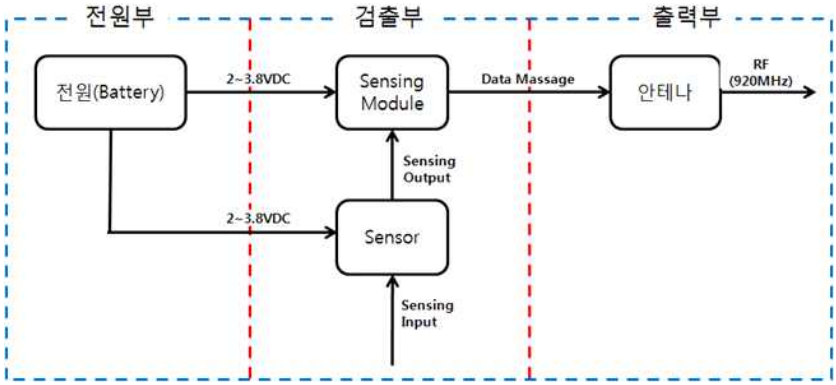
(4) Sensing 모듈 설계 및 제작

(가) 목적

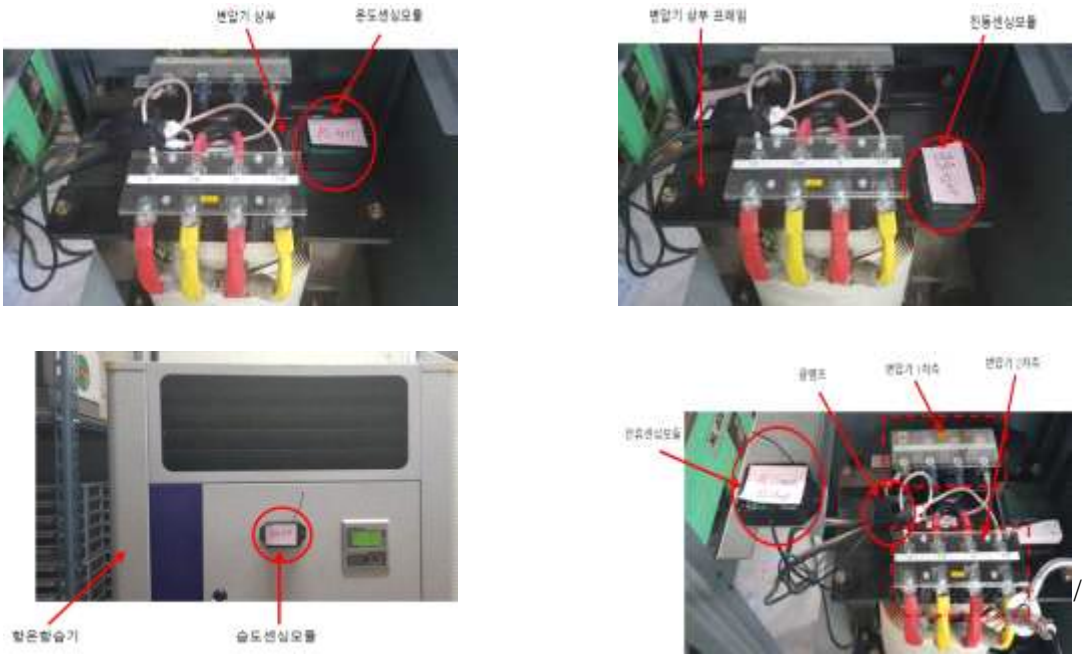
- 무선 네트워크를 기반으로 비접촉 센싱모듈을 변전, 전기, 신호기계실 등 기능실(이하 “기능실”) 내 각각의 설비에 설치하여 자율적인 네트워크를 형성하고 센싱모듈로부터 획득한 정보들을 무선으로 수집하여 설비별 상태를 실시간으로 감시, 유지보수, 운용 등의 용도로 활용하기 위한 센싱 모듈을 개발하기 위함이다

(나) 무선 센싱모듈

- 전원부 : 2~3.8VDC 공급, AA형 또는 리튬형 베터리 사용, 서울교통공사 점검 주기(3년) 반영하여 3년 이상 지속가능
- 검출부 : Sensor와 Sensing 모듈로 구성, 920MHz 대역 주파수 사용
- 출력부 : SMA 안테나 사용하여 RF방식으로 광무선 모듈 데이터 전송



[그림 9] 무선센싱모듈 구성도



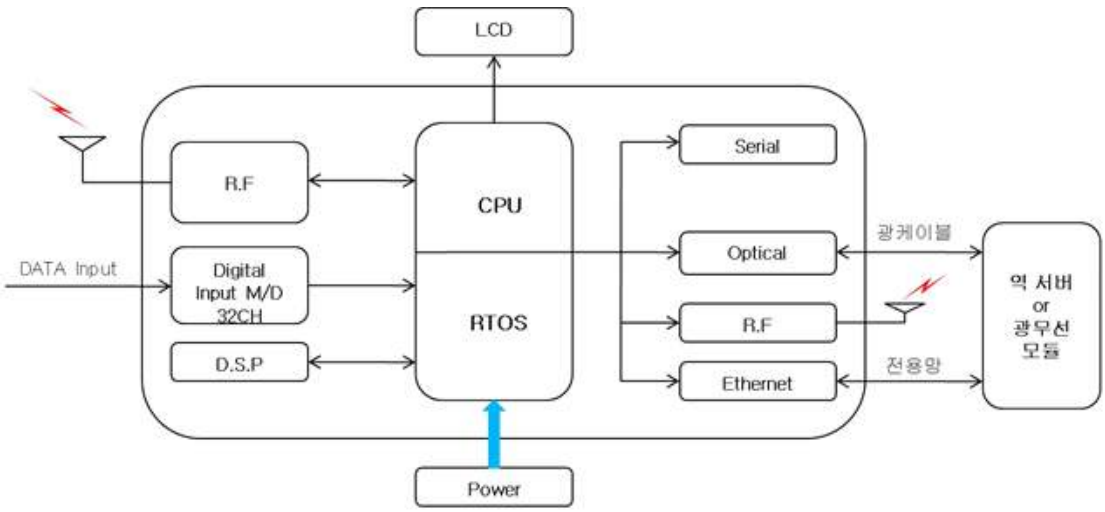
[그림 10] 1차년도 무선센싱모듈 플랫폼 구성도 및 시제품

(다) 시제품 성능테스트 방법론

단계	프로세스	상세 내용
1	Test-bed 구축	1) 도시철도 기능실과 부합하는 테스트 환경을 자체 연구실에 구축하여 테스트 버전의 성능 측정 2) 도시철도현장 기능실에 Test-bed를 구축하여 시제품에 대한 성능측정
2	무선 센싱모듈 설치	<분야별 설치 장소 : 자체 Test-bed> 1) 전류 센싱모듈 : 변압기 2차측 단자 2) 온도 센싱모듈 : 변압기 상부 3) 진동 센싱모듈 : 변압기 상부 4) 습도 센싱모듈 : 항온항습실
3	실시간 센싱 데이터 판독	분야별 모니터링 주기를 설정하여 실시간 감지 또는 측정한 데이터를 지속적으로 모니터링
4	실시간 데이터 전송율 분석	전송 주기 설정 후, 매 주기마다 센서가 측정한 데이터를 손실 없이 전송하는지 분석 ➢ 목표치 : 데이터 손실율 3% 이내 ➢ 측정주기 : 10분 ➢ 측정기간 : 2 ~ 3개월
5	배터리 수명 시험	센싱 데이터 측정주기를 최소 단위로 설정하여 배터리 소모량 추정 분석 ➢ 목표치 : 배터리 수명 3년 이상

[표 8] 1차년도 시제품 성능테스트 방법론

(라) 광무선 모듈



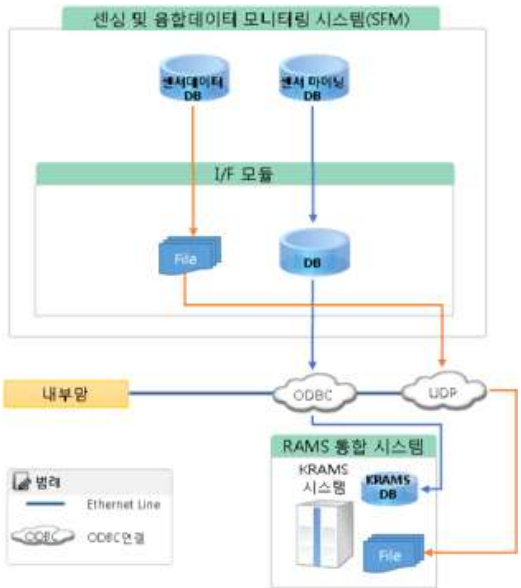
[그림 11] 광무선 모듈 구성도

- 각 모니터링 포인트의 무선 센싱모듈에서 데이터 수집
- 광케이블, 이더넷 통신을 이용하여 유무선 네트워크 구성
- 수집된 데이터를 다양한 통신 매체에 따른 변환기능

[그림 12] 광무선 모듈 시제품

(5) SFM~RAMS 시스템간 인터페이스 설계서

(가) 표준 프로토콜 정의



[그림 13] 인터페이스 구성도

- SFM 시스템에서 각종 센서에 대한 물리량 데이터 및 센서 데이터를 RAMS 통합 시스템에 데이터를 전송해 주는 역할
- SFM 시스템의 데이터를 지정한 시간에 맞춰 연계한 후, 데이터 변환 장치의 매핑을 통하여 KRAMS 시스템에 변환된 데이터를 적재하는 구성 방식
- SFM과 KRAMS간 통신방식은 UDP 이용
- 센서 데이터는 SFM에서 파일형태로 저장 관리
- 센서 마이닝 데이터는 데이터베이스에서 저장 관리

(나) 센서 데이터 프로토콜 정의

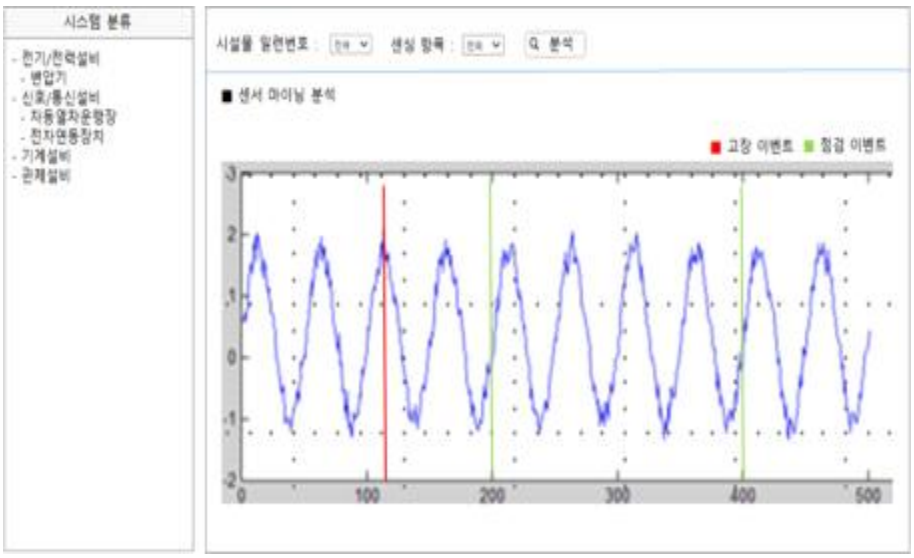
통신이 시작되면 먼저 SFM_GW_START 명령을 통해 KRAMS가 접근을 시도하고 접근에 성공하면 MS_START 명령 전달을 통해 시작을 알린다. 그러면 주기적으로 FACILITY_INFO, SENSOR_INFO 메시지를 수신받게 된다. 알람이나 설정 이벤트가 발생하면 시스템 간 전달을 위해 KRAMS로 ALERT_MESSAGE를 전송한다. 이벤트의 흐름은 아래 그림과 같다.

구분	MsgType	설명
SFM_GW_START	00	통신 시작을 요청하는 메시지
MS_START	01	통신 시작을 승인하는 메시지
FACILITY_INFO	02	센서의 물리적인 상세정보 메시지
SENSOR_INFO	03	센서의 실시간 수집 데이터 정보 메시지
ALERT_MESSAGE	04	이상 상태 발생 시 전달하는 경고 메시지

[표 9] 통신 프로토콜 목록

(다) 화면 설계

- 센서 데이터 분석 : 최근 수집일자를 기준으로 수집된 센서 데이터에 대한 센싱 항목별 분석
- 센서 마이닝 분석 : 최근 수집일자를 기준으로 수집된 센서 마이닝에 대한 센싱 항목별 분석.
  SFM에서 마이닝한 데이터 기반으로 RAMS 통합 시스템에서 수집한 고장 및 점검 이벤트에 대한 상관 분석



[그림 14] 센싱 마이닝 분석 화면

2) 2차년도 연구범위 및 수행방법

(1) 센싱모듈 제작 및 SW개발

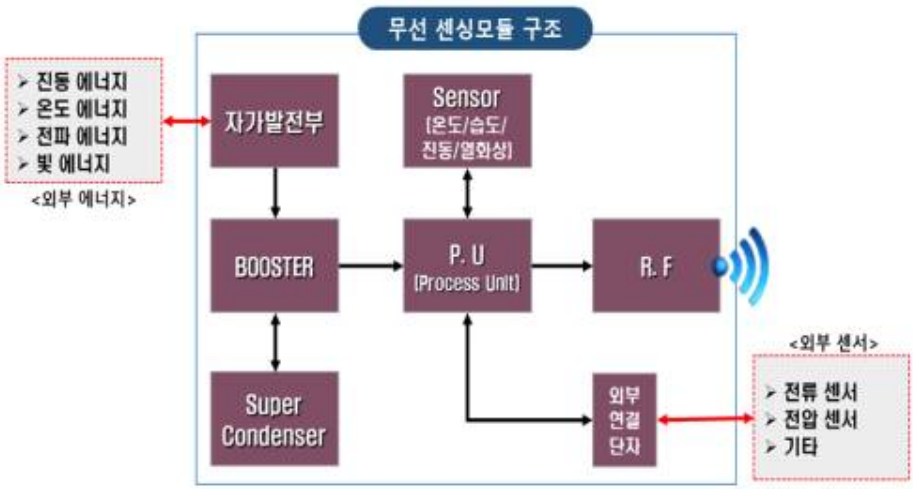
(가) 1차년도 대비 무선 센싱모듈 성능 및 기능 개선

- 1차년도에는 Sensor와 Sensing Module에 2~3.8VDC 전원을 공급하고 배터리 AA형 또는 리튬형을 사용한 '배터리형 무선 센싱모듈'을 연구개발
- 2차년도에는 유지보수 측면의 효율성, 베터리 방전으로 인한 센서 미작동 방지 등 수요처의 요구사항을 반영하여 스스로 에너지를 공급하여 동작할 수 있는 '자가발전 무선 센싱모듈'을 개발

1차년도	2차년도
- 센서 동작원 : battery - 무선 센싱모듈 별도 설치 - Data 무선전송 : 기능실 ~ 광무선모듈 Data 유선전송 : 광무선모듈 ~ 역서버	- 센서 동작원 : 자가발전(빛,전파,진동,온도) 및 battery 사용 ➔ 반영구적 - Data 무선전송 : 기능실 ~ 역서버 간 cable 공사 및 유지보수 편의성 제고

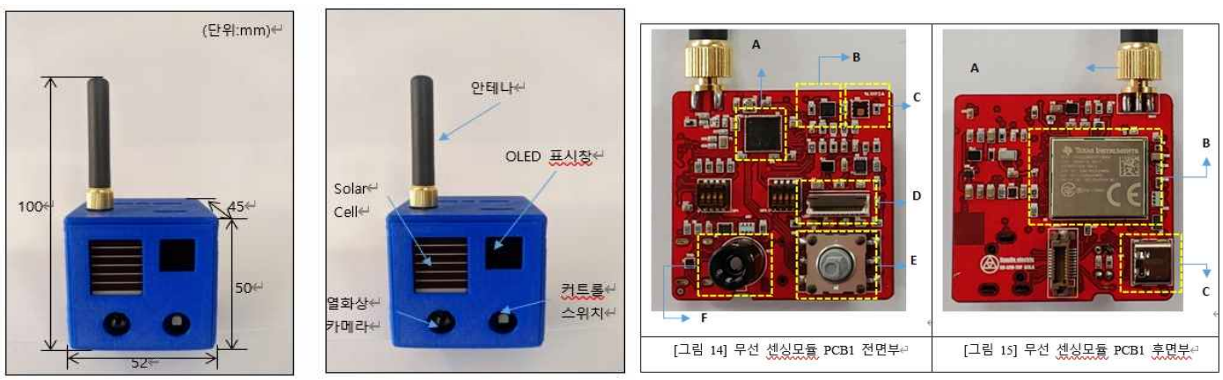
[표 10] 1차년도 대비 2차년도 무선센싱모듈 개선점

(나) 무선 센싱모듈 구성도



[그림 15] 2차년도 무선 센싱모듈 구성도

- 무선 센싱모듈은 원천 데이터를 측정하는 Sensor, 외부에너지를 이용하여 센싱모듈 동작에 필요한 에너지를 발생시키는 자가발전부와 모듈 구동에 필요한 에너지를 공급하는 Booster, Sensor 구동에 필요한 에너지를 저장하는 Super Condenser, [Sensor]에서 측정한 아날로그 물리량을 받아 디지털 신호로 변환 시켜주는 P.U, 서버로 데이터를 무선으로 전송시켜주는 R.F, 센서를 추가로 연결할 수 있는 외부 연결단자로 구성



[그림 16] 무선 센싱모듈 시제품

(다) 무선 센싱모듈 SW개발

- 소프트웨어 개발 플랫폼 : TI 15.4 Stack
- TI 15.4 스택은 초저전력, 장거리, 신뢰성, 안전성이 확보된 무선 스타 토폴로지 기반 네트워킹 솔루션이 필요한 애플리케이션을 개발하기 위한 소프트웨어 플랫폼 사용
- SimpleLink CC13x0 초저전력 무선 마이크로 컨트롤러 장치 (MCU)를 기반
- 1GHz 미만의 RF 트랜시버와 128KB의 시스템 내 프로그램 가능 메모리, 20KB의 SRAM 및 모든 주변 장치와 1GHz 이하의 RF 송수신기 결합
- RBD(Reliability Block Diagram) 기술 : 센싱모듈에서 수집한 센싱데이터를 역서버까지 RF 통신으로 데이터를 송·수신하여 데이터의 신뢰성 확보, 역서버에서 수집한 센싱데이터를 SFM서버까지 기간망(TCP/IP, UDP)으로 데이터를 송·수신하여 데이터의 신뢰성 확보

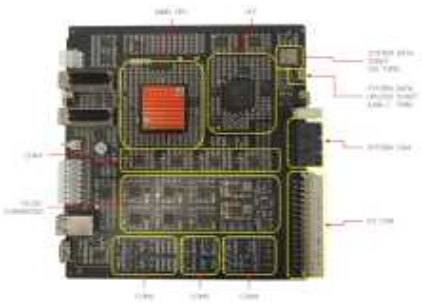
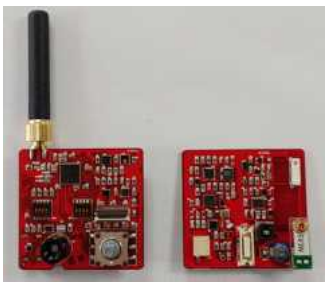
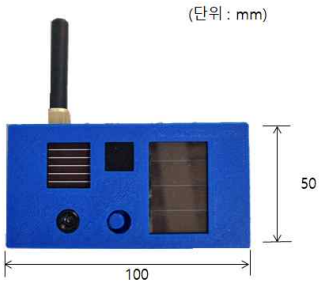
(라) 계측기를 이용한 Data 측정 및 분석

- Network Analyzer : 센서 신호의 주파수, 레벨, 대역폭 등 측정 및 주파수 간섭 분석
- Spectrum Analyzer : 센서 네트워크 구성 확인 및 분석
- Protocol Analyzer : 센서 간 데이터 전송 확인 및 디버깅

(2) 광무선모듈 설계 및 제작

(가) 1차년도 대비 광무선 모듈 성능 및 기능 개선

- 1차년도 테스트 버전 개발품인 광무선모듈은 사이즈가 크고 유선으로 전원을 공급하여야 하는 문제점이 기술검토 과정에서 제기되었다. 이에 설치 및 사용자의 유지보수 등 현장 적용성을 검토하던 중 스스로 에너지를 공급하여 동작할 수 있는 '자가발전형 무선 센싱모듈 플랫폼'에 광무선모듈을 통합하여 설계, 구현.
- 무선 센싱모듈 플랫폼에 통합된 광무선모듈은 설치, 유지보수 등 현장 적용성을 반영하여 기능은 기존 설계와 같이 그대로 유지.

구분	1차년도	2차년도
PCB 재설계		
사이즈 축소		

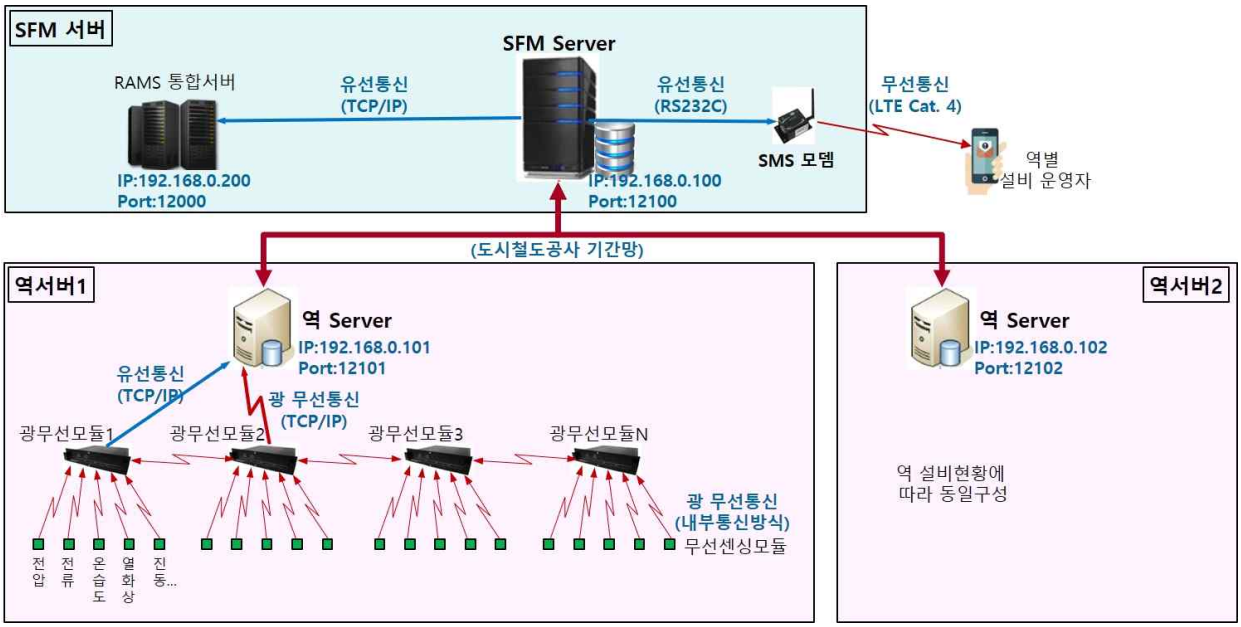
(나) 에너지 하베스팅 기술의 발전성

- 2차년도에는 베터리 방전으로 인한 센서 미작동 방지, 유지보수 측면의 효율성 등 수요처의 요구사항이 있었고 이를 반영하여 외부에너지(빛, 진동, 온도, 전파)를 이용, 스스로 에너지를 공급하여 동작할 수 있는 '에너지 하베스팅' 기술을 적용하게 됨. 이에 '자가발전형 무선 센싱모듈'에 광무선모듈을 통합하여 설계, 구현함.

(3) 모니터링 시스템 SW개발

(가) SW 기본 설계서 작성

- NETWORK 구성도 설계



[그림 17] SFM 시스템 네트워크 설계도

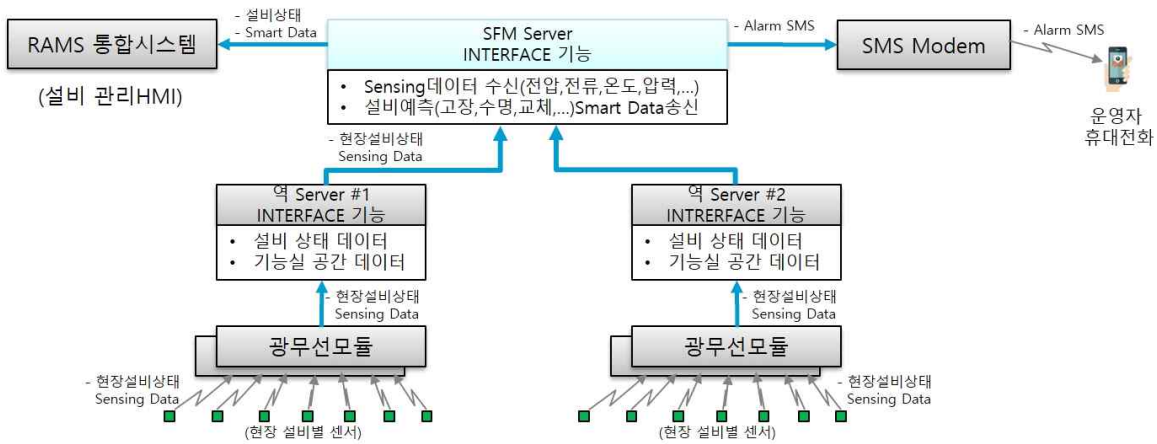
- INTERFACE 기능 설계

N개의 광무선모듈로부터 설비상태 Sensing Data 수신

수신한 설비상태 Sensing Data를 송신

Sensing Data및 설비예측 결과 Data를 송신

실시간 발생 Alarm정보를 SMS형태로 송신

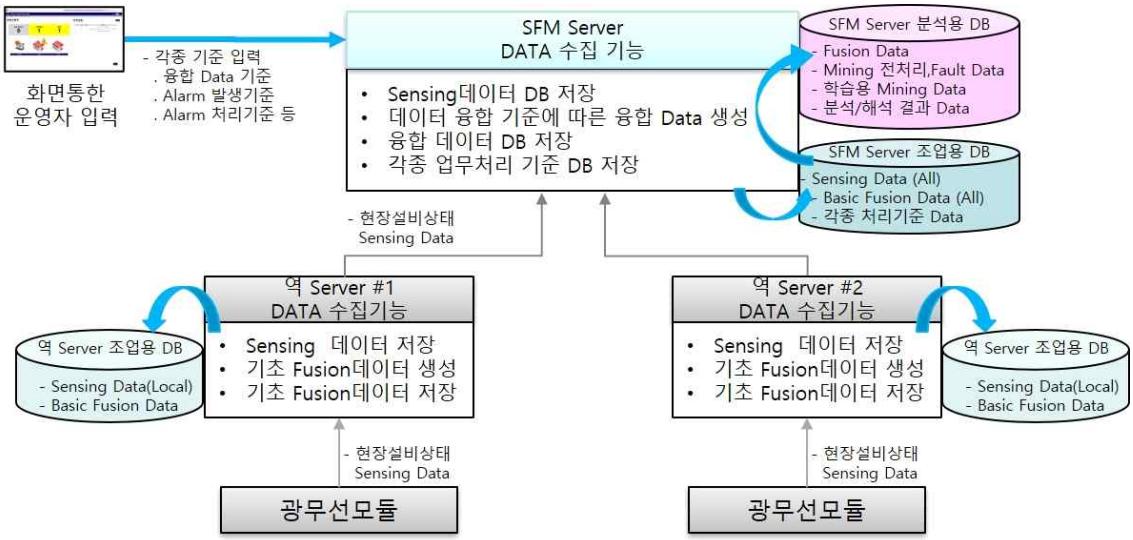


[그림 18] SFM 시스템 인터페이스 설계도

- DATA 수집 기능 설계

설비상태 Sensing Data를 역Server DB에 저장

Sensing Data및 Fusion Data를 SFM Server DB에 저장



[그림 19] SFM 시스템 데이터 수집 기능 설계도

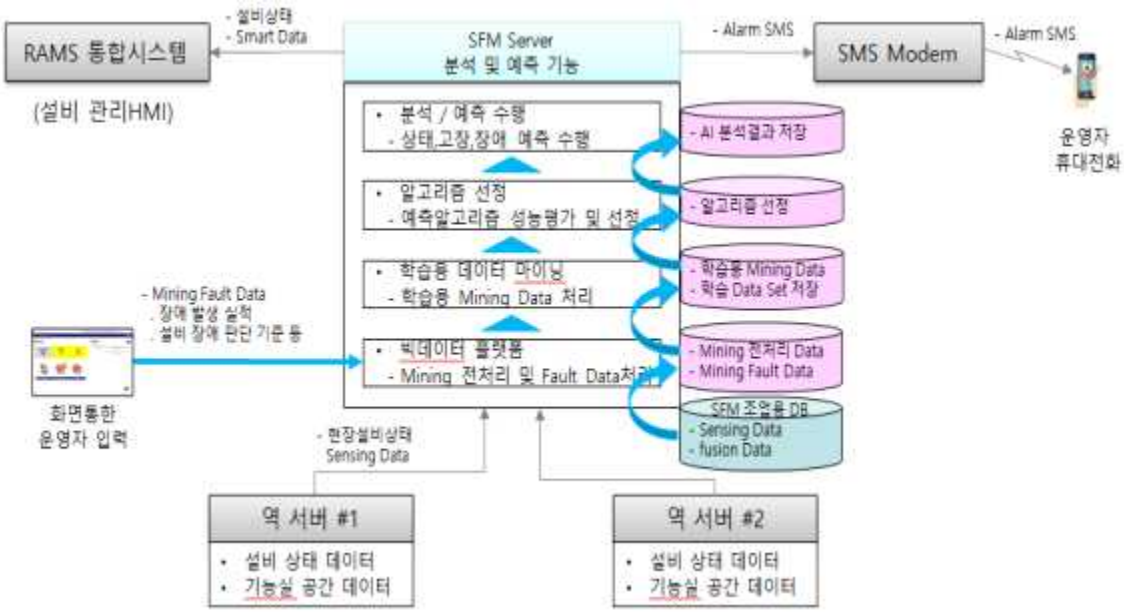
- 분석 및 예측 기능 설계

Sensing 데이터 기반으로 학습을 위한 빅데이터 플랫폼 구성

설비의 고장,노후,수명 관련 Data 상관관계 및 Pattern 분석

빅데이터 바탕, 머신러닝 학습으로 가장 우수한 학습모델 선정

선정된 알고리즘 이용, 인공지능 예측수행 후 결과저장



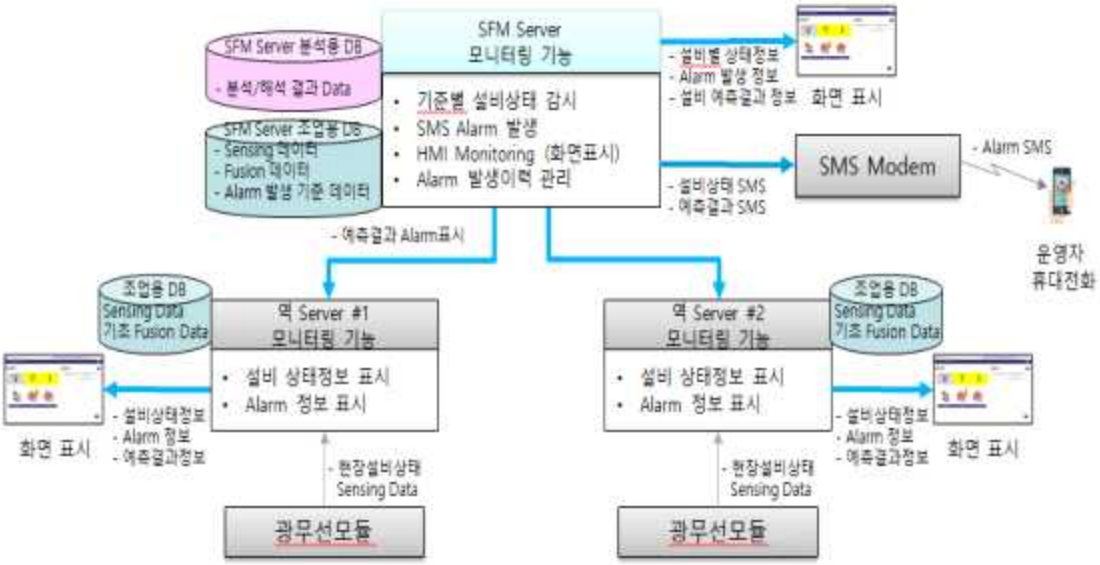
[그림 20] SFM 시스템 분석 및 예측 기능 설계도

- 모니터링 기능 설계

Sensing Data기반 설비상태 표시 및 기준관리

실시간 인공지능 설비예측(고장,노후,수명) 결과 화면 표시

실시간 설비상태 및 예측결과 발생 Alarm을 SMS로 송신처리

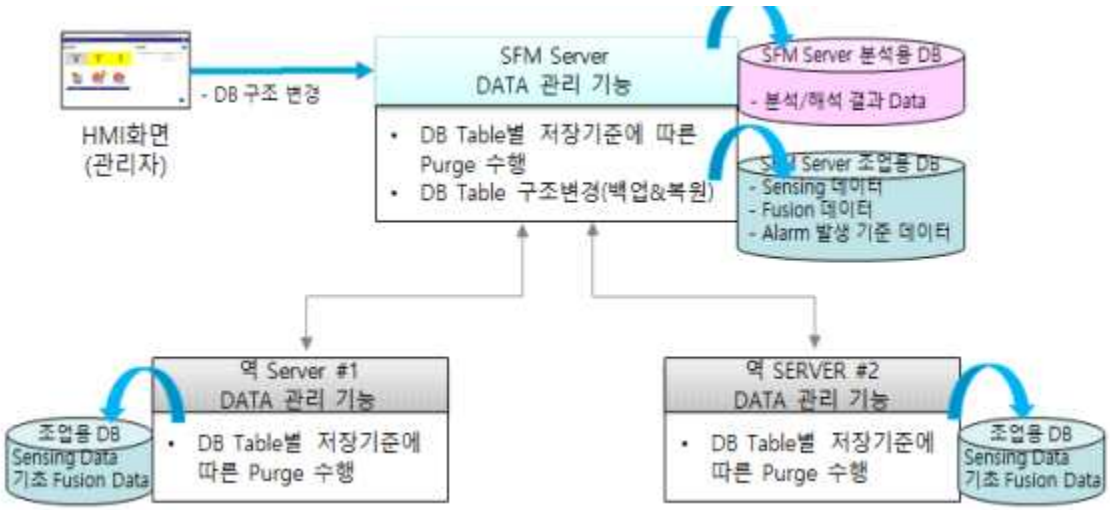


[그림 21] SFM 시스템 모니터링 기능 설계도

- DATA 관리 기능 설계

역Server 및 SFM Server Database의 데이터 저장기간 관리

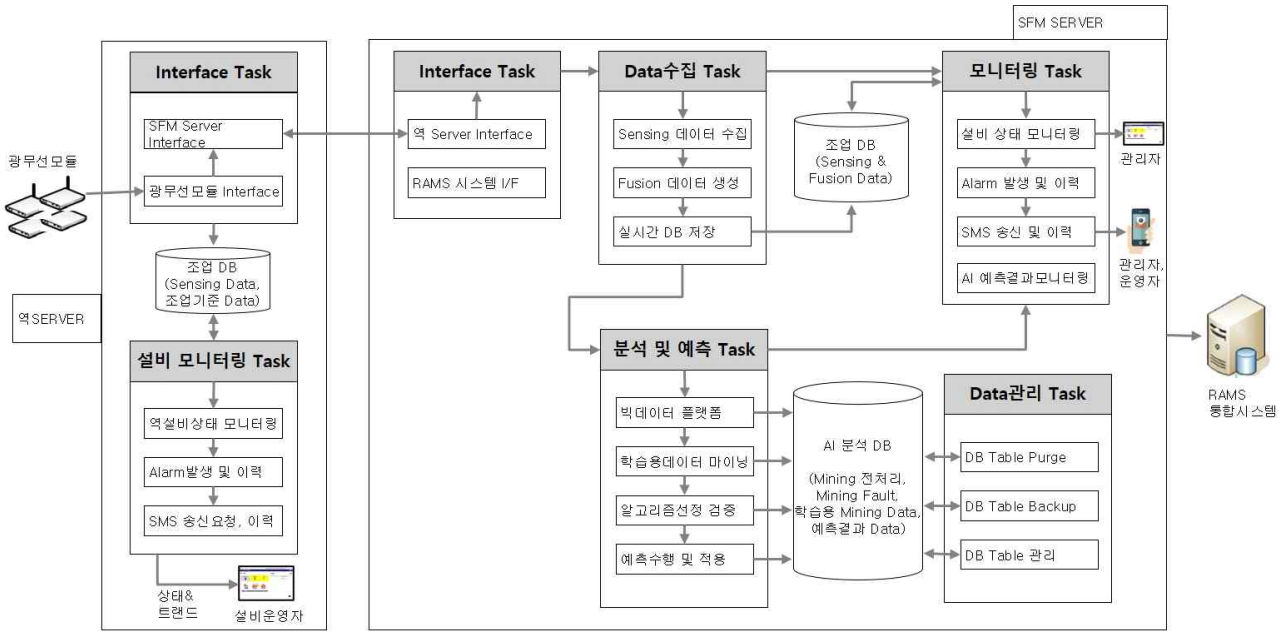
Database내 필요 Data 백업 처리



[그림 22] SFM 시스템 데이터 관리 기능 설계도

(나) SW 상세 설계서 작성

- PROCESS 설계



[그림 23] SFM 시스템 SW PROCESS 설계도

- TASK 설계

SFM Server에서 모든 역 Server와 TCP/IP통신방식으로 1:N 통신하며 역 Server로부터 수신된 현장 설비의 Sensing Data를 공유메모리에 Update하고 이를 이용한 Fusion Data를 계산, 생성하여 공유메모리에 Update처리 한다.

RAMS System과의 통신 Task와 모니터링 Task로 Data와 함께 수신 Event를 송신처리 한다.

시스템	TASK 구분	TASK ID	TASK 기능
SFM SERVER	역SERVER I/F Task	SFM_IF_STATN	역Server로부터 Sensing Data 수신 등 통신
	RAMS 시스템 I/F Task	SFM_IF_RAMS	RAMS 시스템과 Sensing Data 및 예측결과 통신
	SMS Modem I/F Task	SFM_IF_SMS	SMS 모뎀과 경보 및 알람 문자 Data 통신
	Data 수집 Task	SFM_GTDATA	Sensing Data및 Fusion Data등을 DB에 저장
	모니터링 Task	SFM_MONTR	Sensing / Fusion Data의 기준에 따른 알람발생
	빅데이터 구축 Task	SFM_AI_BIGDT	인공지능 학습용 빅데이터 플랫폼 구축
	데이터 마이닝 Task	SFM_AI_MING	인공지능 학습용 데이터 마이닝 처리
	인공지능 학습 Task	SFM_AI_LERN	인공지능 머신러닝 학습 및 알고리즘 선정
	인공지능 분석 및 예측 Task	SFM_AI_PRDT	선정된 알고리즘을 이용한 설비장애 예측
	데이터베이스 관리 Task	SFM_DB_CTRL	Database의 정주기 Purge및 Backup 기능
역 SERVER	SFM SERVER I/F Task	SFML_IF_SFM	SFM Server로 Sensing Data 송신 등 통신
	광무선모듈 I/F Task	SFML_IF_MDL	광무선모듈로 부터 Sensing Data 수신 등 통신
	Data 수집 Task	SFML_GTDATA	Sensing Data및 Fusion Data등을 DB에 저장
	역 설비 모니터링 Task	SFML_MONITR	Sensing / Fusion Data의 기준에 따른 알람발생
	데이터베이스 관리Task	SFML_DB_CTRL	Database의 정주기 Purge및 Backup 기능

[표 11] SFM서버&역서버 TASK 설계

- MODULE 설계

Task ID	Module명	Module 설명
SFM_IF_STATN	TaskInitialize	Task실행 초기화 처리 - Message Queue 생성 - DB 및 공유메모리 연결 - TCP/IP 통신환경 설정
	StartSocketInterface	TCP/IP 통신 Port Open 및 연결대기
	RecvSockProcessor	TCP/IP 통신 수신데이터 수신처리 - Sensing Data 수신처리
	SendEventToRAMS	수신 Sensing Data를 RAMS System 통신 Task로 Event 송신
	SendEventToMONTR	수신 Sensing Data를 모니터링 Task로 Event 송신
	UpdateStatOnMemory	수신 Sensing Data를 이용 - 공유메모리의 설비상태 정보 Update
	CalculateFusionData	수신 Sensing Data 이용 Fusion Data 생성 - 공유메모리 Update
	EndSocketInterface	TCP/IP 통신 종료처리 (Socket Close, Port Close)
	TaskTerminate	Task 종료 처리 (DB연결해제, 공유메모리내 역Server 연결상태 종료처리,Task 종료처리)

[표 12] SFM서버 Module 설계

- 시스템간 및 TASK간 INTERFACE 상세설계

SFM시스템을 구성하는 각각의 시스템간 인터페이스는 기본적으로 TCP/IP Socket 통신으로 구축하며 시스템별 통신제약에 따라 RS-232C 직렬통신을 사용할 수도 있다.

(4) 시스템간 (SFM~RAMS) 표준 프로토콜 개발

(가) 요구사항 정의

- SFM 모니터링 시스템 개발의 연구개발계획서 중 센서 물리량 데이터 및 데이터 마이닝 결과를 활용한 RAMS 통합시스템 통합분석 개발에 대한 정의

구분	요구사항
센서 물리량 데이터 및 데이터 마이닝 결과에 대해 RAMS 시스템 분류 및 LBS 기준 데이터 표출 방안 연구를 통해 사용자 인터페이스 설계 및 개발	· 전압, 전류, 온도, 진동, 습도 등 센서 데이터 표출 방안 설계 및 UI 개발 · 데이터 마이닝 결과 표출 방안 설계 및 화면 UI 개발
센서 데이터 기반 RAMS 통합 통합분석 및 예측(노후관리, 수명관리) 알고리즘 설계 및 개발	· 센서 데이터 기반 설비별 RAMS 분석을 위한 기초자료(운용량, 고장/장애) 추출방안 설계 및 개발 · 센서 데이터 기반 고장/정비이력의 상관관계 분석 및 예측(노후관리, 수명관리) 방안 설계 개발

[표 13] SFM시스템<->RAMS시스템 요구사항 정의

(나) 소프트웨어 상세 설계

센서데이터 기반 융합분석 시스템은 요구사항을 유연하게 대처할 수 있도록, 확장성과 향후 유지보수를 고려한 다양한 기능요건을 충족하기 위하여 아래와 같은 시스템적 기본요건을 정의하고, 이를 충족하기 위한 다각도의 고려사항을 전제로 최적의 시스템을 구현하도록 한다.

○ 화면설계

시스템	LEVEL1	비고
SFM	• 시설물매핑	
	• 수집데이터	
	• 모니터링	
	• 상관분석	
	• 수명분석	

[표 14] 메뉴구성

구분	화면 ID	화면명	화면설명
시설물매핑	UI-FC-001	시설물 매핑 목록조회	센서가 설치된 시설물과 RAMS 통합시스템의 시설물간 매핑된 목록을 조회하는 화면
	UI-FC-002	매핑등록	센서가 설치된 시설물과 RAMS 통합시스템의 시설물간 매핑을 등록하는 화면
	UI-FC-003	일괄매핑	센서가 설치된 시설물과 RAMS 통합시스템의 시설물간 매핑을 엑셀파일을 이용하여 일괄로 등록하는 화면
	UI-FC-004	처리기준	매핑된 시설물에 대한 센서별 정상/주의/경계/위험 구간 기준을 정의하는 화면
	UI-FC-005	일괄처리기준	매핑된 시설물에 대한 센서별 정상/주의/경계/위험 구간 기준을 엑셀파일을 이용하여 일괄로 등록하는 화면
수집데이터	UI-RD-001	수집데이터 목록 조회	센서의 물리량 데이터와 데이터분석결과를 수집하고 RAMS 통합시스템의 고장 및 정비 데이터를 융합하여 일일 및 시간 단위로 데이터를 생성하여 관리하는 화면
모니터링	UI-MN-001	모니터링 분석	선정된 시설물의 센싱항목별로 정의된 이상판단기준으로 센서의 물리량의 변화를 구간별로 분석하는 화면
상관분석	UI-AN-001	상관분석	선정된 시설물의 고장/정비와 이상판단 횟수, 고장/정비와 센서 물리량의 변화량에 대한 분석을 하는 화면
수명분석	UI-AN-002	수명분석	선정된 대상 시설물에 설치된 센서 종류를 선택하여 센싱항목별로 회귀분석함. 대상 시설물의 고장이력 기반 신뢰도 분포분석을 하여 시설물의 수명을 분석하는 화면

[표 15] 사용자 인터페이스 목록

○ 콤포넌트 설계

설계단계에서 센서데이터 기반 융합분석 시스템은 RAMS 통합분석 시스템을 기반으로 설계 되었다. 센서데이터 기반 융합분석 시스템은 SpringFramework 컴포넌트를 통해 boundary(jsp) 와 control간의 인

터페이스를 담당하고, MyBatis 컴포넌트를 통해 데이터를 처리하고, System 컴포넌트를 통해 전체 시스템의 관리기능을 수행하고, CommonBiz 컴포넌트를 통해 시스템 공통 기능을 수행하고, Main 컴포넌트를 통해 로그인 기능을 수행하고, Faciltiy 컴포넌트를 통해 시설물 매핑 기능을 수행하고, Data 컴포넌트를 통해 수집데이터 관리를 수행하고, Monitor 컴포넌트를 통해 시설물의 모니터링 분석 기능을 수행하고, Analysis 컴포넌트를 통해 상관분석 및 수명분석 기능을 수행한다.

컴포넌트 ID	컴포넌트 명	컴포넌트 설명
CM-001	SpringFramework	boundary(jsp) 와 control간의 인터페이스를 위한 객체로 구성된 외부 컴포넌트
CM-002	MyBatis	데이터 처리를 위한 DB Connection, Statement, Query, DB Close 등을 처리하는 객체로 구성된 외부 컴포넌트
CM-003	System	시스템의 기능을 관리하는 컴포넌트
CM-004	CommonBiz	시스템 공통 기능을 처리하는 컴포넌트
CM-005	Main	시스템의 로그인 기능을 처리하는 컴포넌트
CM-006	Facility	시설물 매핑 기능을 처리하는 컴포넌트
CM-007	Data	수집데이터 관리 기능을 처리하는 컴포넌트
CM-008	Monitor	시설물의 모니터링 분석 기능을 처리하는 컴포넌트

[표 16] 컴포넌트 목록

○ 데이터베이스 설계

데이터베이스 설계서는 데이터베이스를 정의하고 물리적 데이터 모델, 테이블 및 컬럼, 인덱스 등을 서술한다.

테이블 ID	TB_SFM_SYSTEM_MAPPING	테이블명	시설물 매핑관리		
설명	시설물 매핑관리 정보를 관리	테이블 스페이스명	SFM		
컬럼ID	컬럼명	타입 및 길이	PK	NN	비고
FACILITY_MAP_ID	시설물 매핑관리 ID	VARCHAR2(10)		N/A	
FACILITY_DATA_ID	시설정보 자료ID	VARCHAR2(100)	PK	N/A	
FACI_CD	시설번호	VARCHAR2(100)	PK	N/A	
LOC_MNG_CD	위치관리번호	VARCHAR2(30)	PK	N/A	
SFM_SYS_CD	SFM시설물코드	VARCHAR2(30)			
SFM_FACI_CD	SFM시설물식별번호	VARCHAR2(100)	PK	N/A	
CREATE_DT	생성일	DATE			SYSDATE
Index ID		Index 컬럼			
PK_TB_SFM_SYSTEM_MAPPING		FACILITY_DATA_ID, FACI_CD, SFM_FACI_CD			
IDX_TB_SFM_SYSTEM_MAPPING_ID		FACILITY_MAP_ID			

[표 17] 데이터베이스 테이블 명세서

(5) 도시철도 표준사양서 작성

(가) 도시철도 표준사양서 작성 활동

- 1차년도 기술회의, 현장조사를 바탕으로 도시철도 변전, 전기, 신호 분야의 연구원과 현장 유지보수 담당자의 요구사항, 도시철도 기능실 현황 등을 반영한 요구사항 정의서 작성
- 주관연구기관의 무선센싱모듈 사양서 및 SW설계서 참고
- 한국철도학회 춘계학술대회, 한국SE협회 춘계세미나, 한국센서학회 추계학술대회 및 한국철도학회 하계 심포지움 참석

(나) 전문가 자문회의 개최

- 외부전문가 자문의견을 반영하여 도시철도 표준사양서 작성
  (자문위원: 한국철도기술연구원 윤용기, 박철민 연구원)

자문의견서

- 개발하거나 채택된 센서류의 신뢰성 및 내구성에 대한 데이터가 필요함
- 측정되는 데이터에 따른 센서의 전송 주기는 다르게 구성하는 것이 전력활용이나 데이터 통신의 부담을 줄일 수 있음(ex: 온도나 습도는 1회/1s)
- 자기장을 이용한 발전의 경우 Power line의 전류의 흐르는 양에 따라 발전양이 일정하지 않아 실시간 통신에 필요한 전력 확보가 가능한지 사전에 검토가 필요함
- 개발된 자가발전 센서의 발전 용량과 소모 전력에 대한 측정 데이터를 통한 통신주기 및 데이터 용량결정이 필요함
- 역내 전기실에는 고전압 기기들의 동작으로 발생된 전자파로 인한 통신장애 발생 가능성이 크니 SAW리더 - SFM Adapter - 무선중계기 간의 통신장애나 간섭에 대해 검토해야 함
- SFM 시스템의 무선통신이나 무선전력전송으로 인해 변전설비나 기존 센서에 영향을 줄 수 있으므로 개발된 제품의 공인기관 EMI/EMC등의 안전성 검증이 필요함
- 측정 데이터의 신뢰성 확보와 정확한 장비의 상태 예측을 위해서 전체 시스템뿐만 아니라 개별 센서에 대한 정확성과 신뢰성 또한 공인기관에서 검증이 필요
- 한국철도시설공단(RAFIS)과 한국철도공사(KOVIS)에서도 전기설비의 스마트 유지보수 시스템을 활용 중이니 기존 시스템에서 활용된 센서와 통신방식 등의 사례를 조사해서 활용하는 것이 좋을듯합니다.
- 센서와 수신기의 인터페이스를 비롯한 전체 시스템의 표준화가 필요 : 단위 센서의 교장이나 센서의 추가와 같은 작업이 필요할 때 통신/제어 등이 표준화되어 있지 않으면 시스템의 활용도가 떨어지거나 폐기되는 사례가 발생
  IEC61850과 같은 표준센서(인디페이스)기술을 적용하여 개발 중인 센서의 동신방식이 향후 유지보수 및 활용성 고려가 필요함
- 열화상 카메라의 경우 열화상 이미지 전송은 통신이나 전력의 문제로 어려울 수 있어 Hot-sopt인식 값만 전송하더라도 카메라 내부에 이상 고온의 열화상 이미지를 저장하여 작업자가 고장점을 확인하기 쉽게 하는 것이 좋음
- 전력설비의 효율적 유지보수나 상태예측을 위해서는 개별 장비의 장애유형별 고장 데이터의 확보가 중요함 : 인공지능을 활용한 데이터 마이닝을 위해서는 유형별 고장 데이터가 많아야 가능함
- Servo에 저장된 데이터의 가공 및 시스템의 이력 검토가 가능한 UI 필요
- 장애 데이터가 없는 상황에서 설비의 장애 예측 알고리즘 개발은 어려우니 고장 사례별 장애 데이터 확보 계획이 필요함

작성자 : 박철민 (인)

자문의견서

· 규격 작성의 목표를 명확히 해야할 것 같음
: 한국철도표준(KRS), 공사내 자체규격 또는
: 신도림 기술관로 등에서 1개를 목표로 함.

· 규격의 범위를 명확히 해야할 것 같음
: SFM 시스템 또는
: 공사내 기존 장치나 센서간 인터페이스 정도
: 기존 장치나 센서를 포함한 규격 에서
1개를 선정

· 위 2가지 사항을 정리한 후 규격작성에 있어 의견 제출
: 공사의 요구사항과 제작사의 제작사양이를
통합하면 적절할 것 같음

작성자 : 윤 용 기 (인)

(6) 연구개발 관련 홍보

(가) SFM시스템 과제 설명회

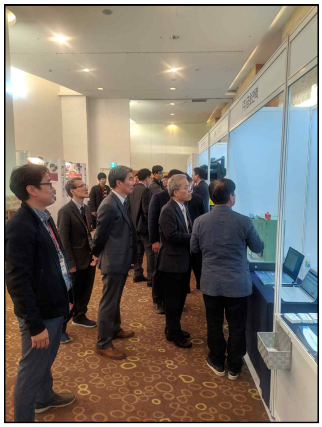
- 홍보일시 : 2019년 03월 13일
- 대상 : 서울교통공사 실무자
- 장소 : 서울교통공사 사당 별관
- 내용 :
  · 서울교통공사 현장 실무자 대상으로 SFM시스템 사업화 내용 및 현장조사 결과 설명
  · 이슈사항 도출 및 공동연구기관 내용 협의

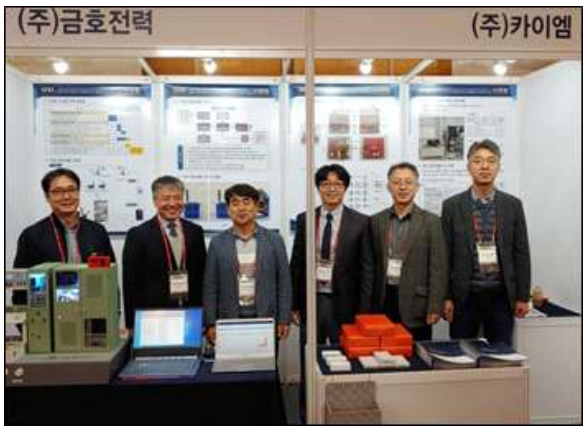
(나) SFM시스템 과제 홍보 활동

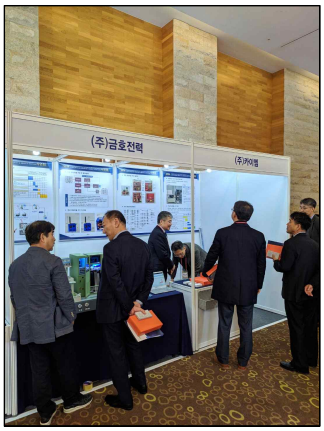
- 홍보일시 : 2019년 04월 11일~12일
- 대상 : 학회 참여자
- 장소 : 한국 PHM학회 정기학술대회 부스
- 내용 : SFM시스템 과제 홍보

(다) SFM시스템 과제 홍보 및 시연회 활동

- 홍보일시 : 2019년 11월 14일~15일
- 대상 : 학회 참여자
- 장소 : 한국 철도학회 추계학술대회 부스
- 내용 : 모형도를 활용한 무선 센싱모듈 시제품 시연회 개최 및 SFM시스템 과제 홍보 활동





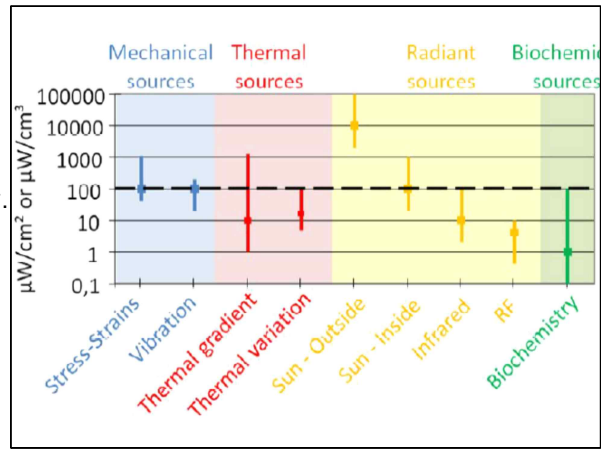


3) 3차년도 연구범위 및 수행방법

(1) 무선 센싱모듈 및 광무선 모듈 개량

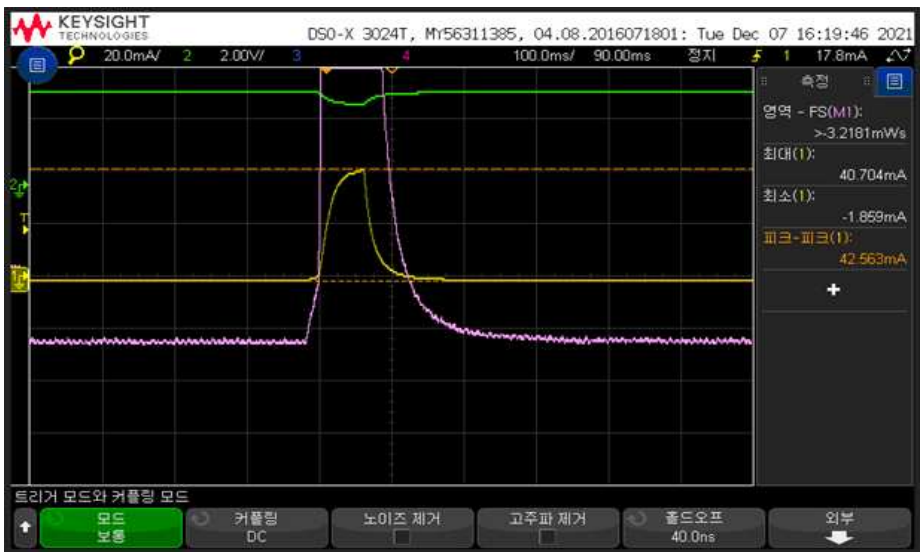
(가) 무선 센싱모듈 개량

- 2차년도에는 유지보수 측면의 효율성, 베터리 방전으로 인한 센서 미작동 방지 등 수요처의 요구사항을 반영하여 스스로 에너지를 공급하여 동작할 수 있는 '자가발전 무선 센싱모듈'을 개발함.
- 3차년도에는 Test-bed 설치 환경의 특수성에 따른 무선 센싱모듈 개량함.
- 현장조사 결과 도시철도 Test-bed 기능실 설비는 지하공간에 설치된 폐쇄 배전반 상태이고, 배전반 내부에서 에너지 하베스팅으로 얻을 수 있는 에너지원이 한정적이며 빛 에너지원의 전력량이 센싱모듈 동작 및 이벤트 발생 시 순간적으로 다량의 데이터 수집에 소모되는 충분한 전력량을 확보하지 못함.
- 특히 변압기반 같은 경우 배전반 내부 변압기 설비에 방해요소가 되지 않도록 작은 실장면적과 안정적인 전원공급을 위해 단위면적당 높은 에너지를 공급할 수 있는 적외선광원을 이용한 에너지하베스팅 도입 결정함.
- 배전반 내부의 실내조명으로 얻을 수 있는 에너지는 무선센싱모듈을 동작시키기에 매우 낮기 때문에 안정적인 전원공급을 위해 적외선 광원을 이용하여 자연광 수준 이상의 에너지 밀도를 구현할 수 있는 적외선의 집중조사 방식을 활용함.



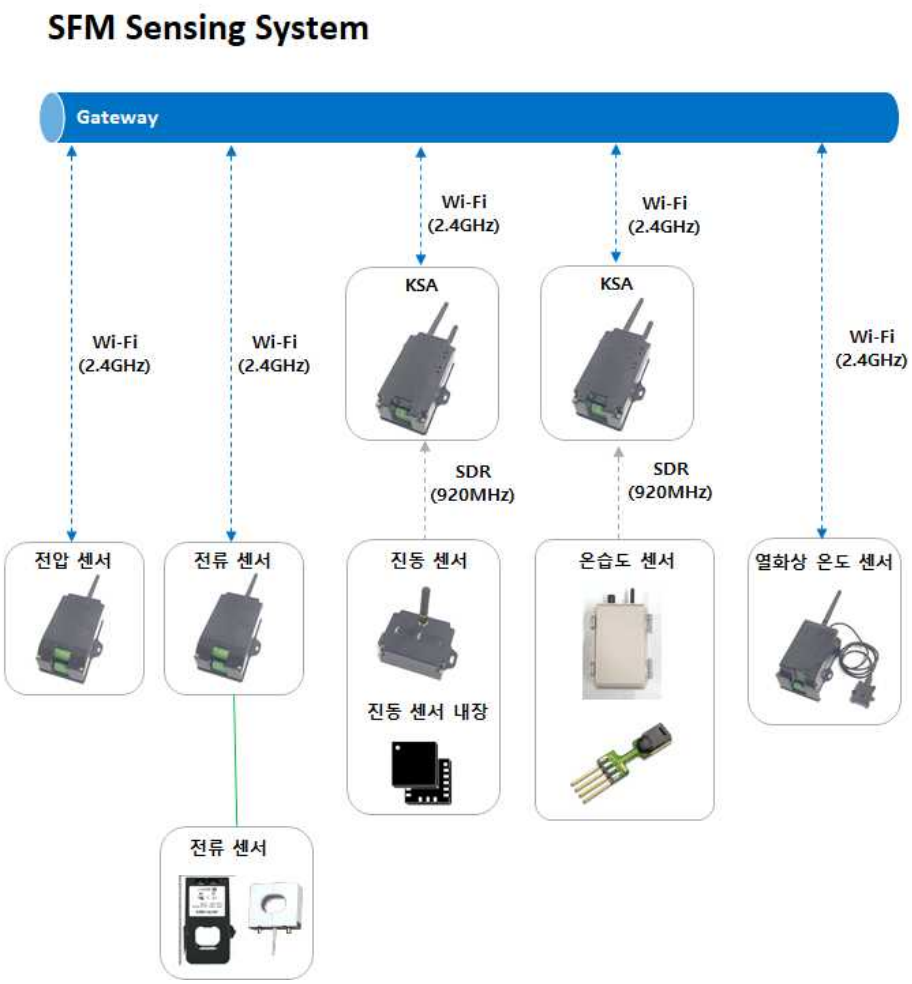
[그림 24] 에너지하베스팅 종류에 따른 출력

- 적외선 에너지 하베스팅을 통해 공급받는 진동센싱 모듈의 솔라셀(KXOB25-04X3F)은 최대 22mW의 발전이 가능하며 현장에 설치된 센서에는 병렬로 구성하여 총 44mW의 에너지 발전이 가능함.
- 진동센싱모듈의 소비전류는 동작상태 43mA, 대기상태 1.8mA로 전송주기 5초 기준으로 30.96mW 소비함.
- 결과적으로 센서 소비전력 대비 발전량이 높을 뿐만 아니라 잔여전력을 저장 할 수 있어, 센서 전원공급용으로 적외선 하베스팅 방식을 도입함.



[그림 25] 5초 동작기준 진동센싱모듈 소비전류

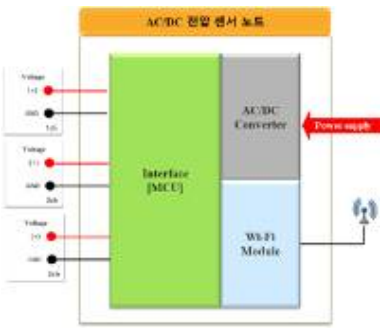
(나) SFM시스템 무선 센싱모듈 전체 구성도



[그림 26] SFM 시스템 무선센싱모듈 전체 구성도

(다) 무선 센싱모듈 사양

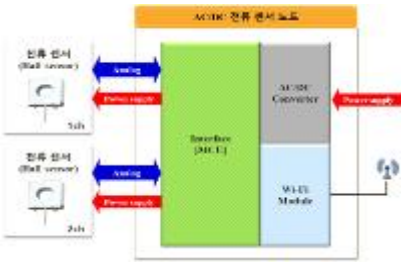
- 전압센싱 모듈

블록도	제품사진
	

제품 사양

1. 전압 센서
   - 측정 대상 : R,S,T 3상 AC전압, DC전압 3ch
   - 측정 범위 : AC ~250V / DC ~120V
   - 측정 정밀도 : 500mV
2. 통신
   - 규격: Single Band 2.4GHz IEEE 802.11b/g/n
   - 속도: Wireless data rates up to 65Mbit/s
3. 전원
   - 전압 : 90 ~ 250VAC
4. 외형
   - 치수: 113 x 66 x 71mm (W x D x H)
   - 재질: MC Nylon

- 전류센싱 모듈

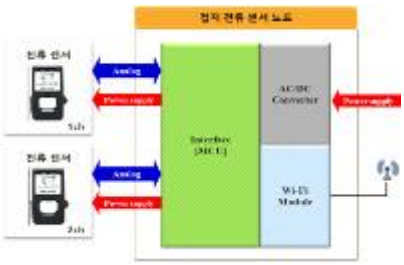
블록도	제품사진
	

제품 사양

1. 전류 센서
   - 인가 전압 : 5V
   - 측정 범위 : DC: 1 ~ 35A, AC: rms 1 ~ 25A
   - 측정 정밀도 : 55mV
   - 동작온도 : -20 ~ 125℃
   - 케이블 최대 사이즈 : 11 x 8 mm 2

2. 통신
   - 규격: Single Band 2.4GHz IEEE 802.11b/g/n
   - 속도: Wireless data rates up to 65Mbit/s
3. 전원
   - 전압 : 90 ~ 250VAC
4. 외형
   - 치수: 113 x 66 x 71mm (W x D x H)
   - 재질: MC Nylon

- 접지 전류센싱 모듈

블록도	제품사진
	

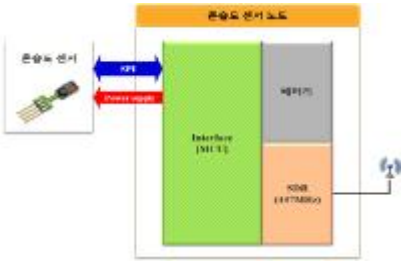
제품 사양

1. 접지 전류 센서
   - 측정 범위 : AC:100Arms
   - 출력 : 0~5VDC
   - 동작온도 : -20 ~ 50℃
   - 사용 케이블 직경 : 17mm

2 전류 측정
   - 2Ch 동시 측정

3. 통신
   - 규격: Single Band 2.4GHz IEEE 802.11b/g/n
   - 속도: Wireless data rates up to 65Mbit/s
4. 전원
   - 전압 : 90 ~ 250VAC
5. 외형
   - 치수: 113 x 66 x 71mm (W x D x H)
   - 재질: MC Nylon

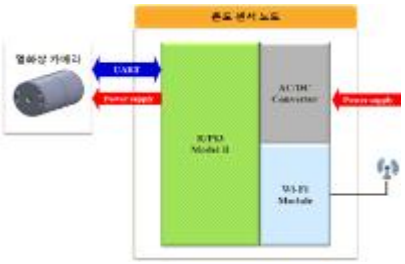
- 온습도 센싱 모듈

블록도	제품사진
	

제품 사양

1. 온습도 센서
   - 인가전압 : 3.3V
   - 최대 소비전류 : 1mV
   - 측정 범위 : 0~100%RH, -40~120℃
   - 정확도: ±1.8%RH, ±0.3℃
   - 반응시간 : 5초 이내
2. 전원
   - 베터리 AA size 3EA
3. 통신
   - 방식 : 920MHz 대역 SDR
   - 성능 : 500m(open space)
4. 외형
   - 치수: 150 x 100 x 85mm (W x D x H)
   - 재질: ABS

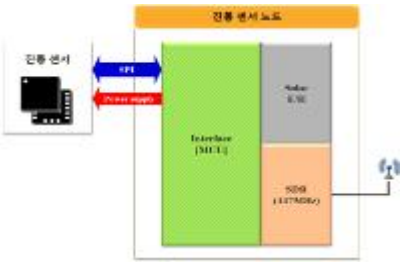
- 열화상 온도 센싱

블록도	제품사진
	

제품 사양

1. 열화상 카메라
   - 픽셀 : 80 x 60 (17㎛)
   - 측정 범위 : 10~140℃(C)/-10~450℃(W)
   - 열 민감도 : 50mK 미만
   - 방사 측정 정확성
     측정 범위(C) : ±5℃또는5% 중 큰 값
     측정 범위(W) : ±10℃또는10% 중 큰 값
   - 최적 동작 온도 : -10 ~ 60℃
   - 온도 보정 : 자동
   - FOV-수평 : 51°, FOV-사선 : 63.5
2. 외형
   - 치수 : 40 x 31 x 16mm(W x D x H)
   - 재질 : MC Nylon
3. 열화상 온도 센싱모듈
   - SOC : Broadcom BCM 2837 SoC
   - CPU : 1.2GHz ARM Cortex-A53 MP4
   - GPU : Broadcom VideoCore IV Mp2 400MHz
   - 메모리 : 1GB LPDDR2
   - 통신 : Single Band 2.4GHz IEEE 802.11b/g/n
   - 속도 : Wireless data rates up to 65Mbit/s
   - 전압 : 90 ~ 250VAC
   - 치수 : 113 x 86 x 71mm(W x D x H)
   - 재질 : MC Nylon

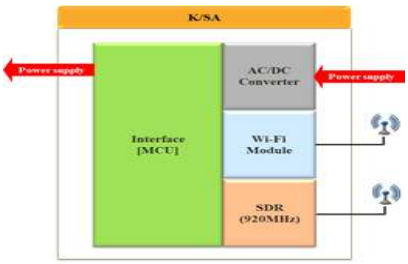
- 진동 센싱 모듈

블록도	제품사진
	

제품 사양	
1. 진동 센서 - 인가 전압 : 3.3V - 최대 소비전류: 2μA - 측정 범위 : ±2g/ ±4g/ ±8g/ ±16g - 데이터 출력 : 16-bit - 동작온도 : -40 ~ 85℃ 2. 전원 방식 - Infrared Photovoltaic	3. 통신 - 방식: 920MHz, 대역 : SDR - 성능 : 500m(open space 기준) 4. 외형 - 치수: 88 x 53 x 32mm (W x D x H) - 재질: MC Nylon
5. 광 Source - 광원 : Infrared Photovoltaic - 빔 사이즈 : 1cm X 3cm - 전원 : DC 12V, 500mA	6. 외형 - 치수: 60 x 118 x 77mm (W x D x H) - 재질: MC Nylon

(나) 광무선모듈(KSA) 변경

- 기능실 환경에 맞는 무선 센싱모듈의 변경으로 인터페이스 및 통신이 가능한 광무선 모듈(KSA)개발
- 진동 및 온/습도 무선 센싱모듈에서 수집되는 데이터 융합, 처리, 전송 가능한 광무선모듈 개발

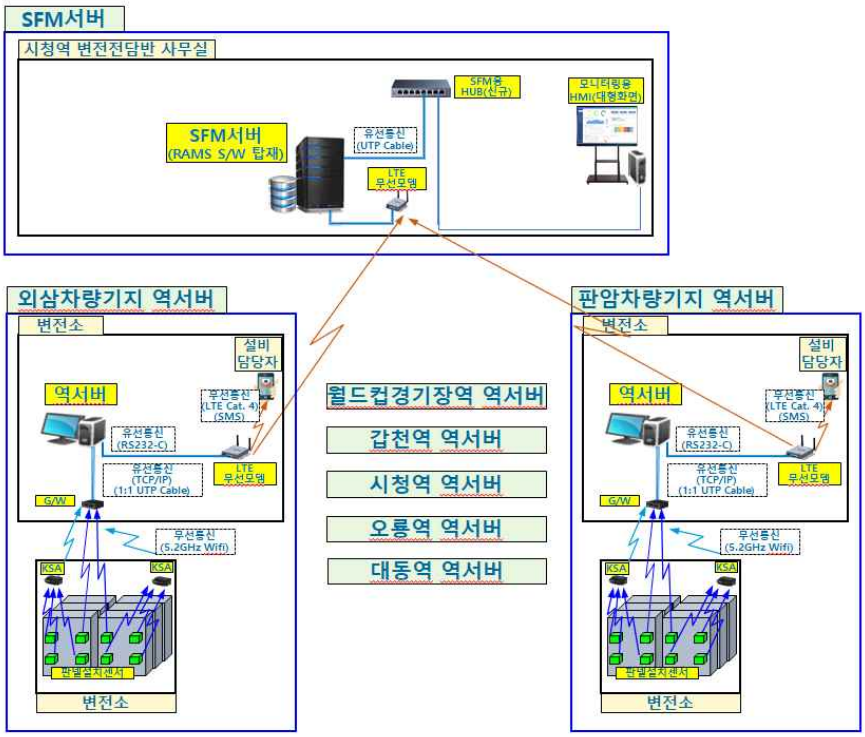
블록도	제품사진
	

제품 사양	
1. 전원 : Input 220V 2. 통신(SDR & Wifi) - 방식 : 920MHz 대역 SDR - 성능 : 500m(open space 기준) - 규격: Single Band 2.4GHz IEEE 802.11b/g/n - 속도: Wireless data rates up to 65Mbit/s	3. 외형 - 치수: 93 x 64 x 24mm (W x D x H) - 재질: ABS

(2) 융합모니터링 시스템 개발

(가) SFM시스템 소프트웨어 개발

- 2차년도 SW 기본설계, 상세 설계 및 데이터베이스 설계가 반영된 모니터링 SW 개발
- 도시철도 운영기관의 역 기능실 설비별(전력, 신호, 통신 등) 상태를 실시간으로 Sensing되어 수신된 데이터를 화면에 표시하여 운영관리
- 설비 센서관리, 실시간 데이터 수집 표출, 실시간 알람 송출, 융합데이터 분석, 실시간 모니터링, 설비 장애예측 기능 구현



[그림 27] SFM 시스템 네트워크 구성도

(나) 주요기능

- 설비 센서관리 : 설비별 센서 등록, 센서별 센싱포인트 등록, 센서 부착설비 변경등록, 기능실 전체 센서 및 센싱포인트 등록, 센싱포인트별 물리량 관리기준 등록
- 실시간 데이타 수집 : 역서버에서 센싱데이타 물리량정보 수신, 센싱데이타 물리량정보 역구분/기능실구분/판넬구분/센서ID 검사, 센싱포인트별 관리기준 융합, 설비상태 모니터링, 역서버DB 저장, SFM서버로 실시간 송신, 송신 버퍼링, SFM서버에서 센싱데이타/융합데이타 수신, 설비상태 모니터링, SFM서버 DB 저장
- 실시간 알람송출 : 설비별 운영/정비 담당자 관리, 설비별 SMS그룹관리, 설비 센팅포인트별 물리량 관리기준 관리, SMS송신이력 관리, 설비별/센싱포인트별/수신그룹별/수신자별 SMS송신이력 조회
- 데이타 분석 : 실시간/시간대별/일간 센싱데이타 물리량 추이 분석, 역별/기능실별 센싱데이타 물리량 분포 분석, 설비별 가동지속시간(무장애 지속시간) 분석, 센서G/W와 역서버간 통신상태 분석
- 모니터링 : 전체역 실시간 모니터링, 역별 모니터링, 설비이상 모니터링, 설비상태 모니터링, 실시간 데이타 확인 모니터링, 장애예측 결과 모니터링, 알람발생이력 조회
- 설비 장애예측 : 데이타 전처리, FAULT 데이타 처리, 학습용 데이타 마이닝, 머신러닝, 예측알고리즘 성능평가 및 선정, 센싱데이타/융합데이타 기반 실시간 설비별 장애예측

(다) SFM시스템 모니터링 메인 기능

[그림 28] SFM 시스템 메인 화면

① 각 역의 기능실(전기실, 변전소, 신호기계실)에서 동작하는 센서의 전체적인 상태(주의, 경계, 위험) 확인

② 각 역별로 현재기능실에서 동작하는 현재시간을 기준으로 센서의 물리값이 정해진 기준을 넘어서면 차트에 표시되며 각차트의 바에 마우스를 올릴 시 현재값, 센서ID, 정상, 주의, 경계, 위험값 확인

③ 각 역 별로 기준치가 초과된 횟수의 누적된 값을 일주일 단위로 차트에 표현하며 해당 역에 마우스를 올릴시 해당 누적 개수 확인

④ 각 역 별로 서버와 센서 간의 통신 상태를 보여주는 차트로 4시간동안의 센서가 전송한 값을 1시간 단위로 누적하여 보여주고 해당항목에 마우스를 올리면 누적 값 확인

⑤ 각 역 별로 서버와 센서 간의 통신 상태를 보여주는 차트로 4시간동안의 센서가 전송한 값을 1시간 단위로 누적하여 보여주고 해당항목에 마우스를 올리면 누적 값 확인

⑥ 각 역 별로 서버와 센서 간의 통신 상태를 보여주는 차트로 4시간동안의 센서가 전송한 값을 1시간 단위로 누적하여 보여주고 해당항목에 마우스를 올리면 누적 값 확인

⑦ 각 역 별로 서버와 센서 간의 통신 상태를 보여주는 차트로 4시간동안의 센서가 전송한 값을 1시간 단위로 누적하여 보여주고 해당항목에 마우스를 올리면 누적 값 확인

⑧ 각 역 별로 실시간감시 중인 센서의 개수, 주의, 경계, 위험 값을 가진 센서의 개수 및 총합계를 보여준다.

⑨ 센서들의 상태를 고장예측을 DB에서 조회하여 표현하여 주는 화면이다. 장애예측은 AI가 데이터 마이닝을 통해 현재 장애가 예측된 센서의 개수를 보여준다.

(라) SFM시스템 설비 상태 모니터링 기능

[그림 29] SFM 시스템 설비상태 모니터링 화면 1

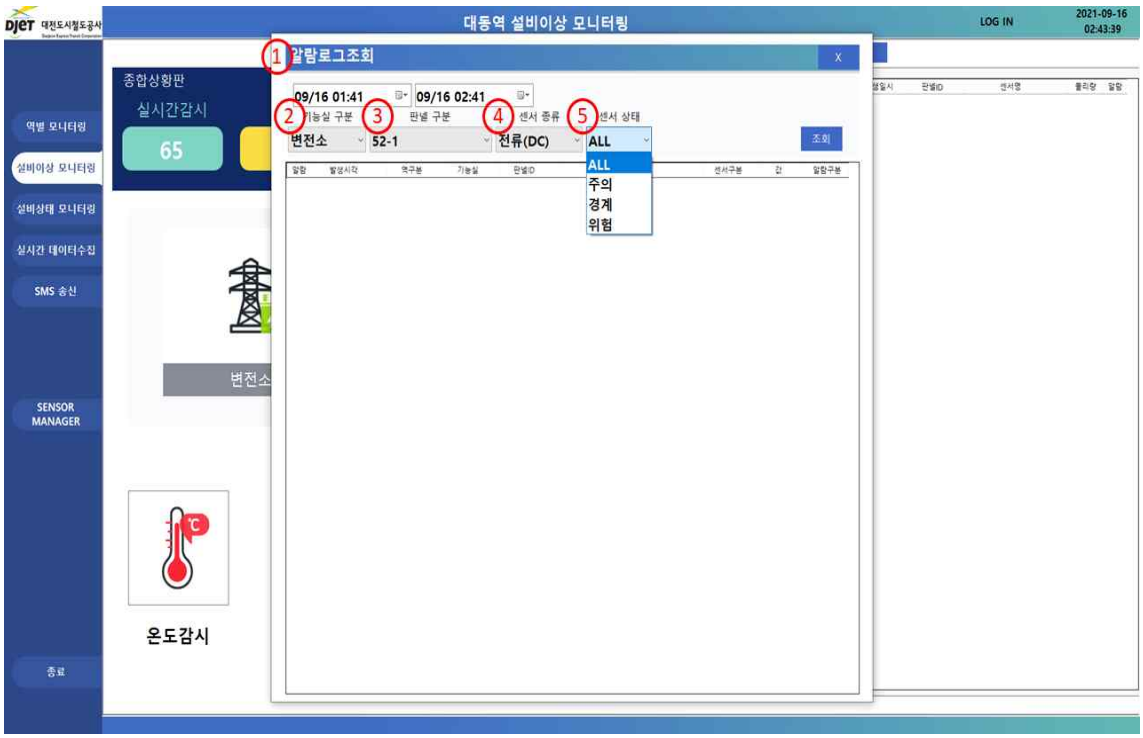
① 종합상환판은 현재 모란차량기지의 총 센서 갯수와, 현재 기준치를 초과한 센서들의 개수를 표시하여 준다. 기능실을 따로 선택 하지 않은 상태에서는 모든 기능실의 총 개수를 보여준다.

② 해당 기능실을 클릭하면 선택한 기능실의 센서 개수만 상황판에 보여준다.

③ 해당 센서을 클릭하면 선택한 종류별 센서 개수만 상황판에 보여준다.

④ 해당 기능실에 해당하는 기준치를 초과하는 센서들을 알 수 있다.

⑤ 해당 알람의 이력을 조회할 수 있다

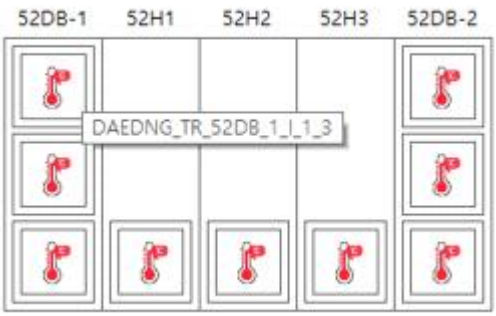


[그림 30] SFM 시스템 설비상태 모니터링 화면 2

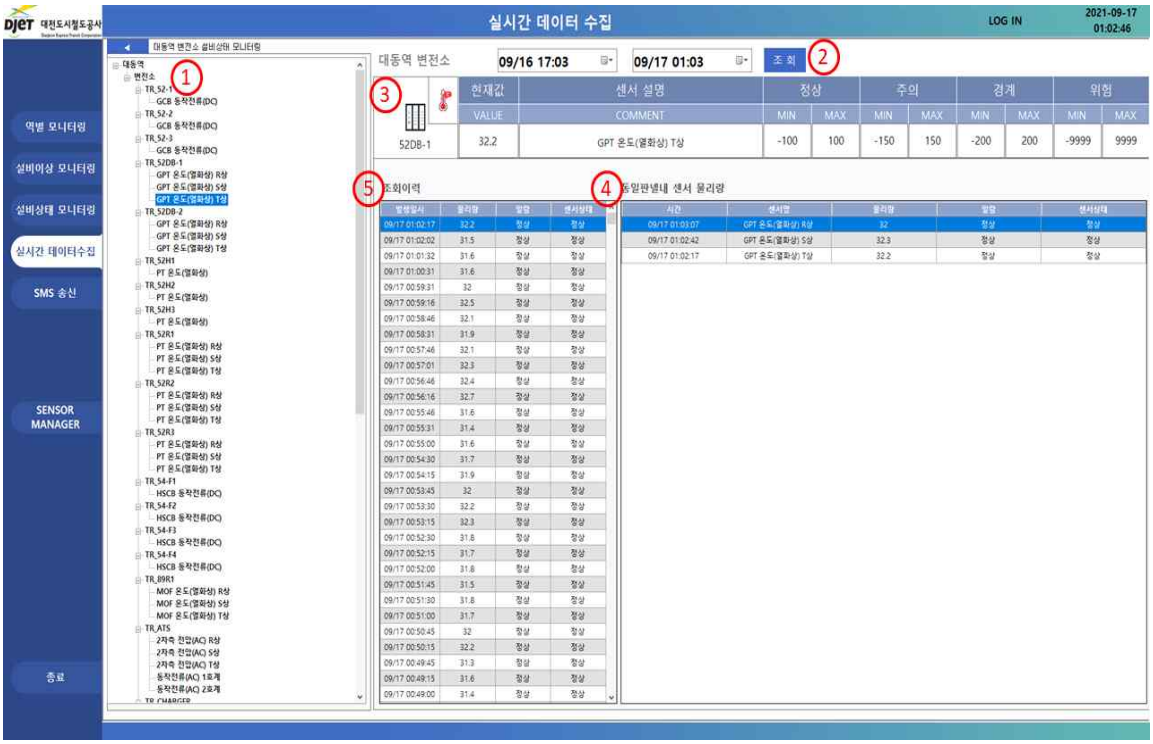
① 상세 알람 조회 화면이 나오며 각각 조건들을 콤보박스를 이용해 AND조건으로 검색할 수 있다.
② 기능실 구분을 클릭하여 변전소, 전기실, 신호실 등 원하는 기능실을 검색 할 수 있다.
③ 판넬 구분을 클릭하여 기능실에서 확인 하고 싶은 판넬을 검색 할 수 있다.
④ 센서 종류를 클릭하여 기능실에서 확인 하고 싶은 센서를 검색 할 수 있다.
⑤ 센서 상태를 클릭하여 ALL, 주의, 경계, 위험으로 구분하여 알람센서를 검색 할 수 있다.

[그림 31] SFM 시스템 설비상태 모니터링 화면 3

① 종합상황판에서는 전기실에 해당하는 센서의 감시와 주의, 경계, 위험에 해당하는 이상 센서의 개수를 나타낸다.
② 해당 기능실의 도면의 판넬 배치도에 따라 센서가 배치되어 있고 각 센서에 종류별로 아이콘이 표시되며 실제로 기능실에 배치된 센서의 위치에서 이상이 발생했을 마우스를 센서의 위에 올릴 경우 센서의 센서ID가 툴팁으로 출력되고 기준치 초과 알람에 맞는 색상으로 변경된다. (주의:노랑, 경계(주황), 위험(빨강)



(마) SFM시스템 실시간 데이터 수집 기능



[그림 32] SFM 시스템 실시간 데이터 수집 화면

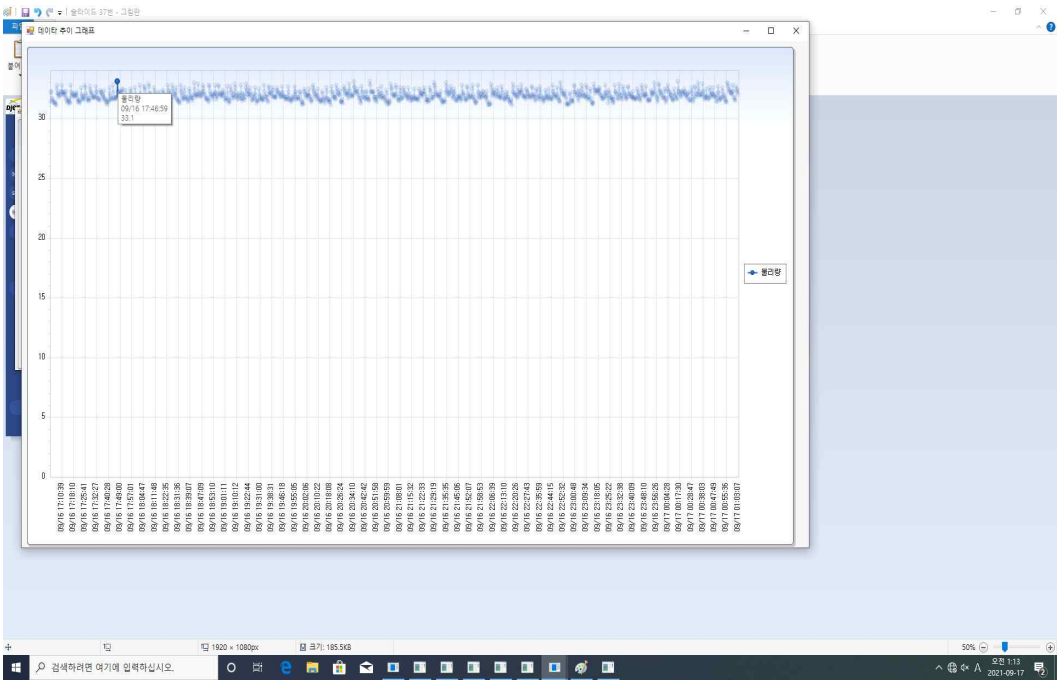
① 역별 센서들이 리스트화 되어있다. 역->기능실->판넬 트리순으로 조회하면 해당 판넬에 리스트들이 표시되고 센서를 하나 클릭하면 실시간 데이터가 표시된다.

② 실시간 데이터를 시간을 지정하여 조회 할 수 있다.(단 7일 제한)

③ 해당 센서의 기준값을(가이던스용) 및 해당 센서의 설명, 종류 등을 화면에 보여준다.

④ 해당판넬 내에 설치 된 각 센싱모듈의 최근 수집데이터를 확인 할 수 있다.

⑤ 해당 센싱포인트의 실시간 데이터를 확인 할 수 있다. 우클릭 후 추이그래프를 선택하면 해당센서의 추이그래프 및 일시별 물리량을 확인 할 수 있다.



[그림 33] SFM 시스템 실시간 추이 그래프 화면

(바) SFM AI(Panel 정비 예측) 개발

① 개요

- Panel의 Sensor Data를 수집하여 Sensor별 Data를 분석/학습하여 고장 및 정비 상황을 예측

② 현황

- 유형 : Regression
- 프로그래밍 언어 : Python3.8.4
- Platform : TenserFlow2.3, Keras2.4.3
- Algorithm :LSTM (Long Short-Term Memory)
- Task 유형 : 4종

. Training Panel Data : Sensor별 실적 Data 수집 Task

. Training SFM : 수집된 Data 분석 및 학습 Task

. Prediction Panel Data : 예측을 위한 현시점 실적 Data 수집 Task

. Prediction SFM : 수집된 현시점 Data기준으로 Panel Sensor별 상황을 예측

③ 학습 Data : Panel Sensor별 평균 259200개 사용

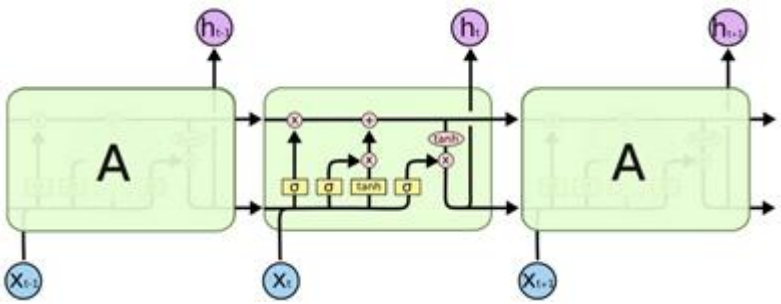
④ 개발환경

- OS : Windows 10
- CPU : Xeon Gold6234 3.3GHZ
- Memory : 32GB
- Disk : SSD 500GB, HDD 8TB

⑤ Algorithm

LSTM(Long Short-Term Memory)

- 전 실적 Past Data와 Current Data를 비교하여 Past Value를 활용/파기 판단
- 저장되어있는 Past Value 및 Data에 Current Value를 얼마나 반영할 것인지 결정
- 각각의 Past Value와 Current Value를 반영한 결과를 예측 Data로 활용 후 상시 과정을 반복 학습
- 위 사항으로 학습된 결과를 토대로 예측



[그림 34] Algorithm 구성도

Algorithm 선정

- Data 분석 및 Training을 통해 Regression 적합하며 Classification 부적합하다고 판단
- 머신러닝 (LDA, KNN, CART, NV, SVM) 고려하였으나 부적합하고, Accuracy가 낮아 최종적으로 RNN과 LSTM으로 결정
- RNN Algorithm은 전 단계의 값이 현재의 값에 영향을 주는 순차적인 데이터를 처리
- LSTM Algorithm은 RNN에 구조적인 변화를 줘서 긴 기간의 데이터도 잘 처리
- RNN 모델의 경우 과거의 데이터 중 필요 없거나 중요도가 낮은 데이터도 전부 활용 및 저장하는 방식이나 LSTM 모델은 Past Data 중 중요도가 낮은 데이터는 활용 하지 않는 방식으로 동작

⑥ Task List

- Traning Task

No	시스템	TASK 구분	TASK ID	TASK 기능	실행주기
1	Training Panel Data	Training 전류 Sensing Data 수집 Task	DATA_TRAINING_SELECT_CURRENT	Training 전류 Sensing Data 수집	Event
2		Training 습도 Sensing Data 수집 Task	DATA_TRAINING_SELECT_HUMIDITY	Training 습도 Sensing Data 수집	Event
3		Training 온도 Sensing Data 수집 Task	DATA_TRAINING_SELECT_TEMP	Training 온도 Sensing Data 수집	Event
4		Training 온, 습도 Sensing Data 수집 Task	DATA_TRAIN ㅏ ING_SELECT_TEMPHUMIDITY	Training 온, 습도 Sensing Data 수집	Event
5		Training 진동 Sensing Data 수집 Task	DATA_TRAINING_SELECT_VIBE	Training 진동 Sensing Data 수집	Event
6		Training 전압 Sensing Data 수집 Task	DATA_TRAINING_SELECT_VOLT	Training 전압 Sensing Data 수집	Event
7	Training SFM	전류 Predict Model 학습 Task	TRAINING_CURRENT	전류 Predict Model 학습	Event
8		습도 Predict Model 학습 Task	TRAINING_HUMIDITY	습도 Predict Model 학습	Event
9		온도 Predict Model 학습 Task	TRAINING_TEMP	온도 Predict Model 학습	Event
10		온, 습도 Predict Model 학습 Task	TRAINING_TEMPHUMIDITY	온, 습도 Predict Model 학습	Event
11		진동 Predict Model 학습 Task	TRAINING_VIBE	진동 Predict Model 학습	Event
12		전압 Predict Model 학습 Task	TRAINING_VOLT	전압 Predict Model 학습	Event

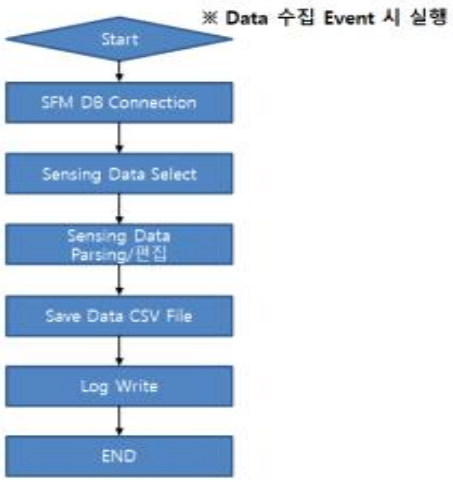
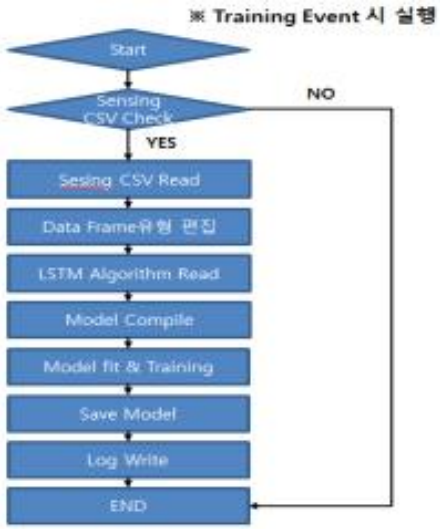
[표 18] SFM시스템 SW Traning Task

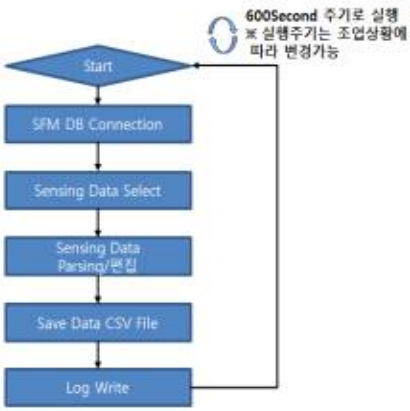
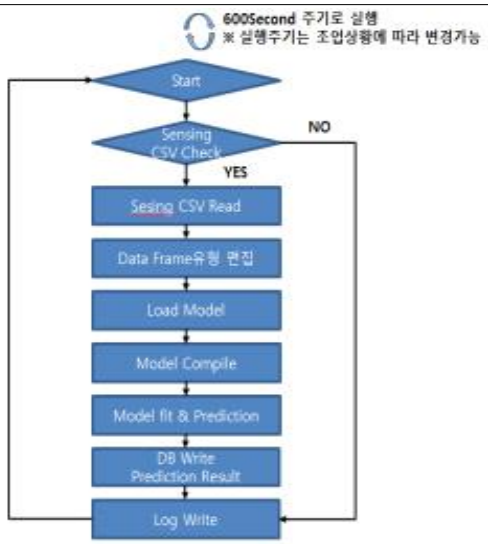
- Prediction Task

No	시스템	TASK 구분	TASK ID	TASK 기능	실행주기
13	Prediction Panel Data	Prediction 전류 Sensing Data 수집 Task	DATA_PREDICT_SELECT_CURRENT	Prediction 전류 Sensing Data 수집	상시
14		Prediction 습도 Sensing Data 수집 Task	DATA_PREDICT_SELECT_HUMIDITY	Prediction 습도 Sensing Data 수집	상시
15		Prediction 온도 Sensing Data 수집 Task	DATA_PREDICT_SELECT_TEMP	Prediction 온도 Sensing Data 수집	상시
16		Prediction 온, 습도 Sensing Data 수집 Task	DATA_PREDICT_SELECT_TEMPHUMIDITY	Prediction 온, 습도 Sensing Data 수집	상시
17		Prediction 진동 Sensing Data 수집 Task	DATA_PREDICT_SELECT_VIBE	Prediction 진동 Sensing Data 수집	상시
18		Prediction 전압 Sensing Data 수집 Task	DATA_PREDICT_SELECT_VOLT	Prediction 전압 Sensing Data 수집	상시
19	Prediction SFM	전류 Sensing Data 예측 Task	PREDICT_CURRENT	전류 Sensing Data 예측	상시
20		습도 Sensing Data 예측 Task	PREDICT_HUMIDITY	습도 Sensing Data 예측	상시
21		온도 Sensing Data 예측 Task	PREDICT_TEMP	온도 Sensing Data 예측	상시
22		온, 습도 Sensing Data 예측 Task	PREDICT_TEMPHUMIDITY	온, 습도 Sensing Data 예측	상시
23		진동 Sensing Data 예측 Task	PREDICT_VIBE	진동 Sensing Data 예측	상시
24		전압 Sensing Data 예측 Task	PREDICT_VOLT	전압 Sensing Data 예측	상시

[표 19] SFM시스템 SW Predicition Task

⑦ Task Flow

– Training Panel Data	– Training SFM
· Task Name : DATA_TRAINING_SELECT_Sensor종류 ex) DATA_TRAINING_SELECT_TEMP · 기능 : Sensor별 실적 Data 수집 Task · 저장 Data Set File Name : PanelCode_SensorCode.csv · 주기 : Event · 저장결과 및 Log TXT 파일로 저장	· Task Name : TRAINING_Sensor종류 ex) TRAINING_TEMP · 기능 : 수집된 Data 분석 및 학습 Task · 저장 Training File Name : PanelCode_SensorCode.csv.h5 · 주기 : Event · 학습결과 및 Log TXT 파일로 저장
	

– Prediction Panel Data	– Prediction SFM
· Task Name : DATA_PREDICT_SELECT_Sensor종류 ex) DATA_PREDICT_SELECT_TEMP · 기능 : 예측을 위한 현시점 실적 Data 수집 Task · 저장 Data Set File Name : PanelCode_SensorCode.csv · 주기 : 600초 · 저장결과 및 Log TXT 파일로 저장	· Task Name : PREDICT_Sensor종류 ex) PREDICT_TEMP · 기능 : 수집된 현시점 Data기준으로 Panel Sensor별 상황을 예측 · 주기 : 600초 · 예측결과 및 Log TXT 파일로 저장
	

⑧ Panel 정비 예측 기준

[그림 35] 정비 예측 기준값

- 기준치 초과/미만 3~4회 발생시 : Panel 확인필요
- 기준치 초과/미만 5회 이상 초과 발생시 : Panel 점검필요

(3) Simulation 구축

(가) 1차 Simulation 구축 및 센서 취득 Data 확인

- 국토교통기술사업화지원사업 『도시철도 전력신호통신 설비 상태 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템 개발(SFM)』 3차년도 연구개발 과정으로 센서의 취득 Data 확인을 위해 서울교통공사 모란 차량기지 신호기계실내에 무선센싱모듈 Simulation 구축(20.02.24~28) 예정이었으나,
- 사회적 이슈인 COVID-19 사태의 심각성과 3차년도 국가R&D연구과제 수행일정을 고려하여 기존 시뮬레이션 구축안을 서울교통공사 모란차량기지 신호기계실에서 주관연구기관 (주)금호전력 연구실 내로 변경, 구축함
- Simulation 구축 설비

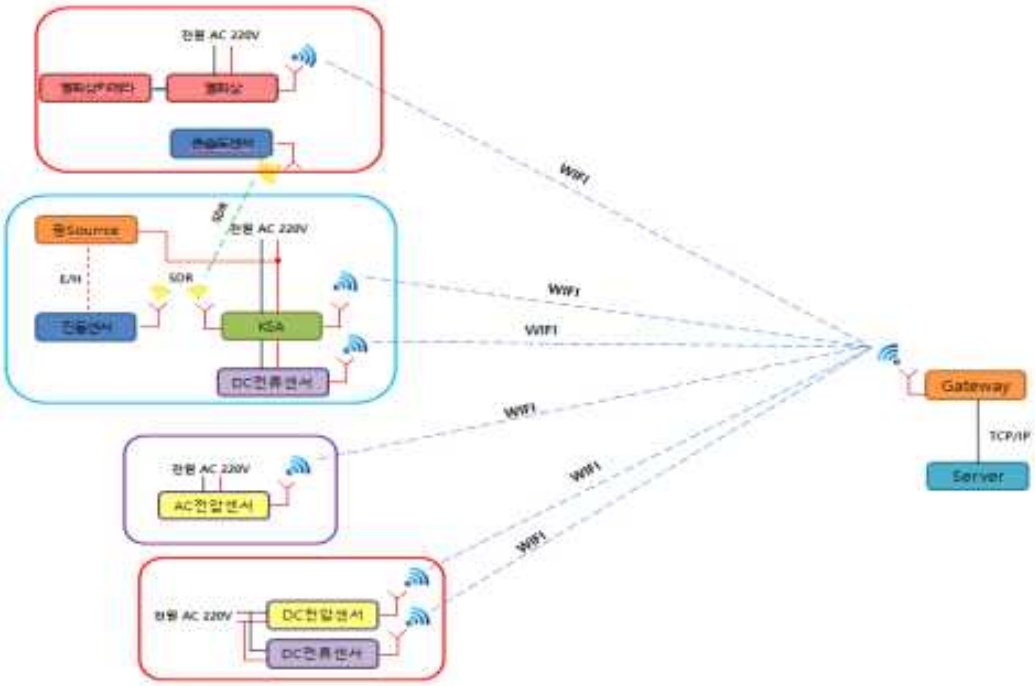
설비명	수량	설치장소	설치목적
온/습도 센서	1개	Test RACK 내부	온/습도 측정
온도 센서	2개	변압기 외부	온도 측정
전류/전압 센서	1개	변압기 1차 측 cable	전류, 전압 측정
KSA(Adaptor)	1대	Test RACK 내부	Data 처리
LTE 모뎀	1식		Data 송신
테스트 서버 PC	1식		Data 저장 및 모니터링 화면 표출

[표 20] 1차 Simulation 구축 설비

○ Simulation 구성도

[그림 36] 시뮬레이션 구성도

- HMI 화면내 렉 번호 클릭 시 센서 Data 그래프 확인 가능
- Data min/max 값을 설정하여 기준 초과시 값 점멸

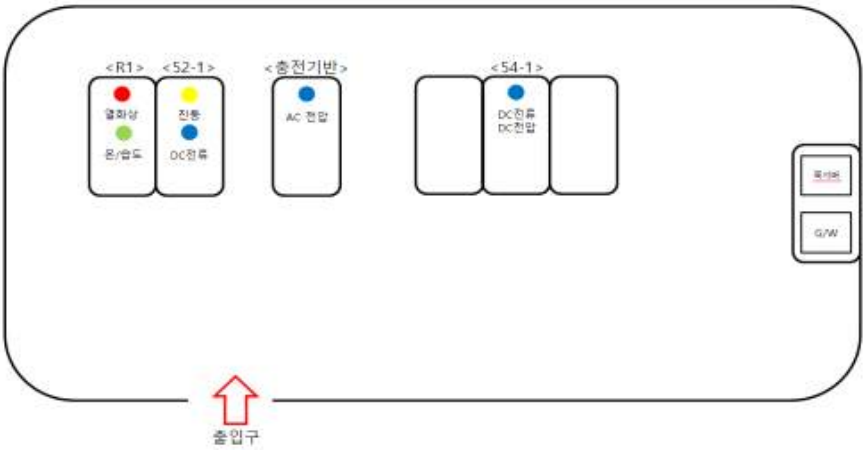


[그림 37] 시뮬레이션 센싱모듈 구성도

(나) 2차 Simulation 구축 및 센싱모듈 취득 Data 확인

① 목적

- SFM 개발 센싱모듈을 테스트베드(모란차량기지, 모란역, 단대오거리역) 설치 전 유사환경인 대흥역 전기실습실에서 성능 및 통신 환경 테스트



[그림 38] 시뮬레이션 전체 레이아웃

② Gateway(GW) <=> 역서버 간 통신 확인

- 설치개소 : 전기실습실 내부
- 시뮬레이션에서는 센서에서 취득한 데이터를 KSA를 거쳐 GW로 전송된 데이터가 역서버로 전송되기까지의 테스트 실시
- 게이트웨이 <=> 역 서버 데이터 전송 확인

<Gateway 화면>

<역 서버 화면>

③ 센싱모듈 개량

- AC전압/AC전류, DC전압/DC전류 센서는 전류, 전압 통합측정을 위해 제작 및 테스트 실시
- 테스트 결과 현장 적용성을 위해 기능 분리 및 소형화 추가 연구 진행
- AC전압(3ch), DC전압(3ch), DC전류(2ch)로 구분하여 필요 개소에 적합한 형태로 설계 제작하여 추가 테스트 실시

④ 역 서버 S/W 설치

- 이전 시뮬레이션에서의 역서버는 단순 게이트웨이에서 전달되는 Data 확인 및 표시 기능
- 추가 시뮬레이션 Test를 통해 대흥역에 구축된 역서버 S/W를 업그레이드하여 GW와 역서버간 정의된 센서ID 확인, Data 송신상태 확인, GW에서 전송된 데이터가 역서버에 정확히 송출되는지 확인
- 센서별 Data 발생이력 조회기능 및 실시간 센서 Data 표시기능 확인

⑤ 시뮬레이션 결과

- 본 시뮬레이션은 SFM시스템 개발 센서를 현장 설치 전 테스트베드와 유사환경인 대흥역 기실습실을 공동연구기관인 서울교통공사에서 제공받아 진행
- 본 시뮬레이션 테스트를 통해 아래와 같이 센서의 설치환경 확인, 센싱 및 데이터 송신 상태 등을 확인 할 수 있었고 역 서버를 구축하여 게이트웨이와 역 서버 간 데이터 송신이 이상 없이 동작함을 확인

- 센서 설치 환경 확인 : 열화상카메라 화각, 열화상카메라 센싱 포인트 지정(3point), 센서 부착 환경 확인
- 센서 <-> 게이트웨이 데이터 통신 상태 확인 : 폐쇄 배전반 내 설치된 센서가 게이트웨이로 이상 없이 데이터 전송 확인
- 기존 통합 전류/전압 센싱 모듈에서 현장에 맞게 기능 분리 및 소형화
  : AC전압(3ch), DC전압(3ch), DC전류(2ch)
- 게이트웨이 <-> 역 서버 데이터 통신 상태 확인
- 센서 이상 데이터 감지 기능 확인 : 52-1, 54-1 배전반의 차단기를 투입, 진동 및 전류 이벤트 발생 시 데이터 수집 기능 정상 동작 확인
- 52R1 배전반의 PT 외함 이벤트 온도 발생 시 데이터 수집 기능 정상 동작 확인

(4) Test-bed 구축 및 성능 검증

(가) 개요

① 구축목적

- 국토교통기술사업화지원사업 『도시철도 전력신호통신 설비 상태 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템 개발(SFM)』 3차년도 연구개발 과정으로 Test-bed를 구축
- 주관연구기관 (주)금호전력 연구실 Simulation 1차 구축, 서울교통공사 대흥역 교육설비 Simulation 2차 구축에 이어 운영되고 있는 현장 설비 기능실에 Test-bed를 구축하여 실시간 데이터 수집, 연구성과 확인 및 사업화 준비
- **'무선센싱모듈 성능' 확인,** 수집된 **'융합데이터 모니터링'** 및 역서버, SFM서버 소프트웨어의 데이터 마이닝 기술로 '**유지보수에 활용할 수 있는 데이터 도출**'

② 구축계획 변경

- 기존 서울교통공사 8호선 3개역 15개소에서 **'COVID-19/변경사유'로 대전도시철도공사 1호선 전체 변전소 7개역으로 테스트베드 변경 구축**

③ 구축일정

기 간 / 구 분	2020년~2021년												
	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
현장 VOC수집 및 업무 협약													
Test-bed 구축 준비 및 현장 조사													
Test-bed 시범개소 구축 1개소 (갑천역)													
Test-bed 본 개소 구축 6개소 (월드컵경기장, 시청, 오룡, 대동, 판암기지, 외삼기지)													
모니터링시스템 구축 & 데이터 수집													
융합데이터 분석 & 도출													

[표 21] SFM시스템 Test-bed 구축 일정

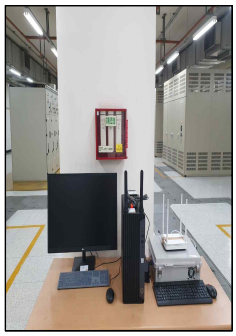
(나) 구축활동

■ 현장 유지보수자 V.O.C수집 및 현장조사
- 일정 : 20.11.19
- 장소 : 대전도시철도공사 1호선 외삼차량기지
- 내용
  · 기능실 현장 설비 확인(변전소,전기실,신호실)
  · 변전소 특고압 수전반 열화상 온도 측정
  · 변전소 변압기반 진동, 열화상 온도 측정
  · 기능실 Test-bed 구축 현장 조사

■ SFM시스템 Test-bed 구축 협약
- 일정 : 20.12.15
- 장소 : (주)금호전력 부설연구소(광양)
- 내용
  · SFM시스템 연구과제 설명
  · SFM시스템 무선센싱모듈&모니터링 시스템 Simulation 시연
  · Test-bed 구축 업무협약

■ SFM시스템 Test-bed 구축 기술회의
- 일정 : 21.02.09
- 장소 : 대전도시철도공사 연구원 회의실
- 내용
  · SFM시스템 센싱포인트 협의
  · SFM시스템 모니터링 설비 위치
  · SFM시스템 네트워크 망 구축협의
  · SFM시스템 모니터링 화면 구성 UI

■ SFM시스템 Test-bed 구축 현장조사
- 일정, 장소
  · 21.02.18(시청역_주간)
  · 21.02.26(시청역_야간)
  · 21.03.05(갑천역_주간)
  · 21.03.23~24(7개역 변전소_주간)
- 내용
  · Test-bed 구축 기능실 환경 조사
  · Test-bed 구축 센싱포인트 확인
  · Test-bed 구축 통신환경 조사
  · Test-bed 구축 전원케이블 공사 확인

■ SFM시스템 Test-bed 시범 구축(갑천역) – 일정 · 21.05.06~19 – 내용 · 무선센싱모듈 설치&실시간 데이터 수집 · 역서버 구축 및 모니터링	
■ SFM시스템 Test-bed 본 개소 구축 – 일정 · 21.07.05~21.10.08 – 내용 · 월드컵경기장역, 시청역, 오룡역, 대동역, 외삼기지, 판암기지 총 6개역 변전소 설비 SFM 테스트베드 구축 · 무선센싱모듈 설치&실시간 데이터 수집 · 역서버 구축 및 모니터링	
■ SFM 서버 및 역 서버 설치 – 일정 : 21.10.27 – 장소 : 대전도시철도공사 시청역 변전전담반 – 내용 · SFM 시스템 구축 · 역서버<->SFM서버 인터페이스 확인 · 이상데이터 감지 및 SMS 기능 확인	

(다) 구축결과

① 센싱포인트

구분	배전반	시설물	센서종류	포인트설명
수전설비	89R1	MOF	온도(열화상)	MOF온도(열화상)R상
				MOF온도(열화상)S상
				MOF온도(열화상)T상
	52R1	PT	온도(열화상)	PT온도(열화상)R상
				PT온도(열화상)S상
				PT온도(열화상)T상
	52R2	PT	온도(열화상)	PT온도(열화상)R상
				PT온도(열화상)S상
				PT온도(열화상)T상
	52R3	PT	온도(열화상)	PT온도(열화상)R상
				PT온도(열화상)S상
				PT온도(열화상)T상
	52-1	GCB	전류(DC)	GCB동작전류(DC)

	52-2	GCB	전류(DC)	GCB동작전류(DC)
	52-3	GCB	전류(DC)	GCB동작전류(DC)
변성설비	SRTR-1	코일표면	온도(열화상)	코일 표면온도(열화상) R상
				코일 표면온도(열화상) S상
				코일 표면온도(열화상) T상
		철심	진동	철심 진동
	SRTR-2	코일표면	온도(열화상)	코일 표면온도(열화상) R상
				코일 표면온도(열화상) S상
				코일 표면온도(열화상) T상
		철심	진동	철심 진동
	SRTR-3	코일표면	온도(열화상)	코일 표면온도(열화상) R상
				코일 표면온도(열화상) S상
				코일 표면온도(열화상) T상
		철심	진동	철심 진동
	DTR-1	코일표면	온도(열화상)	코일 표면온도(열화상) R상
				코일 표면온도(열화상) S상
				코일 표면온도(열화상) T상
		철심	진동	철심 진동
	DTR-2	코일표면	온도(열화상)	코일 표면온도(열화상) R상
				코일 표면온도(열화상) S상
				코일 표면온도(열화상) T상
급전설비	54-F1	HSCB	전류(DC)	HSCB 동작전류(DC)
	54-F2	HSCB	전류(DC)	HSCB 동작전류(DC)
	54-F3	HSCB	전류(DC)	HSCB 동작전류(DC)
	54-F4	HSCB	전류(DC)	HSCB 동작전류(DC)
배전설비	52DB-1	GPT	온도(열화상)	GPT 온도(열화상) R상
				GPT 온도(열화상) S상
				GPT 온도(열화상) T상
	52DB-2	GPT	온도(열화상)	GPT 온도(열화상) R상
				GPT 온도(열화상) S상
				GPT 온도(열화상) T상
	52H1	PT	온도(열화상)	PT 온도(열화상)
	52H2	PT	온도(열화상)	PT 온도(열화상)
	52H3	PT	온도(열화상)	PT 온도(열화상)
	52CH1	PT	온도(열화상)	PT 온도(열화상)
	52CH2	PT	온도(열화상)	PT 온도(열화상)
소내설비	STR-1	코일표면	온도(열화상)	코일 표면온도(열화상) R상
				코일 표면온도(열화상) S상
				코일 표면온도(열화상) T상

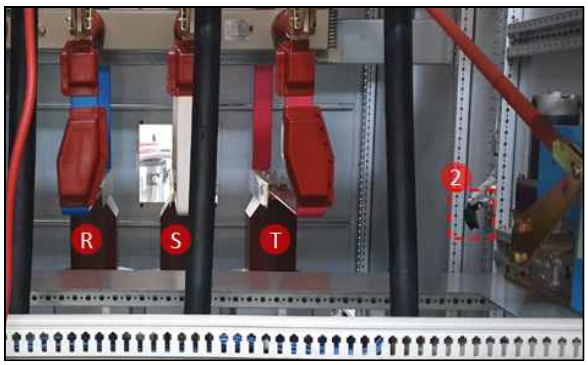
		2종 접지	전류(접지)	2종 접지전류
	STR-2	코일표면	온도(열화상)	코일 표면온도(열화상) R상
				코일 표면온도(열화상) S상
				코일 표면온도(열화상) T상
		2종 접지	전류(접지)	2종 접지전류
	ATS	동작전류	전류(AC)	동작전류(AC) 1호계
				동작전류(AC) 2호계
	RTU	접지측	전류(접지)	RTU 접지측 접지전류
	IN-TR	실내환경	온도	기능실 내 온도
	IN-TR		습도	기능실 내 습도

[표 22] SFM시스템 Test-bed 센싱포인트

② 포인트별 설치 내용

■ 수전설비 / 89R1

- 배전반 전면 하부 좌측 차단기, 열화상 센싱모듈(①) 부착
- 배전반 후면 하부 우측 열화상카메라(②) 부착
- 열화상카메라(②) MOF R,S,T상 온도 측정



■ 수전설비 / 52R1

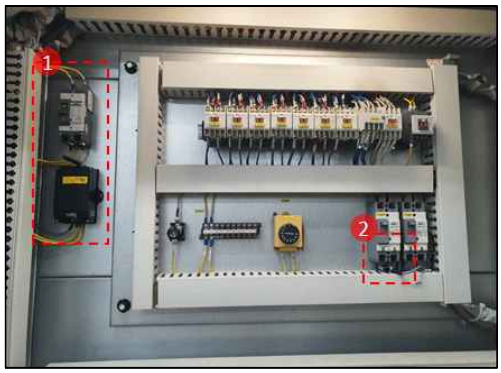
- 배전반 전면 상부 좌측 차단기, 열화상 센싱모듈(①) 부착
- 배전반 후면 상부 우측 열화상카메라(②) 부착
- 열화상카메라(②) PT R,S,T상 온도 측정

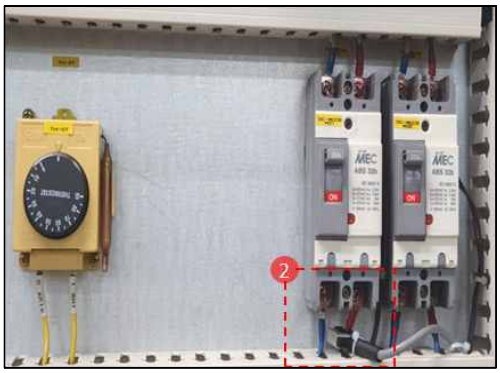
■ 수전설비 / 52R2, R3

- 배전반 전면 상부 좌측 차단기, 열화상 센싱모듈(①) 부착
- 배전반 후면 상부 우측 열화상카메라(②) 부착
- 열화상카메라(②) PT R,S,T상 온도 측정

■ 수전설비 / 52-1,2,3

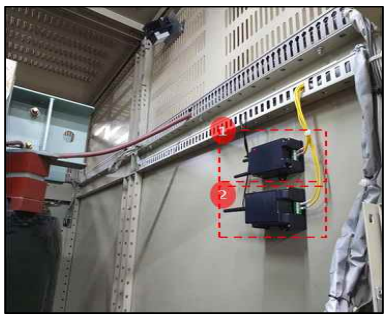
- 배전반 전면 상부 좌측 차단기, 전류 센싱모듈(①) 부착
- 배전반 전면 차단기 2차측 전류클램프(②) 체결
- 전류클램프(②) GCB동작 전류 측정

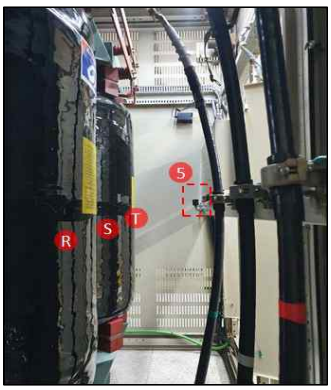




■ 변성설비 / SRTR-1,2,3, DTR-1,2

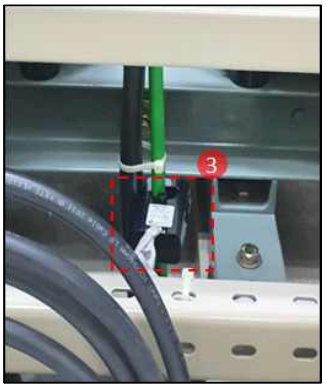
- 배전반 전면 상부 우측 KSA(①), 열화상 센싱모듈(②) 부착
- 배전반 전면 상부 우측 광Source(③), 변압기 철심 위 진동센서(④) 설치
- 배전반 전면 하부 우측 열화상카메라(⑤) 설치
- 열화상카메라(⑤) 변압기 코일 R,S,T상 온도 측정





■ 소내설비 / STR-1,2

- 배전반 전면 상부 우측 접지전류 센싱모듈(①), 열화상 센싱모듈(②) 부착
- 배전반 전면 하부 중앙 접지전류 클램프(③)
- 배전반 후면 우측 열화상카메라(④) 설치
- 열화상카메라(④) 변압기 코일 R,S,T상 온도 측정

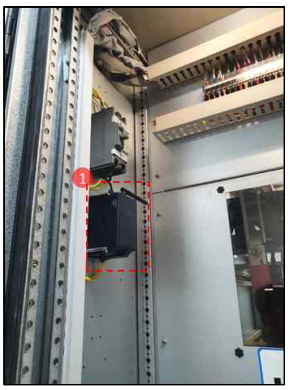


■ 배전설비 / 52DB-1,2

- 배전반 전면 상부 좌측 열화상 센싱모듈(①)설치
- 배전반 후면 상부 우측 열화상카메라(②)설치
- 열화상카메라(②) PT R,S,T상 온도 측정

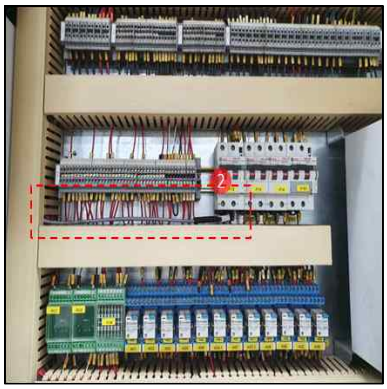
■ 배전설비 / 52H-1,2,3

- 배전반 전면 상부 좌측 열화상 센싱모듈(①)설치
- 배전반 후면 상부 우측 열화상카메라(②)설치
- 열화상카메라(②) PT 온도 측정



■ 급전설비 / 54F-1,2,3,4

- 배전반 전면 천장 별도 분전함 내부 전류 센싱모듈(①)설치
- 배전반 전면 차단기 2차측 전류클램프(②)체결
- 전류클램프(②) GCB 동작 전류 측정



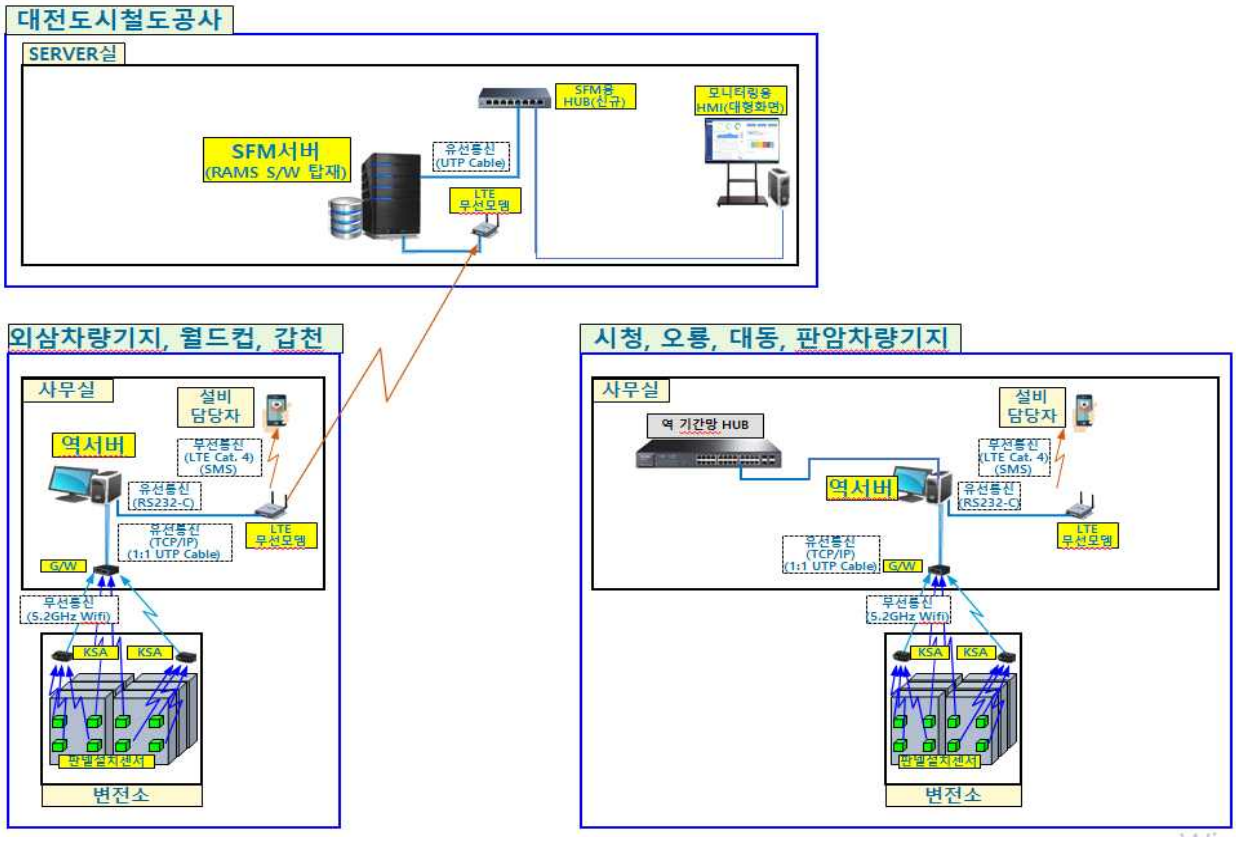
■ 소내설비 / ATS

- 배전반 전면 상부 좌측 전류 센싱모듈(①)설치
- 배전반 전면 상부 우측 차단기 2차측 전류클램프(②) 2CH 체결
- 전류클램프(②) ATS 동작 전류 1호계, 2호계 측정

■ 소내설비 / RTU

- 배전반 전면 하부 우측 전류 센싱모듈(①)설치
- 배전반 전면 하부 좌측 접지 전류클램프(②)체결
- 전류클램프(②) 접지 전류 측정

③ SFM 서버 및 역 서버 구축



[그림 39] Server Architecture

○ SFM SERVER 사양

구 분	세부 사항
MODEL	HPE ProLiant DL380 Gen10 8SFF Configure-to-order Server
CPU	HPE DL380 Gen10 Intel Xeon-Gold 6234 (3.3GHz/8-core/130W) FIO Processor Kit
MEMORY	HPE 16GB (1x16GB) Single Rank x4 DDR4-2933 CAS-21-21-21 Registered Smart Memory Kit * 2EA
DISK	HPE 2TB SAS 12G Midline 7.2K SFF (2.5in) SC 1yr Wty 512e HDD * 6ea HPE 480GB SATA 6G Read Intensive SFF (2.5in) SC 3yr Wty Digitally Signed Firmware SSD * 2EA
ARRAY	HPE 96W Smart Storage Battery (up to 20 Devices) with 145mm Cable Kit HPE Smart Array P408i-a SR Gen10 (8 Internal Lanes/2GB Cache) 12G SAS Modular Controller
POWER	HPE 500W Flex Slot Platinum Hot Plug Low Halogen Power Supply Kit * 2EA
MONITOR	LG IPS 24MP58VQ
WARRANTY	HPE 3 Year Foundation Care Next Business Day DL380 Gen10 Service
O/S	Microsoft Windows Server 2019 (16-Core) Standard Reseller Option Kit Korean SW
DATABASE	Oracle DBMS Standard Edition2 Per Processor
개발언어	Application - C# (Microsoft Visual Studio), AI - Python (Python Software Foundation)
기 타	HPE 2U Small Form Factor Easy Install Rail Kit HPE 3 Year Foundation Care Next Business Day DL380 Gen10 Service HP USB Keyboard &Mouse HPE OfficeConnect 1405 5G Switch (1Gbps-TX 5port Switch) * 4EA

[표 23] SFM SEVER 사양

○ 역 SERVER 사양(외삼기지, 판암기지, 시청역)

구 분	세부 사항
MODEL	4HJ20AV - HP IDS Z4 G4 WKS HP Z4 G4 Country Kit KOR
CPU	Intel Xeon W-2123 3.6 2666MHz 8.25 4C CPU
MEMORY	16GB (2x8GB) DDR4 2666 DIMM ECC Registered Memory APJ
DISK	1TB 7200RPM SATA 3.5in * 2
GRAPHIC	NVIDIA Quadro P400 2GB
POWER	HP Z4 G4 90 750W APJ Chassis
MONITOR	LG Electronics 32MP58HQW (White)
WARRANTY	3/3/3 (material/labor/onsite) Warranty SING
O/S	Windows 10 Pro 64 Workstations KOR
개발언어	C# (Microsoft Visual Studio)
기타	USB Business Slim Wired Keyboard KOR / HP Optical Wired Mouse USB 9.5mm DVD-Writer 1st ODD

[표 24] 역 SEVER 사양 (외삼기지, 판암기지, 시청역)

○ 역 SERVER 사양(대동역, 오룡역, 월드컵경기장역, 갑천역)

구 분	세부 사항
MODEL	HP IDS EliteDesk 800 G6 Tower PC
CPU	ntel Core i7 10700 2.9GHz 8C 65W CPU
MEMORY	8GB (1x8GB) DDR4 2666 DIMM Memory
DISK	1TB 7200RPM SATA HDD * 2
POWER	500W Power Supply
MONITOR	LG Electronics 27MK430H (LCD 모니터)
WARRANTY	3/3/3 (material/labor/onsite) Warranty SING
O/S	Windows 10 Pro 64bit
개발언어	C# (Microsoft Visual Studio)
기 타	USB Business Slim Wired Keyboard KOR / HP Optical Wired Mouse USB 9.5mm DVD-Writer G3 800/600 Tower / Camel Mount SB-70B

[표 25] 역 SEVER 사양 (대동역, 오룡역, 월드컵경기장역, 갑천역)

○ 허브 사양

구 분	세부 사항
MODEL	HP OfficeConnect 1405 5-Port Gigabit(JH407A)
Features	포트 : (8) RJ-45 autosensing 10/100/1000 ports 처리량 : 7.4 Mpps 라우팅/스위칭 용량 : 10 Gbps 소비 전력 : 3.0 W (최대) 최소 규격 : 11.43 x 9.14 x 3.56 cm

[표 26] 네트워크 허브 사양

○ HMI 모니터링 PC 사양

구 분	세부 사항
MODEL	HP IDS EliteDesk 800 G5 Tower PC EliteDesk 800 TWR G4/G5 Chassis
CPU	Intel Core i7 9700 3.0 2666MHz 12M 8C 65W CPU
MEMORY	8GB (1x8GB) DDR4 2666 DIMM Memory
DISK	1TB 7200RPM SATA 3.5in * 2
POWER	500 W Power Supply
MONITOR	SAMSUNG UHD TV 모니터 UN70RU7100 (대형 모니터)
WARRANTY	3/3/3 (material/labor/onsite) Warranty SING
O/S	Windows 10 Pro 64bit
개발언어	C# (Microsoft Visual Studio)
기 타	Integrated Intel® UHD Graphics 630 / USB Business Slim Wired Keyboard KOR HP Optical Wired Mouse USB / 9.5mm DVD-Writer G3 800/600 Tower

[표 27] HMI 모니터링 PC 사양

○ LTE 모뎀 사양

구 분	세부 사항
MODEL	RCU-890L
Features	제품구성 : CDMA(SKT향) 동작온도 : -20℃ ~ 80℃ 정격입력 : DC 220v 정격출력 : DC 5v U A R T : 1EA, RS232C Std. G P I O : 4EA,Digital Input/Output 지원 부가기능 : TCPIP 접속지원 크 기 :59.5 x 61 x 23(mm)

[표 28] LTE모뎀 사양

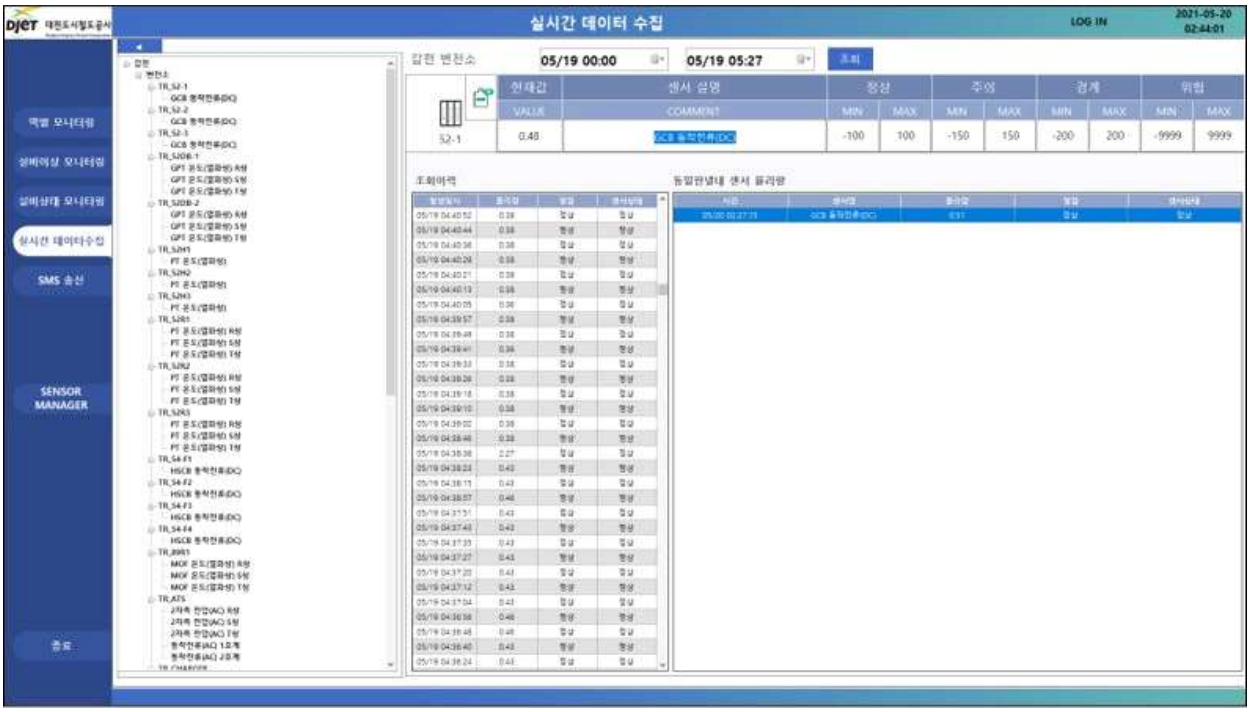
○ SOFTWARE 사양

구분	품명	세부규격
역 서버	역별 통신 서버	O/S : Windows 10 Pro Workstations KOR
		DB : MySQL 8.0 CE
		프로그램언어 : Microsoft Visual C# 2015
SFM 서버	SFM 시스템 메인 서버	O/S : Microsoft Windows Server 2019 Standard
		DB : Oracle DBMS Standard 11g Release Edition
		프로그램언어 : Microsoft Visual C# 2015, Python
역서버 HMI	역 서버 모니터링 HMI	O/S : Windows 10 Pro Workstations KOR
		DB : MySQL 8.0 CE
		프로그램언어 : Microsoft Visual C# 2015
SFM HMI	SFM 서버 모니터링 HMI	O/S : Windows 10 Pro Workstations KOR
		DB : Oracle DBMS Standard 11g Release Edition
		프로그램언어 : Microsoft Visual C# 2015

[표 29] SFM시스템 SOFTWARE 사양

④ SW 실시간 데이터 조회 및 누적 데이터 확인

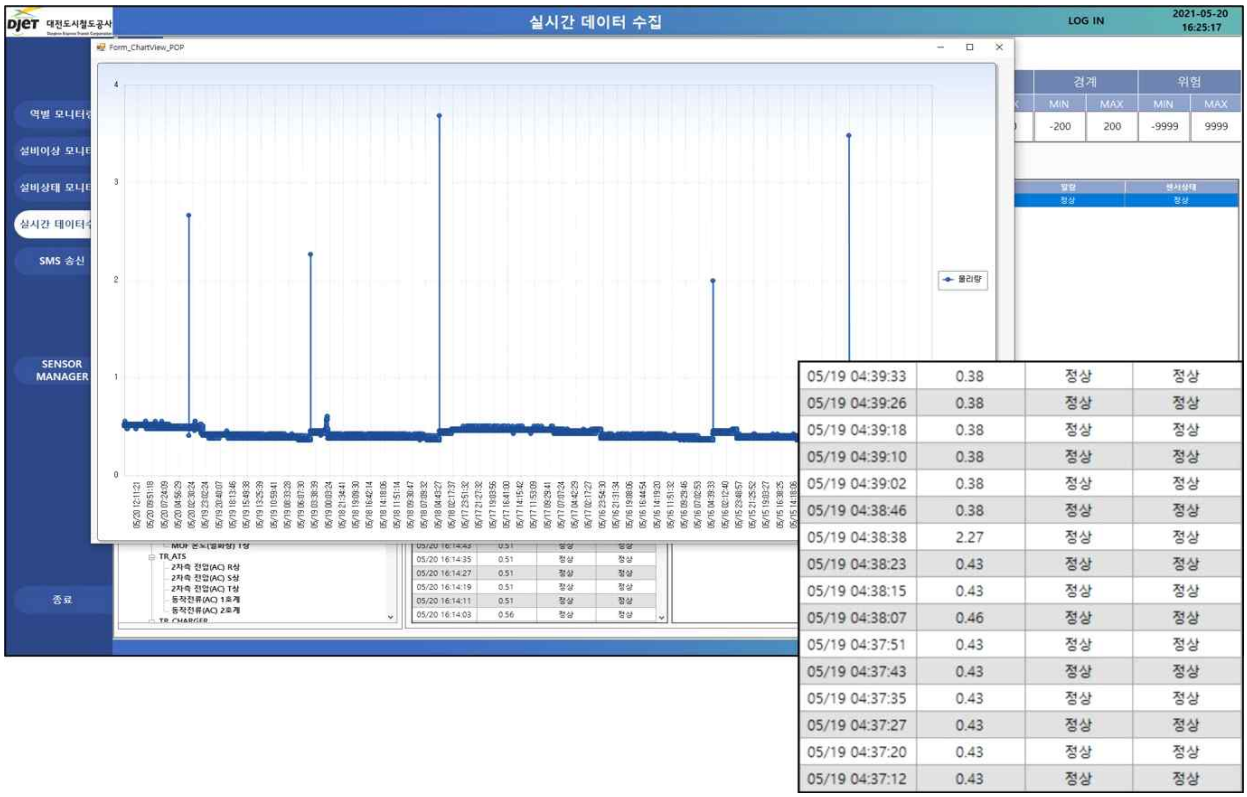
○ 데이터 송수신 상태



[그림 40] 실시간 데이터 수집 화면

○ 이상 데이터 감지

- 차단기 전원 투입시 동작전류 이상 데이터 감지 확인



[그림 41] 이상 데이터 감지 화면

⑤ 설비별 이상징후 판단 기준값

- 적용대상 : 대전도시철도공사 변전소

구분	배전반	시설물	센서종류	정상구간		주의(유지관리)		경계(점검보수)		위험(즉시조치)		비고
				최소	최대	최소	최대	최소	최대	최소	최대	
수전설비	**89R1**	MOF	온도(열화상)	0	40	41	50	51	55	56		
	52R1	PT	온도(열화상)	0	40	41	50	51	55	56		
	52R2	PT	온도(열화상)	0	40	41	50	51	55	56		
변성설비	**52-1**	GCB	전류(DC)	0	2	2.1	2.5	2.6	5	5.1		
	52-2	GCB	전류(DC)	0	2	2.1	2.5	2.6	5	5.1		
	52-3	GCB	전류(DC)	0	2	2.1	2.5	2.6	5	5.1		
	SRTR-1	코일 표면	온도(열화상)	0	50	51	55	56	60	61		
		철심	진동	1000	1100	1101	1130	1131	1150	1151		
	SRTR-2	코일 표면	온도(열화상)	0	50	51	55	56	60	61		
		철심	진동	1000	1100	1101	1130	1131	1150	1151		
	SRTR-3	코일 표면	온도(열화상)	0	50	51	55	56	60	61		
		철심	진동	1000	1100	1101	1130	1131	1150	1151		
	DTR-1	코일 표면	온도(열화상)	0	50	51	55	56	60	61		
		철심	진동	1000	1100	1101	1130	1131	1150	1151		
	DTR-2	코일 표면	온도(열화상)	0	50	51	55	56	60	61		
급전설비	**54-F1**	HSCB	전류(DC)	0	2	2.1	2.5	2.6	5	5.1		
	54-F2	HSCB	전류(DC)	0	2	2.1	2.5	2.6	5	5.1		
배전설비	**52DB-1**	GPT	온도(열화상)	0	50	51	55	56	60	61		
	52DB-2	GPT	온도(열화상)	0	50	51	55	56	60	61		
	52H1	PT	온도(열화상)	0	50	51	55	56	60	61		
	52H2	PT	온도(열화상)	0	50	51	55	56	60	61		
	52H3	PT	온도(열화상)	0	50	51	55	56	60	61		
	52CH1	PT	온도(열화상)	0	50	51	55	56	60	61		
	52CH2	PT	온도(열화상)	0	50	51	55	56	60	61		
소내설비	**STR-1**	코일 표면	온도(열화상)	0	50	51	55	56	60	61		
		2종 접지	전류(접지)	0	0.5	0.6	1	1.1	2	2.1		
	STR-2	코일 표면	온도(열화상)	0	50	51	55	56	60	61		
		2종 접지	전류(접지)	0	0.5	0.6	1	1.1	2	2.1		
	ATS	동작전류	전류(AC)	0	2.5	2.6	3	3.1	5	5.1		
	RTU	접지측	전류(접지)	0	0.5	0.6	1	1.1	2	2.1		
	IN-TR	실내환경	온도	20	30	31	35	36	40	41		
			습도	40	50	51	55	56	60	61		

(라) 공인기관 환경시험 및 전자파시험

① 목적

국토교통기술사업화지원사업 『도시철도 전력신호통신 설비 상태 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템 개발(SFM)』 3차년도 연구개발 과정으로 'Test-bed 구축 및 성능 검증'을 위해 무선센싱모듈의 환경 및 전자파 시험 공인기관에 의뢰

② 센서별 시험 항목

NO	구분	시험 건수	환경시험			EMC시험								비고
			고온	충격	내전압	EMS (전자파내성)						EMI (전자파방해)		
						ESD	RS	EFT/ Burst	Surge	CS	MF	RE	CE	
1	진동 센서	6	○	○		○	○				○	○		
2	온습도 센서	5	○			○	○				○	○		
3	KSA	10	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4	AC 전압 센서	10	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
5	DC 전압 센서	10	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
6	전류 센서	10	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
7	광 Source	10	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
8	열화상 센서	10	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
계		71												

[표 30] 무선센싱모듈 공인기관 환경&전자파 시험 항목

[EMS]

. 정전기방전내성시험 (Electrostatic Discharge Immunity Test)
. 전자파방사내성시험 (Radiated RF-Electromagnetic Field Immunity Test)
. 전기적빠른과도현상내성시험 (Electrical Fast Transient/Burst Immunity Test)
. 서지내성시험 (Surge Immunity Test)
. 전자파전도내성시험 (Conducted RF Field Immunity Test)
. 전원주파수자계내성시험 (Power-Frequency Magnetic Field Immunity Test)

[EMI]

. 전자파 방사시험(Radiated Emission Test)
. 전자파 전도시험(Conducted Emission Test)

③ 시험성적서

[그림 43] 무선센싱모듈 공인기관 환경&전자파 시험성적서

(마) 무선센싱모듈 신뢰성 분석

① 제3자 검증 기관

회사명	㈜한국신뢰성기술
회사소개	융합분야(이/공학분야) 연구개발업/이중화 제어기/소프트웨어판매/소프트웨어개발/신뢰성기술용역/컨설팅/하드웨어개발및판매/학술/연구용역 등 기타 자연과학 연구개발업체
홈페이지	https://www.korts.co.kr/
주 소	대전광역시 서구 둔산중로 38 둔산메트로존 704호
대표이사	이우준
연 락 처	042-932-6701
참여인원	이우준 공학박사 외 1명

② 목적

SFM(Sensing and Fusion Data Monitoring) 시스템 중 무선센싱모듈 및 KSA(Kumho Sensor Adaptor) 모듈에 대한 신뢰성 분석 방법으로 부품단위의 고장률 예측 및 추정방법과 부품으로 구성된 시스템의 신뢰성분석 방법을 기술하며, 보전성 및 가용도를 산출하는 방법을 기술한다. 또한 SFM 구성모듈에 대하여 Telcordia-332SR 기준으로 모듈의 고장률을 예측한 결과를 기술한다.

③ 범위

- 설비 고장률 예측을 위한 전기/전자 부품 고장률 예측방안
- 설비 수명평가를 위한 신뢰성 모델링 방법 및 연산 이론
- SFM 구성모듈에 대하여 Telcordia SR-332기준으로 고장률 예측

④ 신뢰성 분석 대상

- 광소스 및 열화상 센싱모듈
- 온습도 센싱모듈
- 전류 센싱모듈(AC, DC, 접지)
- 전압 센싱모듈(DC, AC)
- 진동 센싱모듈
- KSA

⑤ 고장율 예측 결과

Telcordia SR-332에 대한 Factor 중에서 사용자가 입력하는 Factor는 환경계수, 온도계수, 품질계수, Stress계수이며 SFM 중 해당모듈에 대한 고장률 예측결과는 [표]과 같다. 각 모듈별 상세결과는 부록을 참조한다.

명칭	모델번호	고장률(FITS)	고장률(/h)	MTBF (h)
광소스	KH-SFMI	20,363	2.036E-05	49,109
열화상센서 (카메라모듈포함)	KH-SFMIR	2,738.011	2.738E-06	365,229
온습도센서	KH-SFMTH	217.320	2.173E-07	4,601,520
전류센서 (DC, AC, 접지)	KH-SFMCD	3,477.019	3.477E-06	287,603
전압센서(DC,AC)	KH-SFMVD, KH-SFMVA	3,925.879	3.926E-06	254,720
진동 센서	KH-SFMA	108.697	1.087E-07	9,199,894
KSA	KH-SFMKSA	5,895.969	5.896E-06	169,607

[표 31] 모듈별 고장률

(바) 소프트웨어 성능 및 신뢰성 검증

① 제3자 검증 기관

회사명	㈜테스트웍스
회사소개	기술 기반 성장과 함께 사회적 미션을 수행하고 있는 업계 유일의 인공지능 데이터, 자동화 및 소프트웨어 테스팅 전문 사회적 기업
홈페이지	https://www.testworks.co.kr/
주 소	서울 송파구 백제고분로 41길 42-19 (더블유123빌딩) 3, 4층
대표이사	윤석원
연 락 처	02-423-5178
참여인원	

이름	등급	총 투입기간(M/M)	역할
송래혁	고급	2.0	테스트 리더
현규섭	중급	2.0	테스트 엔지니어
최석의	초급	2.0	테스트 엔지니어

② 목적 및 범위

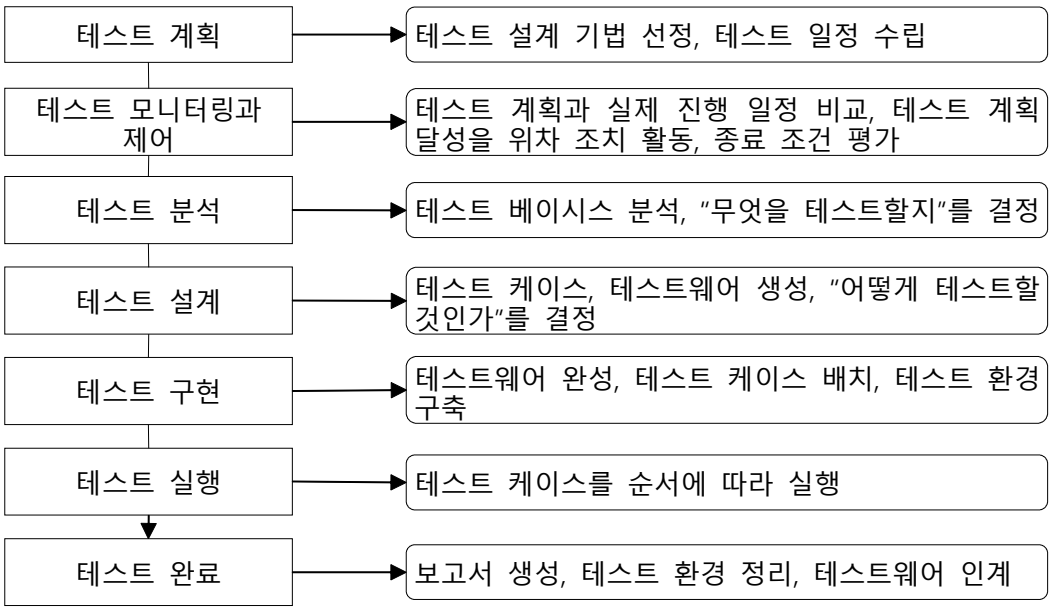
- 신뢰성시험 : 1개 역(단대오거리 역)에 설치된 1가지 종류(온도(열화상 포함), 습도, 전압, 전류, 진동 중 1) 센서의 센싱 포인트로부터 유효한, 비유효한 데이터를 5초 간격으로 24시간 번갈아서 전송하여 SFM서버 DB에 저장되는지의 여부를 확인한다.
- 통합성능시험 : 1개 역(단대오거리 역)에 설치된 1가지 종류(온도(열화상 포함), 습도, 전압, 전류, 진동 중 1) 센서의 센싱 포인트로부터 유효한, 비유효한 데이터를 1회 전송 SFM서버 DB에 저장되기까지의 시간을 측정한다. (Sleeptime : 5초 간격, 10회 측정하여 평균)
- 통합기능시험 : 3개 역에 설치된 5가지 종류(온도(열화상 포함), 습도, 전압, 전류, 진동) 센서에 속한 총 773개의 센싱 포인트로부터의 데이터를 취합하여 전송하는 GW(Gateway를 시뮬레이션한 Test Program을 통하여 데이터가 어떠한 이상 없이 역 서버의 DB(MySQL)와 SFM(Sensor Fusion data Monitoring) 서버(Oracle DB)에 저장이 정상적으로 되는지 검증한다.

③ 검증기간

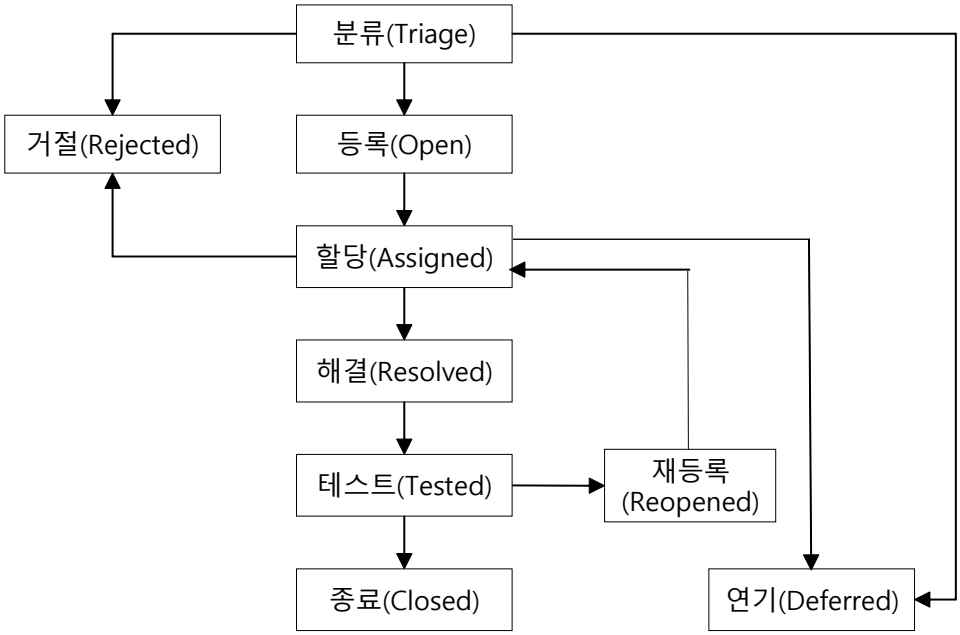
- 2020년 9월 16일 ~ 2021년 1월 25일(약 4개월간)

④ 검증 프로세스

- 테스트 프로세스(ISTQB CTFL 2018 실러버스에서 발췌)

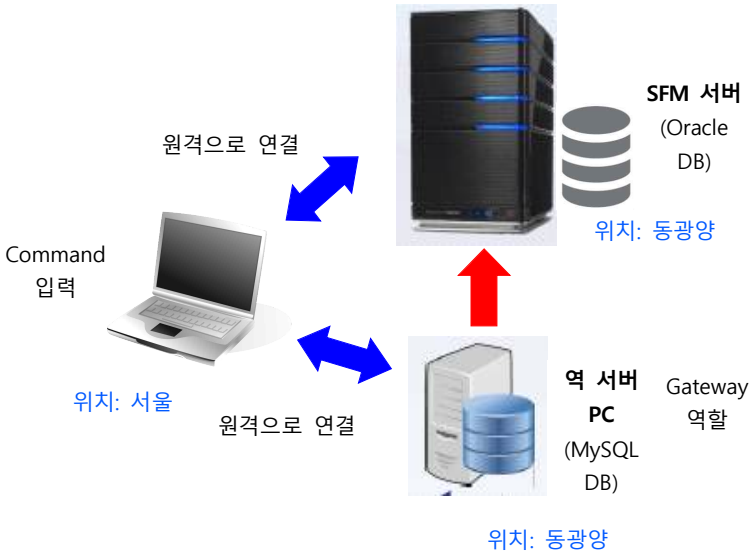


- 결함관리 프로세스(ISTQB CTAL Test Manager 샘플 문제에서 발췌)

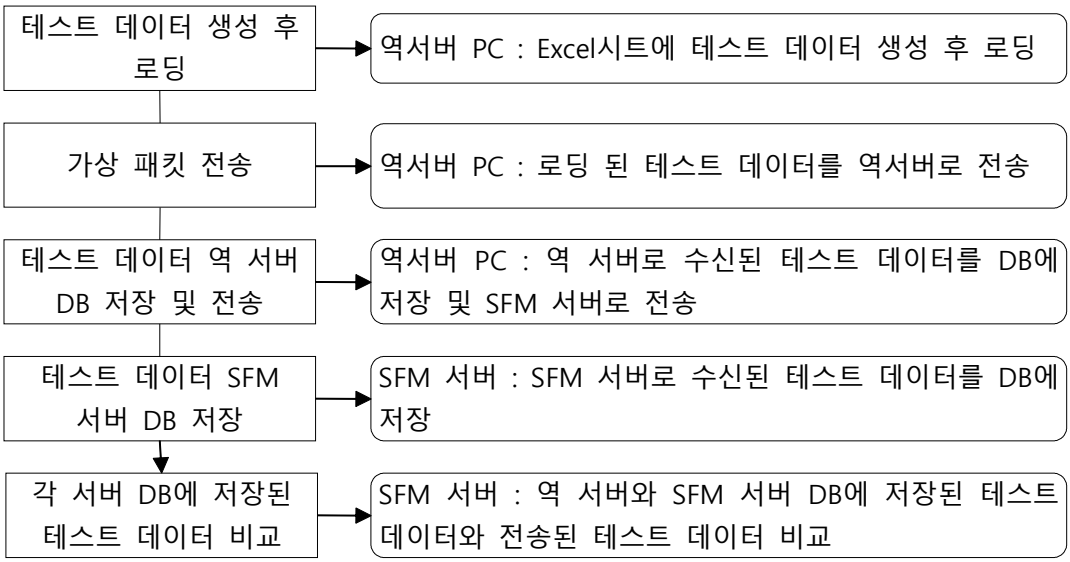


상태	내용
분류(Triage)	결함을 분류(수정, 거절, 연기로 분류)
등록(Open)	결함을 시스템에 등록하거나 문서로 공유
할당(Assigned)	결함을 담당자에게 할당
해결(Resolved)	결함을 담당자가 해결 완료
테스트(Tested)	테스터가 해결된 결함을 테스트
거절(Rejected)	결함 아님으로 처리
재등록(Reopened)	동일한 결함이 재 발생하여 다시 한 번 등록
연기(Deferred)	결함은 이번 버전이 아닌 다음 버전에서 해결하기 위해 연기
종료(Closed)	결함 해결 및 테스트 완료

- 테스트 환경 구성(SW, HW) :역 서버 PC 1대와 SFM 서버 1대에 Python 프로그램 설치



[그림 44] 테스트 환경 구성도



④ 검증결과 : PASS

구분	측정 항목	결과
1)신뢰성 시험	1개역 1개의 센싱 포인트의 유효한, 비유효한 데이터를 5초 간격으로 24시간동안 번갈아서 전송하여 SFM서버 DB에 저장여부를 확인	총 패킷: 17,262 개 Pass: 17,262 Fail: 0
2)통합 성능시험	역서버에서 유효한 데이터를 전송 후 SFM서버 DB에 저장되기까지의 시간	소요시간 : 584.3msec
	역서버에서 비유효한 데이터를 전송 후 SFM서버 DB에 저장되기까지의 시간	소요시간 : 587.3msec

3) 통합기능시험			PASS	FAIL				합계
대상		테스트 케이스 수 (완료/대상)		소계	CR	MA	MI	
모란기지 역 (센싱 포인트 : 265개)	GW→SFM서버 DB 데이터	216/216	216	0	0	0	0	216
모란 역 (센싱 포인트 : 199개)	GW→SFM서버 DB 데이터	216/216	216	0	0	0	0	216
단대오거리 역 (센싱 포인트 : 309개)	GW→ SFM서버 DB 데이터	216/216	216	0	0	0	0	216
합계		648/648	648	0	0	0	0	648

[표 32] 소프트웨어 신뢰성 테스트 결과

(사) KC 인증(전자파 적합성)

① 인증기관

회사명	㈜케이씨티엘
회사소개	글로벌 네트워크를 기반으로 국가별 안전기준을 충족하고, 제품의 신속한 시장 진입이 가능하도록 시험부터 인증획득까지 종합서비스 제공
홈페이지	https://www.kctl.co.kr/
주 소	경기도 수원시 영통구 신원로 65
대표이사	이강석
연 락 처	031-256-5881

② 목적

- 국토교통기술사업화지원사업 『도시철도 전력신호통신 설비 상태 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템 개발(SFM)』과제에서 개발된 무선설비 기기의 전자파적합성 기준 시험을 통과하여 SFM시스템의 안전성을 확보하고 사업화를 준비하기 위해 전자파 적합성에 대한 KC인증을 추진한다.

③ 인증 대상

- KSA
- 열화상 센싱모듈
- 온습도 센싱모듈
- 전류 센싱모듈
- 전압 센싱모듈
- 진동 센싱모듈

④ 시험방법

- 전도성 방해시험(KS C 9832)
- 방사성 방해시험(KS C 9832)
- 정전기 방전 내성시험(KS C 9610-4-2)
- 방사성 RF 전자기장 내성시험(KS C 9610-4-3)
- 전기적 빠른 과도현상/버스트 내성시험(KS C 9610-4-4)
- 서지 내성시험(KS C 9610-4-5)
- 전도성 RF 전자기장 내성시험(KS C 9610-4-6)
- 전압강하 및 순간정전 내성시험(KS C 9610-4-11)

⑤ 시험 결과 : 적합(6개 제품)

제품명칭	기본 모델명	등록번호	등록일
무선중계기(KSA)	KH-SFMKSA	R-R-kep-KHSKSA	2021-07-14
전압 센싱모듈(AC,DC)	KH-SFMV	R-R-kep-KHSFMV	2021-07-29
열화상 센싱모듈	KH-SFMIR	R-R-kep-KHSFMIR	2021-07-29
온습도 센싱모듈	KH-SFMTH	R-R-kep-KHSFMTH	2021-07-29
전류 센싱모듈(AC,DC,접지)	KH-SFMC	R-R-kep-KHSFMC	2021-07-29
진동 센싱모듈	KH-SFMAM	R-R-kep-KHSFMAM	2021-07-30

(5) RAMS 시스템 연계

RAMS 시스템 분석을 위한 SFM 데이터 처리 프로세스를 조사했고, SFM~RAMS 간 표준 프로토콜 설계, RAMS 시스템 인터페이스 설계 및 개발을 하였다. SFM 서버 데이터와 RAMS 통합시스템의 데이터를 기반으로 시설물의 예측(노후관리, 수명관리 ,상관분석) 알고리즘을 센서데이터 기반 융합분석 시스템에 적용하여 최종 시스템 구현을 완료하였다.

① 시스템 개요

◯ 소프트웨어 구조

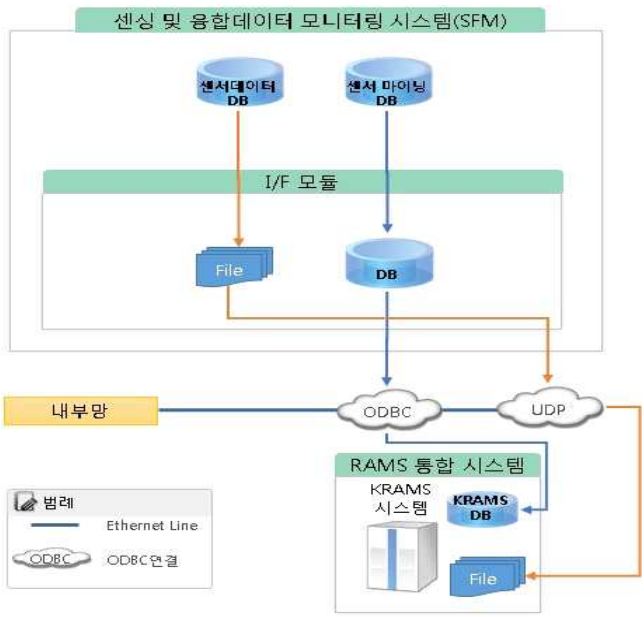
· 센서데이터 기반 융합분석 시스템 소프트웨어는 Web 기반으로 용자가 따로 설치파일을 직접 사용자 PC에 설치할 필요가 없는 소프트웨어이다.

· SFM 시스템과 연동을 위해 내부망에 연결되어 있어야 한다.

[그림 45] 센싱데이터 기반 융합분석 시스템 기능 구성도

◯ 시스템 운용개념

· SFM 시스템에서 각종 센서에 대한 물리량 데이터 및 센서 데이터를 RAMS 통합 시스템에 데이터를 전송해 주는 역할을 한다. 아래는 I/F 모듈의 구성도를 나타낸 것이며, SFM 시스템의 데이터를 지정한 시간에 맞춰 연계한 후, 데이터 변환 장치의 매핑을 통하여 KRAMS 시스템에 변환된 데이터를 적재하는 구성방식이다.



[그림 46] SFM~RAMS 연계 I/F 모듈 구성도

· 연동방식은 2가지 방식으로 나뉜다. 센서 데이터는 UDP 방식의 File 형태로 연계하고, 센서 마이닝 데이터는 DB to DB방식으로 ODBC인 SQL 표준 인터페이스를 기반으로 이기종간 데이터 베이스를 변환하여 사용이 가능하다.

○ 하드웨어 구성현황

· 센서데이터 기반 융합분석 시스템은 RAMS 통합시스템이 설치된 서버에 구성된다. RAMS 통합시스템의 하드웨어 구성은 다음과 같다.

구 분	사 양	역 할
Web/WAS Server	▪E5-2699v4 ▪CPU : 1P/22C Memory : 128G ▪HDD : 240GB SSD*2EA, 900GB*14EA ▪ODD, P440ar/2G, Rail, Power*2EA ▪WinSvrSTDCore 2016 SNGL OLP 2Lic NL CoreLic ▪WinSvrCAL 2016 SNGL OLP NL UsrCAL*5User ▪Oracle Database Standard Edition 2 Named User 0User(11g)	Web/WAS/DBMS Server
방화벽	▪CPU : 4Core Memory : 16GB CF : 4GB ▪HDD : 2TB Interface : 10/100/1000 Base-T *8, 1G Base-X * 8 ▪방화벽 성능(Max) : 16G ▪Concurrent Session : 4,500,000	
L3 스위치	▪Cisco Catalyst 3650 24 Port Data 4*1G Uplink IP Base ▪1000Base-SX SFP transceiver module, MMF, 850nm*8EA	

[표 33] RAMS 통합시스템 HW현황

○ 소프트웨어 목록

· 목표 시스템 운용시 활용할 제품은 아래 표와 같다.

구분			제품정보				표준정보
대상	제품구분	제품유형	제품명칭	버전	제품설명	제작사	사용표준
WEB/ DB 서버	시스템 운영	OS	Window Svr	2012	운영SW	MS	
	패키지/ 컴포넌트	DBMS	ORACLE	11g	DBMS	오라클	
		Web 컨테이터	Tomcat	7.0	WAS	아파치	
		JAVA	JRE	7.0	java 실행 운용	오라클	

[표 34] RAMS 통합시스템 SW현황

② 시스템 상태 및 운용모드

센서데이터 기반 융합분석 시스템은 정상 상태와 장애 상태로 구분한다. 정상 상태는 정상적으로 운영 시나리오에 따라 사용자에게 정보를 제공하는 것을 말하며, 장애상태는 시스템에 장애가 발생하여 정상적으로 사용할 수 없는 상태이다.

· 정상상태 : 정상 상태는 센서데이터 기반 융합분석 시스템이 정상적으로 운영되는 상태로 사용자는 아무런 제약 없이 시스템을 사용할 수 있다.

· 장애상태 : 장애 상태는 시스템에 장애가 발생하여 정상적으로 사용할 수 없는 상태로서 주요한 장애 상태는 다음과 같이 구분한다.

구 분	해결방안
H/W 장애	시스템의 운영/관리/장애 상태에 관계없이 해당 클라이언트의 문제를 진단한 후 해결한다.
데이터베이스 장애	도시철도 센서데이터 기반 융합분석 시스템은 Oracle를 데이터베이스로 사용한다. 따라서 Oracle에 문제가 발생했을 경우 Oracle 프로그램의 복구 기능을 이용하여 문제를 해결한다.
소프트웨어 실행장애	소프트웨어 실행 문제가 발생했을 경우는 프로그램을 재설치 후 실행한다. 재설치 후에도 계속해서 실행 문제가 발생할 경우 개발업체에 문의한다.

[표 35] RAMS 통합시스템 장애구분&해결방법

③ SFM~RAMS시스템 간 데이터 처리 및 프로세스 검증

SFM에서 관리하는 대상 시설물을 RAMS 시스템의 시설물 정보 데이터베이스에서 해당되는 시설물을 식별하여 시설물간 매핑정보를 정의한다. SFM의 시설물별 세부센싱 항목에 대한 RAMS 시스템의 시설물 수집 데이터 테이블에서의 항목을 매핑한 후 RAMS 시스템에 반영한다. 그 이후 실제 SFM의 센싱 데이터를 기반으로 RAMS 시스템의 기능 및 신뢰성을 검증하고 이를 통해 SFM와 RAMS 시스템간 데이터 처리 프로세스를 검증한다.

○ SFM와 RAMS간 시설물 식별 및 매핑 정의

SFM 센싱 포인트별 센서 목록에서 센싱포인트 + 기능실ID로 SFM 시설물코드로 정의하고, 센싱포인트 + 기능실ID + 판넬ID로 SFM 시설물 식별번호로 정의한다. SFM 시설물코드는 RAMS 시스템의 시스템분류코드와 매핑되고, SFM시설물식별번호는 RAMS 시스템의 시설번호와 매핑된다.

○ SFM의 시설물별 세부센싱 항목에 대한 RAMS시스템 수집 테이블에서의 항목 매핑 정의

SFM 센싱 포인트별 센서 목록에서 센싱포인트 + 기능실ID + 판넬ID + 센서종류 + 센서ID로 세부센싱항목으로 정의한다. 센서종류는 센서별로 온도(T/I), 전압(V), 전류(C), 습도(H), 진도(F/A)으로 구분한다.

세부센싱항목	세부센싱항목명칭	센싱데이터					진단데이터				
		온도	전압	전류	습도	진동	온도	전압	전류	습도	진동
DANDE5_ER_52P1_H_1_2	배전반 하부 습도				O					O	
DANDE5_ER_52P1_I_2_1	GPT 온도 R상	O					O				
DANDE5_ER_ATS_V_1_1	ATS 2차 전압 R상		O					O			
DANDE5_ER_TR1_A_2_1	진동					O					O
DANDE5_TR_52-3_C_1_1	차단기 차징모터 전류			O					O		

[표 36] RAMS 통합시스템 매핑 정의

○ SFM의 센싱 데이터 기반 기능 및 신뢰성 검증시험

센서데이터 기반 융합분석 시스템 기능·보안 검증은 통합시험과 보안취약성 검증을 통해 RAM 분석을 위한 SFM 데이터 처리 프로세스를 검증하였다. 통합시험은 연구주관기관 및 개발사의 담당자로 시험 조직을 구성하여 요구된 항목별로 구현된 소프트웨어의 기능이 정상 작동하는지와 소프트웨어가 정확하게 구현되었는지 검증모델에 따른 부합성 여부를 확인하였다. 보안취약성 검증은 보안 규칙에 대한 약점이 없는 지를 국정원 CC 인증을 획득한 툴을 통해 정적시험을 수행하였다.

④ 통합시험

"도시철도 전력신호통신 설비상태 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템(SFM)" 연구의 결과로 요구된 항목별로 구현된 센서데이터 기반 융합분석 시스템의 기능이 정상 작동하는지와 소프트웨어가 정확하게 구현되었는지 검증모델에 따른 부합성 여부를 확인하는 것이 목적이다.

○ 시험 범위

· 센서데이터 기반 융합분석 시스템에서 구현한 모든 기능을 종합하여 시험

○ 시험 장소

시험 장소는 개발사의 연구소이다. 시스템 연계 기능 관련 시험은 구축된 테스트베드 내부에서만 시험이 가능하므로 반드시 SFM 서버가 설치된 내부망에서 시험한다.

○ 시험 조직 : 시험을 위한 관련 조직은 아래와 같다.

구분	역할	담당자	소속
시험지원	▪ 테스트 시나리오 작성 ▪ 통합테스트 지원 수행 ▪ 테스트 결과서 작성 ▪ 현장 적용 시스템 구축 및 시험	기능별 개발자	카이엠
시험자	▪ 통합시험 수행자	개발팀 담당자 및 주관기관	카이엠/ 금호전력

○ 시험방법 : 시험방법은 각 구분별로 시험을 실시하여 평가 결과를 기준으로 적합 여부를 판정한다.

· 기능 요구사항

■ 시험명세서에 제공된 시험 시나리오 및 시험용 데이터를 이용하여 시험 수행

■ 요구사항별 기능부분 시험명세서를 기준으로 적합 여부를 판정

○ 시험 준비사항

· 소프트웨어 준비사항 : 시험장비에 설치될 소프트웨어 목록

■ OS : MS Windows Server 2016

■ 전자정부프레임워크

■ DBMS : Oracle 11g SE

■ 어플리케이션 : 센서데이터 기반 융합분석 시스템 SW

· 하드웨어 준비사항 : 시험 대상에 하드웨어는 해당사항 없음

· 시험환경 사양

구분	사양
통합 서버	▪ E5-2699v4
	▪ CPU : 1P/22C Memory : 128G
	▪ HDD : 240GB SSD*2EA, 900GB*14EA
	▪ ODD, P440ar/2G, Rail, Power*2EA
	▪ WinSvrSTDCore 2016 SNGL OLP 2Lic NL CoreLic
	▪ WinSvrCAL 2016 SNGL OLP NL UsrCAL*5User
	▪ Oracle Database Standard Edition 2 Named User 10User(11g)

구분	사양
테스트 PC	▪ E5-2699v4
	▪ CPU : 1P/22C Memory : 128G
	▪ HDD : 240GB SSD*2EA, 900GB*14EA
	▪ ODD, P440ar/2G, Rail, Power*2EA
	▪ WinSvrSTDCore 2016 SNGL OLP 2Lic NL CoreLic
	▪ WinSvrCAL 2016 SNGL OLP NL UsrCAL*5User
테스트 브라우저	▪ 명칭:Chrome ▪ 버전:84.0.4147.125
테스트 데이터	▪ 버전 : SAMPLE-DATA-20200813
테스트 SW	▪ WAS : ApacheTomcat7 ▪ 프레임워크 : 전자정부프레임워크3.6 ▪ 형상버전 : SRC-1.1

◯ 시험결과 개요

· 수행기간 : '20/08/13

· 시 험 자 : 금호전력 2명, 카이엠 2명

· 시험대상 : 전 기능을 대상으로 시험 실시

- 시험결과 : 총 Test-Case 10건 중 적합 10개, 부적합 0개

No	Test Case ID	Test Case 명	화면 접근방법 (메뉴)			시험절차	평가기준	적/부
			화면ID	메뉴	화면(탭)			
1	TC-FC-001	시설물 매핑 목록 조회	UI-FC-001	시설물 매핑	-	E&M분류, E&M코드, 호선, 역명을 검색조건으로 선택한 후 검색 버튼을 클릭. -입력정보: E&M분류, E&M코드, 호선, 역명 -출력정보: 시설물명칭, 시설번호, 위치관리번호, 호선, 역명, 모델, 제작사, SFM시설물코드, SFM시설물식별번호, 처리기준등록수	검색조건에 부합된 시설물 매핑 목록 정상 출력 여부 확인	적
2	TC-FC-002	매핑 등록	UI-FC-002	시설물 매핑	매핑등록	매핑등록 버튼 클릭. 시설물 매핑 등록 팝업 화면에서 정보 입력 후 저장 버튼 클릭.	매핑등록된 시설물이 시설물 매핑 목록에 조회되는지 확인	적
3	TC-FC-003	일괄 매핑	UI-FC-003	시설물 매핑	일괄매핑	일괄매핑 버튼 클릭. 시설물 일괄매핑 등록 팝업 화면에서 매핑 엑셀파일을 업로드 후 매핑 버튼 클릭.	일괄매핑등록된 시설물이 시설물 매핑 목록에 조회되는지 확인	적
4	TC-FC-004	처리 기준	UI-FC-004	시설물 매핑	처리기준	시설물 매핑 목록에서 단수의 데이터를 선택한 후 처리기준 버튼 클릭. -입력정보: 센싱항목, 세부센싱항목코드, 세부센싱항목명칭, 정상구간(최소/최대), 주의(최소/최대), 경계(최소/최대), 위험(최소/최대). - 추가 버튼을 클릭하면 센싱 데이터 처리 기준 Row가 추가됨. - 센싱 데이터 처리 기준을 선택하고 삭제 버튼을 클릭하면 Row가 삭제됨. - 편집완료 후 저장버튼을 클릭하여 DB에 저장처리요청	저장 후 처리기준을 조회하여 편집된 정보가 존재하는지 확인. 처리기준이 정상적으로 추사/삭제되는지 확인.	적

No	Test Case ID	Test Case 명	화면 접근방법 (메뉴)			시험절차	평가기준	적/부
			화면ID	메뉴	화면(탭)			
5	TC-FC-005	일괄처리기준	UI-FC-005	시설물 매핑	일괄처리기준	일괄처리기준 버튼 클릭. 센싱 데이터 처리 기준 일괄등록 팝업 화면에서 처리기준 일괄 등록 엑셀파일을 업로드 후 일괄등록 버튼 클릭.	처리기준을 조회하여 일괄처리기준 정보가 존재하는지 확인.	적
6	TC-FC-006	매핑삭제	UI-FC-001	시설물 매핑	매핑삭제	시설물 매핑 목록 조회에서 단수의 데이터를 선택하고 매핑삭제 버튼을 클릭하면 Row가 삭제됨	시설물 매핑 목록 조회에서 삭제 처리된 데이터가 존재하는지 확인	적
7	TC-RD-001	수집데이터 목록 조회	UI-RD-001	수집 데이터	-	E&M분류, E&M코드, 호선, 역명을 검색조건으로 선택한 후 검색 버튼을 클릭. -입력정보: E&M분류, E&M코드, 호선, 역명 -출력정보: 수집일자, SFM시설물코드, SFM시설물식별번호, 세부센싱항목, 센싱시간, Sensing Data/Fault Data(온도, 습도, SAW온도 ,열화상, 진동, 전류, 전압, 아크, 발광)	검색조건에 부합된 수집 데이터 목록 정상 출력 여부 확인	적
8	TC-MN-001	모니터링 분석	UI-MN-001	모니터링	-	E&M분류, E&M코드, 호선, 역명을 검색조건으로 선택한 후 검색 버튼을 클릭. -입력정보: E&M분류, E&M코드, 호선, 역명 -시설물 모니터링 대상 출력정보: 시설물명칭, 시설번호, 위치관리번호, 역명, 호선, SFM시설물식별번호, 센싱항목, 센싱항목명, 세부센싱항목, 세부센싱항목명. 시설물 모니터링 대상 목록에서 단수의 Row을 선택한 후 분석 버튼을 클릭 - 구간별 모니터링 출력정보 : 일자별로 센싱된 데이터가 그래프로 출력되고 처리기준 정보도 출력.	검색조건에 부합된 시설물모니터링 대상 목록 정상 출력 여부 확인. 구간별 모니터링 그래프에서 센싱데이터 및 처리기준 정보가 정상적으로 출력되는지 확인.	적
9	TC-AN-001	상관분석	UI-AN-001	상관분석	-	E&M분류, E&M코드, 호선, 역명을 검색조건으로 선택한 후 검색 버튼을 클릭. -입력정보: E&M분류, E&M코드, 호선, 역명 -시설물 상관분석 대상 출력정보: 시설물명칭, 시설번호, 위치관리번호, 역명, 호선, SFM시설물식별번호, 센싱항목, 센싱항목명, 세부센싱항목, 세부센싱항목명. 시설물 상관분석 대상 목록에서 단수의 Row을 선택한 후 분석 버튼을 클릭 - 구간별 상관분석 출력정보 : 일자별로 고장/정비 이상판단 횟수 및 센서 물리량의 처리기준 발생빈도가 그래프로 출력되고 처리기준 정보도 출력.	검색조건에 부합된 시설물상관분석 대상 목록 정상 출력 여부 확인. 구간별 상관분석 그래프에서 고장/정비 데이터 및 처리기준의 발생빈도가 정상적으로 출력되는지 확인.	적

No	Test Case ID	Test Case 명	화면 접근방법 (메뉴)			시험절차	평가기준	적/부
			화면ID	메뉴	화면(탭)			
10	TC-AN-002	수명분석	UI-AN-002	수명분석	-	E&M분류, E&M코드, 호선, 역명을 검색조건으로 선택한 후 검색 버튼을 클릭. -입력정보: E&M분류, E&M코드, 호선, 역명 -시설물 수명분석 대상 출력정보: 시설물명칭, 시설번호, 위치관리번호, 역명, 호선, SFM시설물식별번호, 센싱항목, 센싱항목명, 세부센싱항목, 세부센싱항목명. 시설물 수명분석 대상 목록에서 단수의 Row을 선택한 후 수명분석 버튼을 클릭 - 센싱항목별 수명분석 출력정보 : 운용시간을 기준으로 실측 및 예측 값 출력, 처리기준 정보도 출력. 시설물 수명분석 대상 목록에서 단수의 Row을 선택한 후 분포분석 버튼을 클릭 - 신뢰도분포분석 출력정보 : PLP 모델을 기반으로 누적 고장 수, 고장률 그래프가 정상적으로 출력되는지 확인.	검색조건에 부합된 시설물수명분석 대상 목록 정상 출력 여부 확인. 수명분석 그래프에서 수명 실측 및 예측값이 정상적으로 출력되는지 확인. 신뢰도분포 분석 그래프가 정상적으로 출력되는지 확인.	적

⑤ 보안취약성 검증

소프트웨어 보안약점은 다음과 같이 7가지 유형으로 분류한다.

유 형	내 용
입력데이터 검증 및 표현	프로그램 입력값에 대한 검증 누락 또는 부적절한 검증, 데이터의 잘못된 형식지정으로 인해 발생할 수 있는 보안약점 (예> SQL 삽입, 경조 조작 및 자원 삽입, 크로스사이트 스크립트 등)
보안기능	보안기능(인증, 접근제어, 기밀성, 암호화, 권한 관리 등)을 적절하지 않게 구현 시 발생할 수 있는 보안약점 (예> 부적절한 인가, 중요정보 영문저장, 하드코드된 비밀번호 등)
시간 및 상태	동시 또는 거의 동시 수행을 지원하는 병렬 시스템, 하나 이상의 프로세스가 동작되는 환경에서 시간 및 상태를 부적절하게 관리하여 발생할 수 있는 보안약점 (예> 경쟁조건 : 검사시점과 사용시점(TOCTOU) 등
에러처리	에러를 처리하지 않거나, 불충분하게 처리하여 에러정보에 중요정보(시스템 등)가 포함될 때 발생할 수 있는 보안약점 (예> 오류상황 대응 부재, 오류 메시지를 통한 정보노출 등)
코드오류	타입 변환 오류, 자원(메모리 등)의 부적절한 변환 등과 같이 개발자가 범할 수 있는 코등오류로 인해 유발되는 보안약점 (예> 오류상황 대응 부재, 오류 메시지를 통한 정보노출 등)
캡슐화	중요한 데이터 또는 기능성을 불충분하게 캡슐화 하였을 때 인가되지 않은 사용자에게 데이터 누출이 가능해지는 보안약점 (예> 제거되지 않고 남은 디버거 코드, 시스템 대이터 정보노출 등)
API 오용	의도된 사용에 반하는 방법으로 API를 사용하거나, 보안에 취약한 API를 사용하여 발생할 수 있는 보안약점 (예> DNS lookup에 의존한 보안결정 등)

○ 소스코드 개발보안 검사보고서

소스코드 개발보안 검사보고서

프로젝트명	센서데이터 기반 융합분석 시스템
리비전	2020 년 08 월 10 일
보고서 작성일자	2020 년 08 월 10 일
검사 도구	Codemind 1.5 CSI

CODEMIND Into the Source

CODEMIND 센서데이터 기반 융합분석 시스템

1. 프로젝트 정보

항목	내용
프로젝트명	센서데이터 기반 융합분석 시스템
소스코드 파일 수	8 개
소스코드 라인 수	1177 라인
총 경고 개수	0 개
프로젝트 위험도	0 (높을수록 위험 1~5)
리비전 정보	-
보고서 작성일자	2020 년 08 월 10 일 오후 4 시 01 분

2. 분석 결과 요약

2.1. 파일별 경고 분포

위험도별 경고 검출 파일 개수					안전한 파일 개수	합계
5 (높음)	4	3	2	1 (낮음)		
0	0	0	0	0	8	8
0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	100.0 %	100%

* 총 경고 개수는 파일 수보다 많을 수 있습니다.

○ 소프트웨어 보안약점에 대한 검증은 다음과 같다.

· 행자부 SW 보안약점

· OWASP Top 10 2013

· CWE/SANS Top 25 2011

· 국정원 8대 취약점

· 전자금융감독규정 8대 취약점

· 코드마인드 코드품질 룰셋

· 코드마인드 보안취약점 확장 룰셋

· 도구 : 코드마인드 1.5 CSI(국정원 CC 인증)

(6) 도시철도 표준사양서 작성

① 목적

도시철도 전력신호통신 설비상태를 센싱하고 융합된 데이터를 모니터링하는 시스템을 구축하기 위한 것으로, 도시철도 전기설비 및 신호설비에 적용한다. 노후화가 진행중인 도시철도 설비의 주요 장비를 다기능 센서를 도입하여 실시간 데이터를 센싱하고 축적된 데이터를 통한 장비의 수명예측, 유지보수 시점 파악 및 신기술을 통한 유지관리 적합성을 시험하여 열차안전운행에 만전을 기하고 장비의 국제표준과 국내 규정의 검토를 통하여 실효성 있는 표준(안)을 제정하기 위함이다.

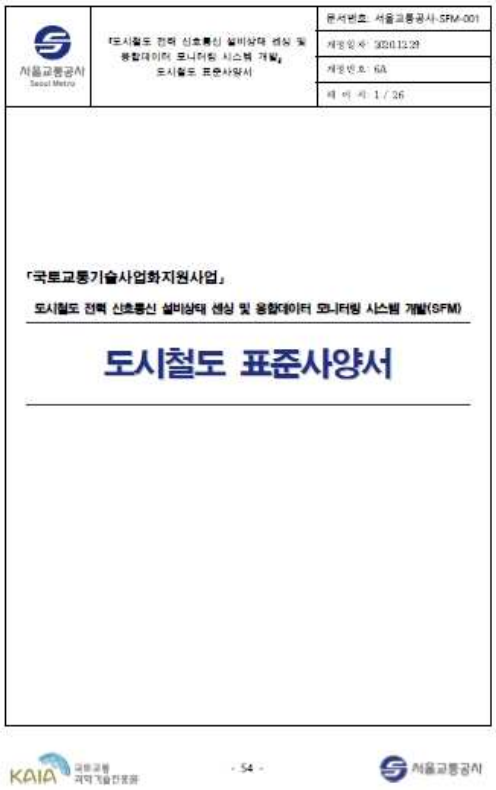
② 인용표준

- 관련 규격 : KS C IEC60068-2 환경시험
  KS C IEC60529 외함의 밀폐 보호등급 구분(IP코드)
  KS C IEC60850 전력 유틸리티 자동화를 위한 통신 네트워크 및 시스템
  KS C IEC62236 철도용 전기자기적합성
  KS C IEC62280 철도용 전기설비의 통신 및 신호처리 시스템
  IEC 62498-3 Railway application-Environmental conditions for equipment
- 단위·기호 : 치수, 용적, 용량 및 기타 단위는 SI 단위계에 의한다.
  규격서, 도면 등에 사용하는 전기전자 및 정보통신 기호, 약어는 국제적으로 공인된 약어, 심벌 등으로 표기하여야 한다.

③ SFM 시스템 도시철도 표준사양서 작성을 위한 전문가 자문 회의 개최

- SFM 도시철도 표준사양서 작성 및 절차에 대한 자문
- SFM 연구목표 및 연구내용을 기준으로 한 SFM 도시철도 표준사양서 요구사항 모델 제시
- SFM 표준사양서 작성을 위한 전기, 신호분야 양식 및 방법 제시
- 자문위원: 한국철도기술연구원 박철민, 김주욱 선임연구원,
  서울과학기술대학교 이종우, 최규형 교수

④ 표지 및 목차



<목 차>

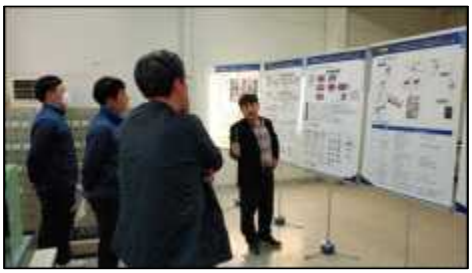
1. 적용범위
2. 용어의 정의
3. 인용표준
4. 전기분야 설비별 구성
4.1. 전기설비 현황
4.2. 전기 기능실 일반현황
4.3. 전기분야 요구사항 정의서에 따른 구성품별 측정대상 및 측정항목
5. 신호분야 설비별 구성
5.1. 신호설비 일반현황
5.2. 신호분야 요구사항 정의서에 따른 구성품별 측정대상 및 측정항목
6. 센서 규격 및 데이터 전송 기준
6.1. 센서 규격
6.2. 센싱 데이터 전송기준
7. 접지설비 상태 센싱 및 전송 기준
7.1. 센서 규격
7.2. 센싱 데이터 전송기준
8. 검사 및 시험
9. 표지 및 포장
10. 기타

(7) 사업화 활동

(가) SFM시스템 개발 국가 연구과제 설명회

① 명　칭 : SFM시스템 개발 국가 연구과제 설명회
② 일　시 : 2020년 03월 06일
③ 장　소 : 포스코건설
④ 대　상 : 포스코건설 플랜트사업부
⑤ 내　용
- SFM시스템 개발 과제 추진배경 및 목표
- SFM시스템 기술 소개 및 기대 효과
- SFM시스템 개발 연구 과제 성과

(나) SFM시스템 개발 시연회



① 명　칭 : SFM시스템 개발 시연회
② 일　시 : 2020년 04월 14일
③ 장　소 : (주)금호전력 본사 부설연구소
④ 대　상 : 포스코건설 플랜트사업부
⑤ 내　용
- SFM시스템 개발 Simulation 구성도 설명
- SFM시스템 Simulator 기능 구현
- SFM시스템 무선 센싱모듈 시연회 및 실시간 센싱 데이터 모니터링 화면 확인

(다) SFM시스템 개발 시연회

① 명　칭 : SFM시스템 개발 시연회
② 일　시 : 2020년 06월 24일
③ 장　소 : (주)금호전력 본사 부설연구소
④ 대　상 : (주)코렘 신호팀
⑤ 내　용
- SFM시스템 개발 Simulation 구성도 설명
- SFM시스템 Simulator 기능 구현
- SFM시스템 각 센싱모듈별 시연회 및 실시간 센싱 데이터 모니터링 화면 확인

(라) SFM시스템 개발 시연회

① 명　칭 : SFM시스템 개발 시연회

② 일　시 : 2020년 09월 22일

③ 장　소 : (주)금호전력 본사 부설연구소

④ 대　상 : POSCO 기술연구소

⑤ 내　용

- SFM시스템 개발 Simulation 구성도 설명
- SFM시스템 Simulator 기능 구현
- SFM시스템 각 센싱모듈별 시연회 및 실시간 센싱 데이터 모니터링 화면 확인
- SFM시스템 모니터링 기능 설명
- SFM시스템 활용 방안 및 계획 설명
- 수요처 요구사항
  - 기존 포스코 기술연구소 전력제어 감시시스템에 센서를 이용한 실시간 모니터링 기능 추가
  - SFM 시스템을 2021년 포스코 기술연구소 연구 과제와 연계하여 추진 희망

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

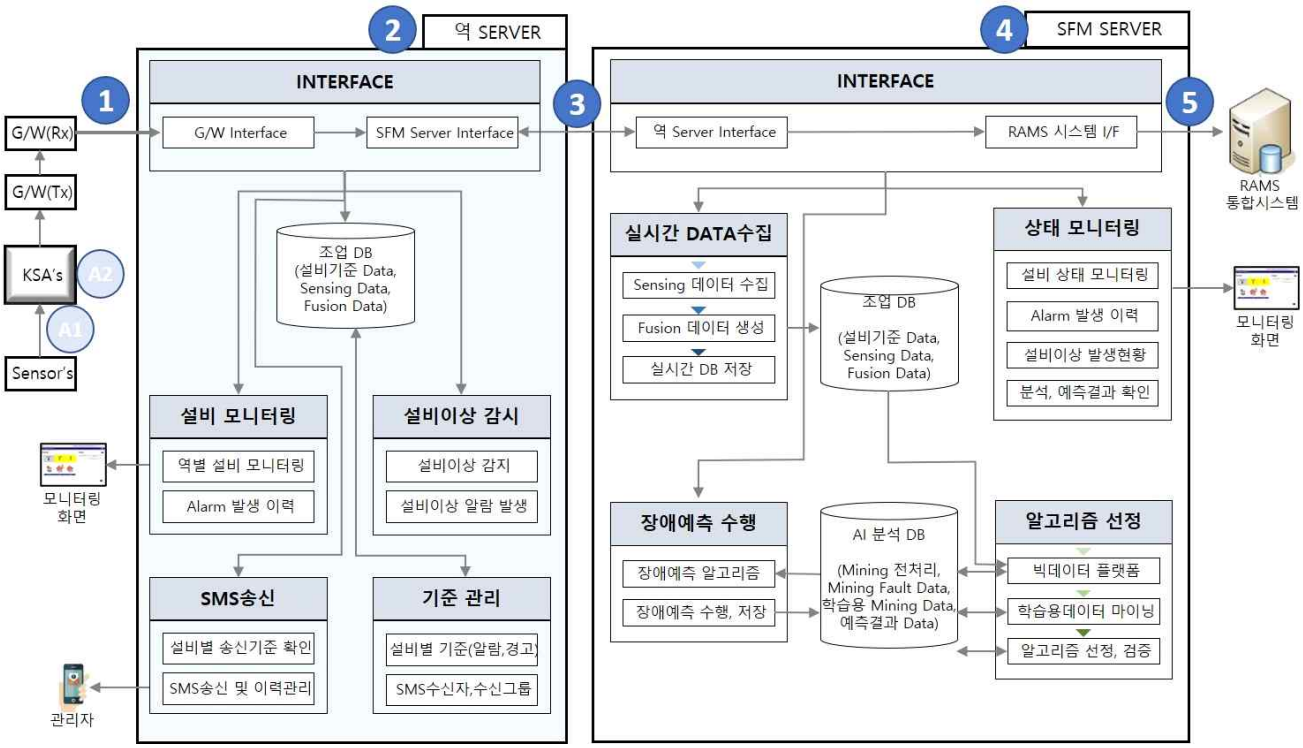
(1) 정성적 연구개발성과

(가) SFM 플랫폼 개발

기존의 철도전기설비(변전소, 전기실, 신호실)에는 단일 센서를 감시하고자 하는 장치에 접촉하여 데이터를 수집하는 방법으로 복잡한 cable 공사로 인해 오히려 감시하려고 부착한 장치에서 문제가 발생하여 주 설비에 영향을 주는 경우가 발생하는 등 안전사고의 위험성에 항상 노출되어 있다.

또한 기존에 설비 접촉에 의해서 수집되는 data의 종류가 부족하여 의미 있는 data를 도출하는데 한계가 있으며, 활용도 측면에서 설비상태의 분석 효과가 미흡하여 설치 후 사장되는 경우가 많이 발생하고 있는 실정이다.

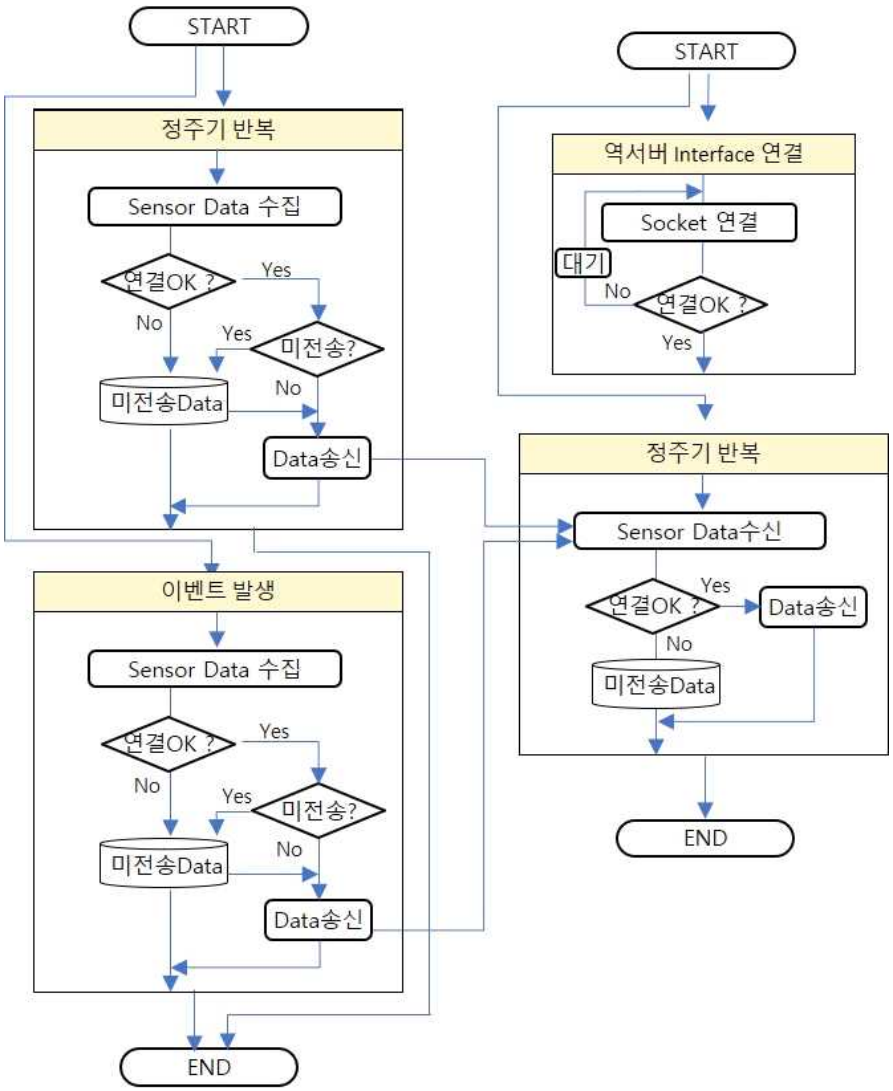
따라서 상기에서 언급한 문제점을 해소하고 효율적인 예방정비를 하기 위해서 비 접촉식의 센서를 활용하여 다양한 Data를 수집해서 유의미한 Data를 도출하여 취약 지역에 설치되어 있는 설비상태를 실시간으로 점검할 수 있고 화재 등 비상시 자동 응급조치까지 시행할 수 있도록 시스템을 구축하여 철도 전기설비 정비 및 설비관리의 새로운 패러다임의 플랫폼을 개발하였다.



[그림 47] SFM SYSTEM Platform Configuration

○ Process A1 : Sensor ⇒ KSA

블록도	
Sensor's	KSA's



기능설명

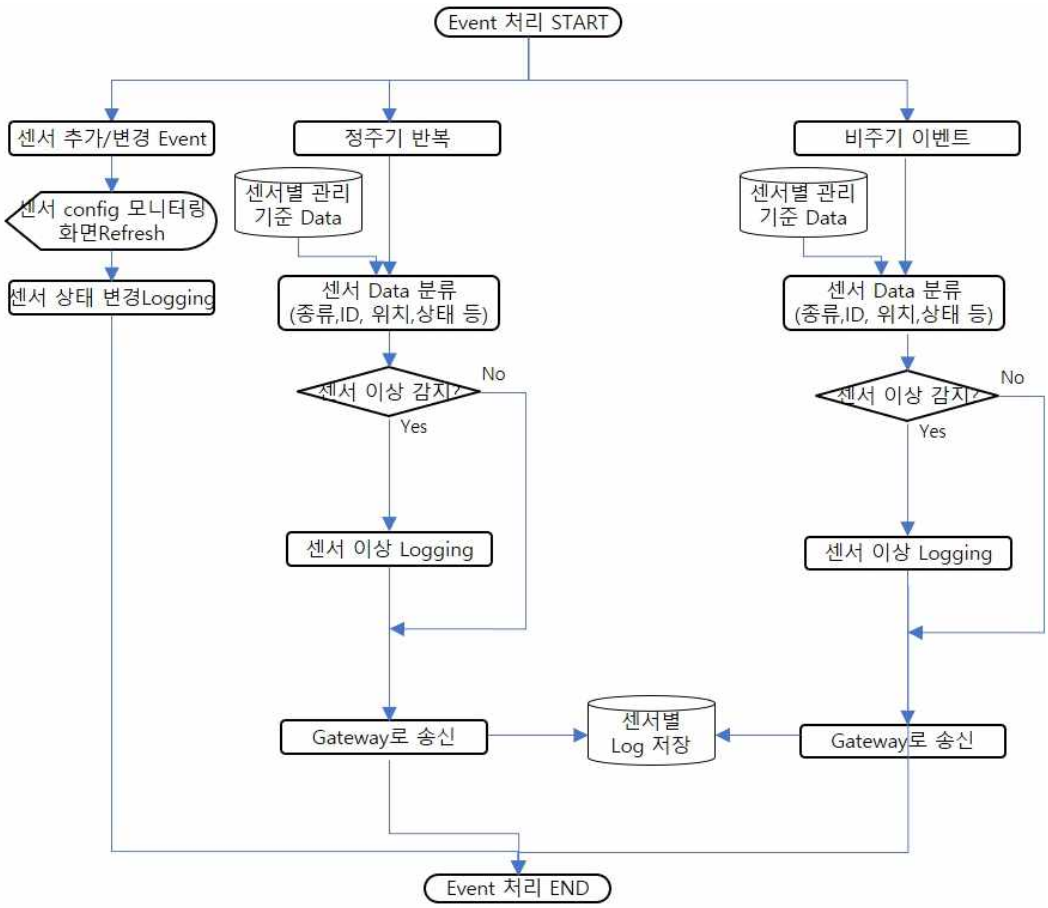
1. Sensor(일정주기 반복)
 1) 센서 측정 데이터 수집 후 연결 시도
 2) 연결 시도 성공 시 : 미전송 데이터 여부를 확인한 후 미전송 데이터가 있을 경우, 미전송 데이터와 현재 데이터를 합쳐서 전송함
 3) 연결 시도 실패 시 : 미전송 데이터를 가지고 있음

2. Sensor(이벤트가 발생)
 1) 스타트 조건이 다를 뿐 다른 동작은 동일하게 진행

3. KSA
 1) KSA에서 센서의 측정 데이터 수집
 2) G/W와의 연결 성공 시
  - 이전 미전송 데이터 존재 여부 확인, 미전송 데이터 존재 시, 미전송 데이터와 최신 측정 데이터를 함께 G/W로 송신
  - 미전송 데이터가 없는 경우, 최신 측정 데이터만 G/W로 송신
 3) G/W와의 연결 실패 시 : 미전송 데이터를 KSA 내 저장

○ Process A2 : KSA

블록도
KSA's 동작원리 및 기능



기능설명

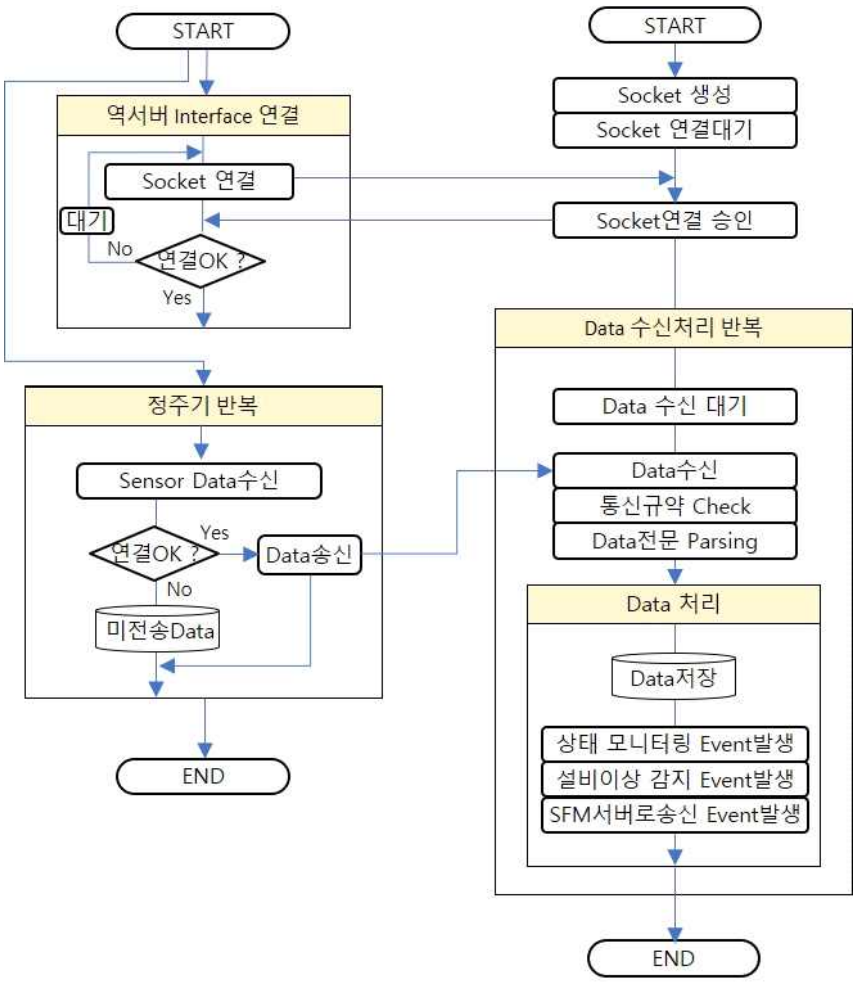
1. 센서추가/변경 Event
 1) 센서 모니터링 화면 Refresh
 2) 센서 상태(추가/변경) 변경과관련된로그기록

2. 정주기 반복 Event
 1) 센서의 분류 기준(내부 DB)에 따라 종류, ID, 위치, 상태 등을 분류함
 2) 분류된 센서 정보를 토대로 해당 정보의 이상 상태 판별
  - 이상 상태 감지 시 : 이상 로그 기록
  - 정상인 경우 : 3)으로 이동
 3) G/W로 분류 데이터 송신 및 센서별 로그기록 내부 DB에 저장

3. 비주기 Event
 1) 정주기 반복 Event 항목과 동일

○ Process 1 : KSA ⇒ 역 서버

블록도	
KSA	역 서버 Interface Task

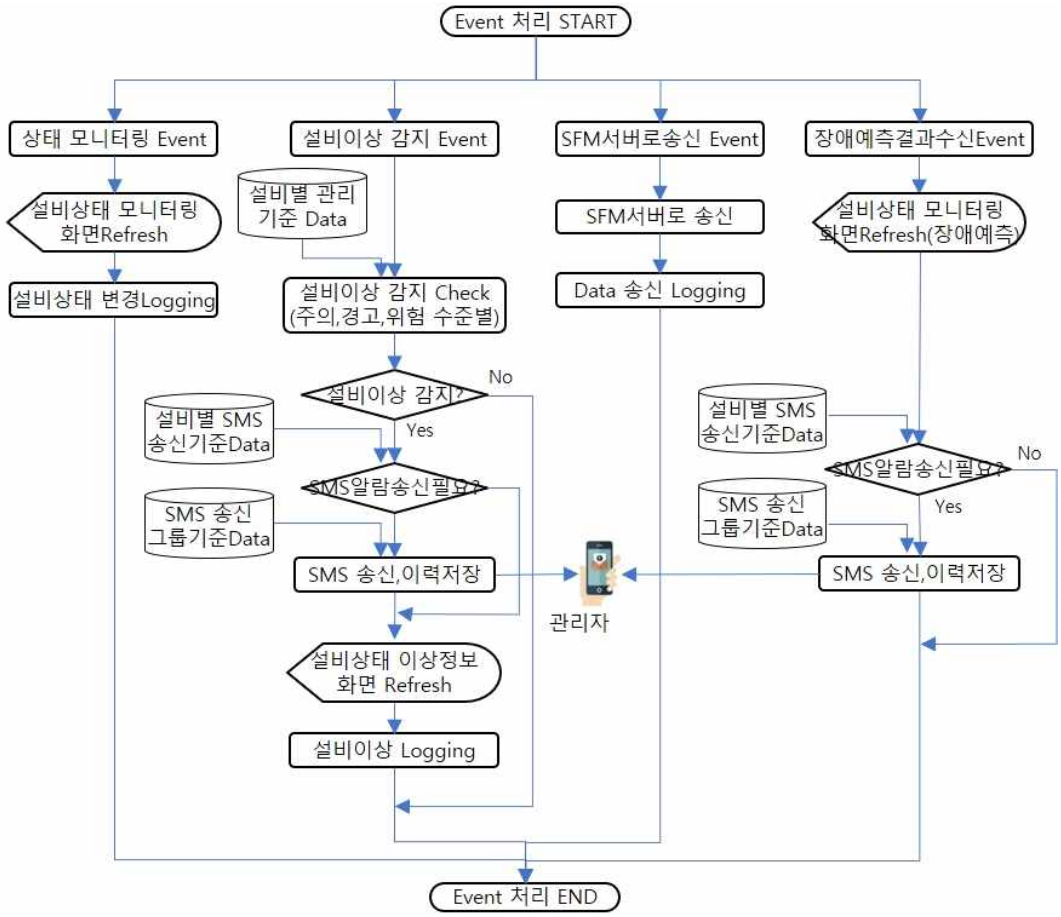


기능설명

1. 역서버 : KSA(Kumho Sensor Adapter)로부터 연결요청 처리 위한 Socket 생성 후 연결 대기
2. KSA : 설정된 역서버로 Socket 연결 요청. (IP-Address, Port)
3. 역서버 : KSA로부터 연결요청 승인 처리 및 다른 KSA Socket 연결 위한 신규 Socket 생성 후 연결 대기 (N개 KSA 동시접속 가능)
4. KSA : 연결요청 실패 시 연결시도 반복
5. KSA : 현장 Sensor로부터 비정기적 Data 수신 시 연결 된 역서버 Socket으로 Data 송신 후 Logging 저장, 역서버 Socket 미연결 상태이면 미전송 Data로 저장
6. 역서버 : 연결된 Socket에서 수신된 전문에 대해 통신규약 Check, 정상적인 Sensing Data확인 시 전문 처리 시작, 비정상 Data시 Logging처리 후 전문 폐기.
7. 역서버 : 정상적인 Sensing Data전문 Parsing, 전문 Header내 Data 구분자를 이용한 DB Table에 저장, 역서버 내 기능 처리 위해 Message Queue로 Event 송신

○ Process 2 : 역 서버

블록도
역 서버 동작원리 및 기능

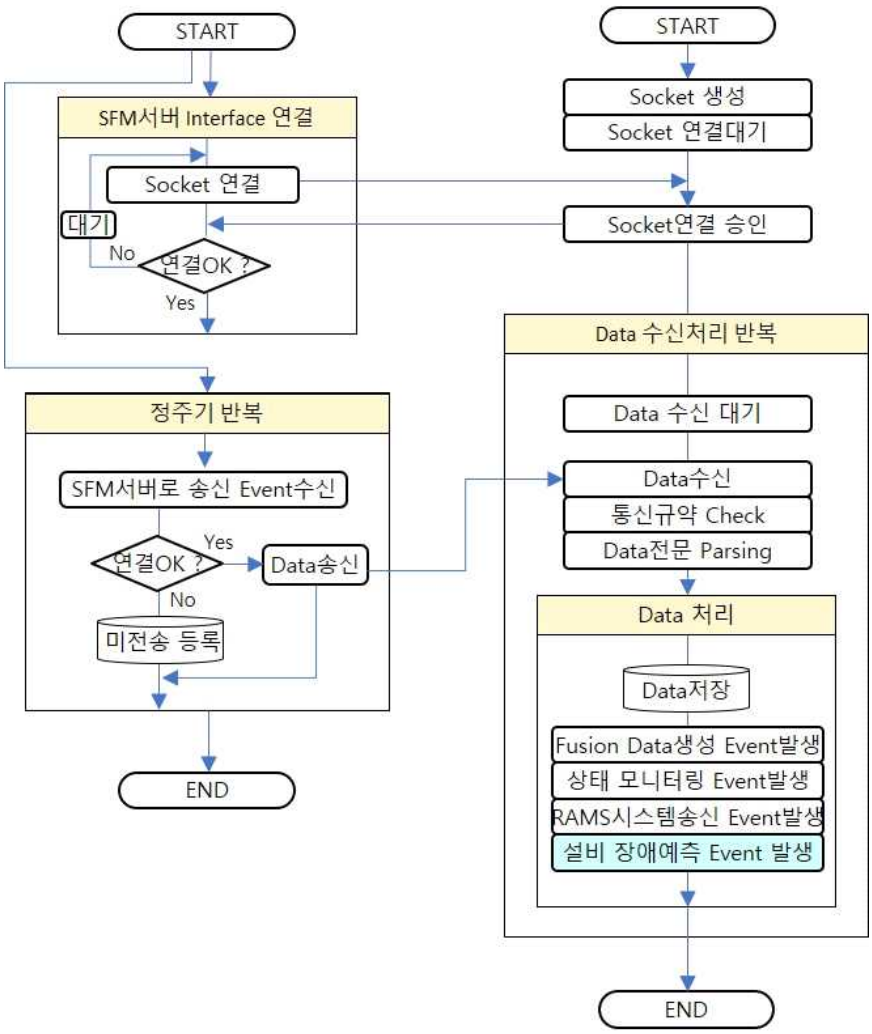


기능설명

1. 역서버 DB에 설비관리 기준, 설비별 SMS송신 기준, SMS송신그룹 기준 등을 저장, 관리(설비담당자)
2. 현장Sensor Data수신 시 모니터링 Event를 발생시켜 모니터링 화면을 실시간 Refresh
3. 현장Sensor Data수신 시 설비이상 감지 Event를 발생시켜 기준에 따른 설비이상 감지 및 SMS 송신 처리
4. 현장Sensor Data수신 시 SFM서버로 송신 Event를 발생시켜 SFM서버로 Sensor Data를 실시간 송신 처리
5. SFM서버로부터 장애예측결과 정보 수신 시 설비 모니터링 화면을 Refresh하고 SMS송신기준에 따라 SMS 송신 처리
6. 현장Sensor Data및 각종 이력 데이터는 저장기간에 따라 정주기 Purge 처리

○ Process 3 : 역 서버 ⇒ SFM 서버

블록도	
역 서버 Interface Task	SFM 서버 Interface Task

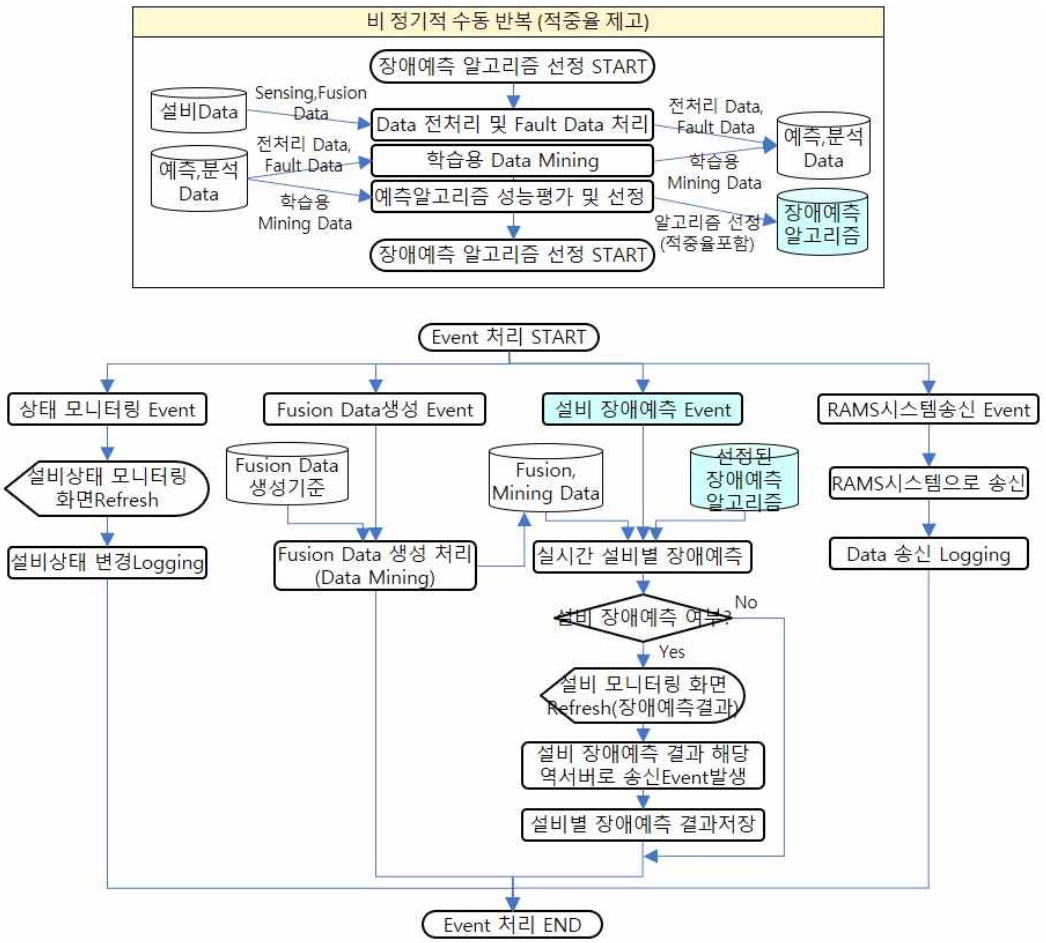


기능설명

1. SFM서버 : 역서버로부터 연결요청 처리 위한 Socket 생성 후 연결 대기
2. 역서버 : 설정된 SFM서버로 Socket 연결 요청. (IP-Address, Port)
3. SFM서버 : 역서버로부터 연결요청 승인 처리 및 다른 역서버 Socket 연결을 위한 신규 Socket 생성 후 연결 대기. (N개 역서버 동시접속 가능)
4. 역서버 : 연결요청 실패 시 연결시도 반복
5. 역서버 : KSA로부터 비정기적 Data 수신 시 연결된 SFM서버 Socket으로 Data 송신 후 Logging 저장, SFM서버 Socket 미연결 상태이면 미전송 Data로 저장
6. SFM서버 : 연결된 Socket에서 수신된 전문에 대해 통신규약 Check, 정상적인 Sensing Data확인 시 전문 처리 시작, 비정상 Data시 Logging처리 후 전문 폐기
7. SFM서버 : 정상적인 Sensing Data전문 Parsing, 전문 Header내 Data 구분자를 이용한 DB Table에 저장, SFM서버 내 기능 처리 위해 Message Queue로 Event 송신
8. 역서버 : SFM서버 Socket으로 Data 송신 성공 시 미전송 Data 존재여부 확인, 미전송 Data 존재 시 다시 송신 처리.

○ Process 4 : SFM 서버

블록도
SFM 서버 동작원리 및 기능

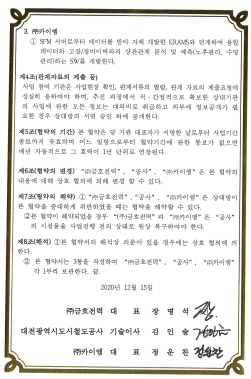


기능설명

1. SFM서버에서 장애예측 알고리즘별 성능평가로 최고 적중율 알고리즘을 장애예측 알고리즘으로 선정 (비 정기적 수동 선정)
   - Data 전처리 및 Fault Data 처리
   - 학습용 Data Mining
   - 예측알고리즘 성능평가 및 선정
2. 상태 모니터링 Event 수신 시 설비상태 모니터링 화면 Refresh
3. Fusion Data생성 Event 수신 시 지정된 Fusion Data생성 및 Data Mining.
4. 설비 장애예측 Event 수신 시 기 선정된 장애예측 알고리즘을 이용한 설비 장애예측 수행, 장애상태 예측 시 역서버로 송신 Event 발생
5. RAMS 시스템으로 송신 Event 수신 시 RAMS 시스템 DB Table에 Insert 처리 및 Logging. (현장Sensor Data 저장)

(나) SFM 플랫폼 개발 연구 성과

SFM 플랫폼 연구를 통하여 특허 2건, 소프트웨어 1건, 소프트웨어품질인증(GS) 1건을 등록하는 성과를 내었으며 대전도시철도공사와 『IoT 융합데이터 활용 전기설비 모니터링 시스템 구축 협약서』를 체결하였다.

구분	연구 성과 내용	등록증/인증서/협약서
특허 등록 (2건)	○ 특허명 : 철도설비 상태감시를 위한 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템 - 특허번호 : 제10-2165528호 - 등 록 일 : 2020년 10월 07일 ○ 특허명 : 센서 어뎁터를 구비한 철도 설비 상태 데이터 수집 시스템 - 특허번호 : 제10-2165530호 - 등 록 일 : 2020년 10월 07일	
SW 등록 (1건)	○ 저작물 명칭 : 철도설비 상태감시를 위한 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템(SFM) - 등록번호 : 제 C-2020-030622 호 - 등 록 일 : 2020년 09월 09일	
GS 인증 (1건)	○ SW명칭 : 철도설비 상태감시를 위한 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템 V1.0 - 인증등급 : 1등급 - 인증번호 : 20-0558 - 인 증 일 : 2020년 11월 30일	
MOU 체결	○ IoT 융합데이터 활용 전기설비 모니터링 시스템 구축을 위한 기술협약 - 협약기관 : 대전도시철도공사, (주)카이엠, (주)금호전력 - 협 약 일 : 2020년 12월 15일	

[표 37] SFM 플랫폼 개발 연구 성과

(2) 정량적 연구개발성과

(가) 1차년도(2018.04.01.~2018.12.31.)

주관연구기관 : (주)금호전력

성과목표	목표치	달성도	비고
신규 인력 채용	1명	1명	
시제품 제작	1건	1건	무선센싱모듈 시제품
특허 출원	1건	1건	

(나) 2차년도(2019.01.01.~2019.12.31.)

주관연구기관 : (주)금호전력

성과목표	목표치	달성도	비고
신규 인력 채용	2명	2명	
시제품 제작	1건	1건	광무선모듈(KSA) 시제품
특허 등록	2건	2건	
실용신안 등록	1건	1건	
SW 등록	1건	1건	

공동연구기관 : (주)카이엠

성과목표	목표치	달성도	비고
SW 등록	1건	1건	

(다) 3차년도(2020.01.01.~2021.12.31.)

주관연구기관 : (주)금호전력

성과목표	목표치	달성도	비고
신규 인력 채용	3명	3명	
GS 인증	1건	1건	
특허 등록	1건	2건	
학술지 게재	1건	1건	철도학회 학술지 게재
SW 등록	1건	1건	
연구개발 관련 홍보활동	1건	2건	
현장시험 및 검증	1건	1건	-무선센싱모듈 신뢰성분석 -SW 성능 및 신뢰성 검증 -KC인증(KSA 등 6종)
매출액	7,000만원	39,000만원	

(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	복수의 열화특성을 가진 철도설비에 대한 최적정비주기 산출	한국철도학회논문집	박면규	VOL.24, NO.4	대한민국	한국철도학회	비SCIE	2021-04-30	1738-6225; 2288-2235	100%

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2019년도 한국철도학회 춘계계학술대회	신뢰성 및 센서 데이터를 이용한 시설물 예지정비 데이터 모델링	정운찬	2019-05-23	학술회의장 (여수)	대한민국
2	2019년도 한국철도학회 춘계계학술대회	도시철도 신호설비 실시간 원격 상태 감시 시스템 적용에 관한 연구	전조원	2019-05-23	학술회의장 (여수)	대한민국
3	2019년도 한국철도학회 추계학술대회	센서 데이터 및 이벤트 데이터 융합을 통한 RAMS 분석 방안	정운찬	2019-11-14	학술회의장 (제주)	대한민국
4	2019년도 한국철도학회 추계학술대회	센싱데이터를 활용한 도시철도 모니터링 시스템 개발에 대한 연구	신희국	2019-11-14	학술회의장 (제주)	대한민국
5	2019년도 한국철도학회 추계학술대회	도시철도 열차제어 설비에 대한 Smart RAMS 관리를 위한 융합 빅데이터 표준체계와 프로세스에 관한 연구	박상천	2019-11-15	학술회의장 (제주)	대한민국
6	2020년도 한국철도학회 춘계학술대회	신뢰성 데이터를 사용한 스트리밍 데이터 예지정비 모델	정운찬	2020-07-07	학술회의장 (온라인)	대한민국

□ 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	철도용 궤도회로 절연상태 점검장치	대한민국				(주)금호전력	2019-12-04	10-2044544	100%	미활용
2	특허	철도용 궤도회로 절연상태 점검장치 및 이를 이용한 점검방법	대한민국				(주)금호전력	2019-12-04	10-2044545	100%	미활용
3	특허	센서 어댑터을 구비한 철도 설비 상태 데이터 수집 시스템	대한민국				(주)금호전력	2020-10-17	10-2165530	100%	활용
4	특허	철도설비 상태감시를 위한 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템	대한민국				(주)금호전력	2020-10-17	10-2165528	100%	활용
5	실용신안	철도 궤도용 절연부재	대한민국				(주)금호전력	2019-11-05	20-0490434	100%	미활용

ㅇ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	활용 예정	기타
1										✔	
2										✔	
3	✔										
4	✔										
5										✔	

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	SFM 무선센싱모듈	2019-10-14	(주)금호전력	2019-11-07	C-2019-029071	(주)금호전력	100%
2	센서 데이터 기반 융합분석 시스템	2019-08-31	(주)카이엠	2019-09-27	C-2019-026654	(주)카이엠	100%
3	도시철도 전력신호통신 설비 상태 센싱 및 융합데이타 모니터링 시스 템(SFM)	2020-09-04	(주)금호전력	2020-09-16	C-2020-030622	(주)금호전력	100%

□ 신기술 지정

번호	명칭	고시일	보호기간	지정번호

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		
1	소프트웨어	한국정보통신기술협회	도시철도 전력신호통신설비상태 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템 V.1.0	20-0556	2020-11-30	대한민국
2	방송통신기자재	국립전파연구원	무선중계기(KSA)	R-R-kep-KHSFMKSA	2021-07-14	대한민국
3	방송통신기자재	국립전파연구원	전류 센싱모듈 (AC,DC,접지)	R-R-kep-KHSFMC	2021-07-29	대한민국
4	방송통신기자재	국립전파연구원	온습도 센싱모듈	R-R-kep-KHSFMTH	2021-07-29	대한민국
5	방송통신기자재	국립전파연구원	전압 센싱모듈 (AC,DC)	R-R-kep-KHSFMV	2021-07-29	대한민국
6	방송통신기자재	국립전파연구원	열화상 센싱모듈	R-R-kep-KHSFMIR	2021-07-29	대한민국
7	방송통신기자재	국립전파연구원	진동 센싱모듈	R-R-kep-KHSFMAM	2021-07-30	대한민국

□ 표준화

ㅇ 국내표준

번호	인증구분	인증여부	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류	제안/인증일자

ㅇ 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)
1	도시철도형 무선센싱모듈 플랫폼	2018-10-10	(주)금호전력	(주)금호전력 연구실 내 Test-bed	도시철도 기능실(전기실, 변전소, 신호기계실 등) 설비 상태 모니터링			
2	도시철도형 무선 센싱모듈 플랫폼 (광무선모듈 통합)	2019-09-30	(주)금호전력	(주)금호전력 연구실 내 Test-bed	도시철도 기능실(전기실, 변전소, 신호기계실 등) 설비 상태 모니터링			
3	무선중계기(KSA)	2020-09-03	(주)금호전력	대전도시철도	데이터 송.수신	36개월	국립전파연구원	2021-07-14
4	전류 센싱모듈 (AC,DC,접지)	2020-09-03	(주)금호전력	대전도시철도	전류 센싱	36개월	국립전파연구원	2021-07-29
5	온습도 센싱모듈	2020-09-03	(주)금호전력	대전도시철도	온습도 센싱	36개월	국립전파연구원	2021-07-29
6	전압 센싱모듈 (AC,DC)	2020-09-03	(주)금호전력	대전도시철도	전압 센싱	36개월	국립전파연구원	2021-07-29
7	열화상 센싱모듈	2020-09-03	(주)금호전력	대전도시철도	열화상 센싱	36개월	국립전파연구원	2021-07-29
8	진동 센싱모듈	2020-09-03	(주)금호전력	대전도시철도	진동 센싱	36개월	국립전파연구원	2021-07-30

□ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)
1	도시철도 전력신호통신 설비 상태 센싱 및 융합데이타 모니터링 시스템(SFM)	2021년	대전도시철도공사	(주)금호전력	대전도시철도 7개 변전실

□ 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)		
1	자기실시	신제품개발	국내	[R&D투자]광양 기술연구원 전력 이상징후모니터링 시스템 합리화	광양제철소 전력모니터링 감시 시스템 부재시설(선강, Fe-Mn실험동) 신규 설치 및 합리화를 통한 사전 이상징후 감지 시스템 구축	주식회사 포스코	390,000		2021년	10년

□ 매출 실적(누적)

번호	사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
			국내(천원)	국외(달러)		
1	[R&D투자]광양 기술연구원 전력 이상징후모니터링 시스템 합리화	2021년	390,000		390,000	계약 금액 (공급가 기준)
합계			390,000		390,000	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과			과제기간 중 계약 : 1건 광양제철소 기술연구원 전력 이상징후 모니터링 시스템 합리화		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3년		
	소요예산(천원)		4,809,900		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			390,000	7,500,000	18,000,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내			
		국외			
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		· 무선센싱모듈의 적용범위를 기능실에서 현장 설비로 확대 적용 가능하도록 설비별 특성에 맞는 추가 개발 - 모델1) 유해화학물질 취급설비 상태 모니터링 (POSCO 기술연구소) - 모델2) 도로조명 SMART 원격제어 (광양 포스코 제철소)		

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)
			yyyy년	yyyy년	
합계					

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	
		생산인력	
	개발 후	연구인력	
		생산인력	

□ 비용 절감(누적)

번호	사업화명	발생 연도	산정방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 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	구 분 (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)
1	(주)금호전력	2018.04.01	42개월	1명	1명
2	(주)금호전력	2019.01.01	33개월	2명	
3	(주)금호전력	2020.01.01	21개월	2명	1명
4	(주)금호전력	2020.03.09	19개월	1명	1명

□ 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
1	행사 개최	서울교통공사	SFM 시스템 과제 설명회_서울교통공사 실무자 대상	2019-03-13
2	학술대회 참석 (부스 전시)	PHM학회	PHM학회 2019년도 정기학술대회	2019-04-11
3	학술대회 참석 (부스 전시)	한국철도학회	도시철도 전력,신호,통신 설비상태 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템(SFM)	2019-11-14
4	행사 개최	(주)금호전력 연구실	SFM 시스템 설명회 &시연회	2020-03~2020-12
5	언론 보도	충청일보 외	대전도시철도, 'IoT 활용 전기설비 모니터링 시스템'구축	2020-12-15

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	2020년 춘계학술대회 우수논문발표자 선정	우수논문발표상	논문:신뢰성 데이터를 사용한 스트리밍 데이터 예지정비 모델	정운찬,신성용, 이상훈(카이엠), 박면규(금호전력)	2020-07-10	(사)한국철도학회
2	대전광역시 도시철도공사 연말표창	표창장	공사발전에 기여	박면규	2021-12-31	대전광역시 도시철도공사

[인프라 성과]

□ 연구시설・장비

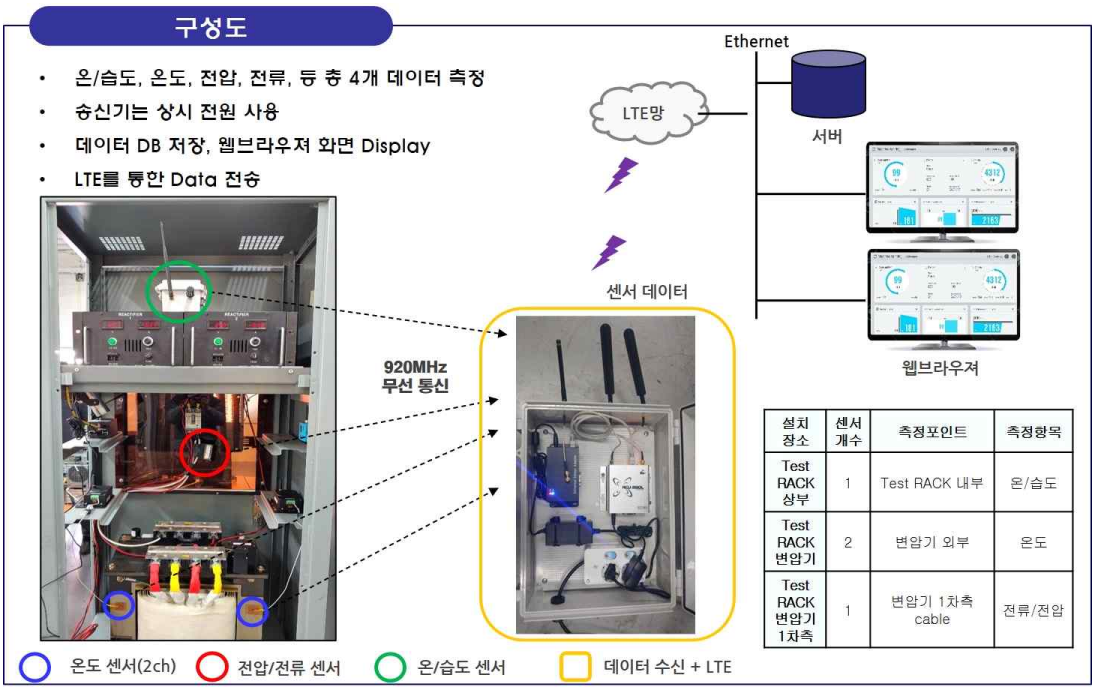
번호	구축 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설・장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설・장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

[그 밖의 성과]

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항

○ 도시철도 분야가 아닌 제조·연구소 분야 매출 발생

- 국토교통기술사업화지원사업 『도시철도 전력신호통신 설비 상태 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템 개발(SFM)』 3차년도 연구개발 과정으로 센서의 취득 Data 확인을 위해 서울교통공사 모란차량기지 신호기계실내에 Simulatior를 구축(2020.02.24~28)할 계획이었으나,
- 사회적 이슈인 COVID-19의 대응단계 격상으로 인한, 서울교통공사의 요청으로 『SFM 시스템 개발』 현장 테스트 베드 구축 일정을 잠정 연기함.
- 중앙재난안전대책본부의 고강도 지침 및 확진자 발생 억제를 위한 사회적 거리두기 기간 연장으로 COVID-19 사태의 심각성, 3차년도 국가R&D연구과제 수행 일정을 고려하여 기존 Simulation 구축 계획을 주관연구기관 ㈜금호전력 연구실 내에 Simulation을 구축하여 Test를 진행하기로 변경함.
- 아울러 POSCO를 비롯한 관련분야 관심기업을 대상으로 SFM 시스템에 대한 홍보 활동을 추진함.



설치 장소	센서 개수	측정포인트	측정항목
Test RACK 상부	1	Test RACK 내부	온/습도
Test RACK 변압기	2	변압기 외부	온도
Test RACK 변압기 1차측	1	변압기 1차측 cable	전류/전압

[그림 48] 기업부설연구소 내 구축된 Simulation 구성도

[그림 49] 개발 시제품, 과제소개 등 홍보물 전시

SFM 시스템 설명회 & 시연회

대상1. 포스코건설 플랜트사업부

구 분	1차	2차
내 용	SFM 시스템 개발 국가 연구과제 설명회	SFM 시스템 시뮬레이션 시연회
장 소	포스코 건설	㈜금호전력 본사 연구실
일 시	2020.03.06.	2020.04.14

대상2. (주)코렘 신호팀

내 용	SFM 시스템 개발 국가 연구과제 설명회 및 시뮬레이션 시연
장 소	㈜금호전력 본사 연구실
일 시	2020.06.24

대상3. POSCO 전력계통과

내 용	SFM 시스템 개발 국가 연구과제 설명회 및 시뮬레이션 시연
장 소	㈜금호전력 본사 연구실
일 시	2020.07.31

대상4. POSCO 기술연구소

내 용	SFM 시스템 모니터링 기능 및 무선센싱모듈 시뮬레이션 시연
장 소	㈜금호전력 본사 연구실
일 시	2020.09.22

[그림 50] SFM시스템 설명회&시연회

- 3차년도 과제 기간 중 총 4회에 걸쳐 설명회 및 시연회 등 홍보활동을 추진한 결과 도시철도가 아닌 타 분야에 SFM시스템을 납품하여 매출이 발생하는 성과를 달성함
  - · 계 약 명 : 광양 기술연구원 전력 이상징후 모니터링 시스템 합리화
  - · 계약업체 : 주식회사 포스코
  - · 계약금액 : 390,000,000원(VAT별도)
  - · 계약기간 : 2021.05.27. ~ 2021.10.17.

○ **기술제휴 협약서 체결**

- 협약내용 : IoT 융합데이터 활용 전기설비 모니터링 시스템 구축 협약서
- 협약일시 : 2020.12.15
- 협약기관 : 대전도시철도공사, (주)금호전력, (주)카이엠
- 협약내용 : 대전도시철도공사 - TEST-BED 제공 및 데이터 취득 협조
  금호전력/카이엠 - 무선센싱모듈 및 모니터링 SW 설치·운용

<참고 1> 연구개발성과 실적 증빙자료 예시

성과유형	첨부자료 예시
연구논문	논문 사본(저자, 초록, 사사표기를 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가)
지식재산권	지식재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함)
제품개발(시제품)	제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료
기술이전	기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등
사업화 (상품출시, 공정개발)	사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등

<참고 2> 「국가연구개발혁신법」 시행령 제33조 제4항 및 별표 4에 따른 연구개발성과의 등록·기탁 대상과 범위

구분	대상	등록 및 기탁 범위
등록	논문	국내외 학술단체에서 발간하는 학술(대회)지에 수록된 학술 논문(전자원문 포함)
	특허	국내외에 출원 또는 등록된 특허정보
	보고서원문	연구개발 연차보고서, 단계보고서 및 최종보고서의 원문
	연구시설 ·장비	국가연구개발사업을 통하여 취득한 3천만 원 이상(부가가치세, 부대비용 포함) 연구시설·장비 또는 공동활용이 가능한 모든 연구시설·장비
	기술요약정보	연차보고, 단계보고 및 최종보고가 완료된 연구개발성과의 기술을 요약한 정보
	생명자원 중 생명정보	서열·발현정보 등 유전체정보, 서열·구조·상호작용 등 단백체정보, 유전자(DNA)칩·단백질칩 등 발현체정보 및 그 밖의 생명정보
	소프트웨어	창작된 소프트웨어 및 등록에 필요한 관련 정보
	표준	「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보(소관 기술위원회를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함)
기타	생명자원 중 생물자원	세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·종자 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원
	화합물	합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보
	신품종	생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신품종 및 관련 정보

2) 목표 달성 수준

(1) 1차년도(2018)

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 해외사례 분석 및 BM 수립	○ 주관연구기관에서 해외 사례 분석 및 비즈니스 모델 수립 - 해외사례 분석 및 BM 보고서 1부	*100%*
○ 네트워크 및 포인트 설계	○ (주)금호전력에서 총 183백만원을 투입하여 네트워크 및 모니터링 포인트 설계 - 네트워크 및 모니터링 포인트 설계서 1부 - SFM 시스템 요구사항 기술검토서 1부	*100%*
○ Sensing 모듈 설계/제작	○ (주)금호전력에서 총 350백만원을 투입하여 무선 센싱 모듈 시제품 개발 - 무선 센싱모듈 개발 및 시제품 시연 보고서 1부 - 시제품 제작 - 전류, 온도, 진동, 습도 분야 센싱모듈	*100%*
○ 시스템 요구사항 정의	○ 서울교통공사에서 총 54.5백만원을 투입하여 시스템 요구사항 정의 - SFM 시스템 요구사항 정의서 1부	*100%*
○ 표준 프로토콜 정의	○ (주)카이엠에서 총 164.5백만원을 투입하여 RAMS시스템과 연계할 수 있는 인터페이스 모듈 개발 - SFM ~ RAMS 시스템간 인터페이스 설계서 1부	*100%*

[표 38] SFM시스템 1차년도 목표달성 수준

(2) 2차년도(2019)

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ Sensing 모듈 제작/SW개발	○ (주)금호전력에서 총 700.5백만원을 투입하여 센싱모듈 시제품, S/W 개발 - 1차년도 시제품 수정, 보완 - 무선 센싱모듈 사양서 1부 - 2차년도 시제품 제작 및 시연	*100%*
○ 광무선모듈 설계/제작	○ (주)금호전력에서 총 287백만원을 투입하여 광무선 모듈 시제품 개발 - 시제품 제작 및 시연	*100%*
○ SFM 서버 시스템 개발	○ (주)금호전력에서 총 587백만원을 투입하여 SFM 서버 시스템 개발 - 소프트웨어 설계서 1부 : 기본설계서, 상세설계서, 데이터베이스 설계서	*100%*
○ 시스템간 표준 프로토콜 개발	○ (주)카이엠에서 총 294만원을 투입하여 RAMS시스템과 연계할 수 있는 시스템간 표준 프로토콜 개발 - 소프트웨어 설계서 1부 - 소프트웨어 시연	*100%*
○ 도시철도 표준규격 (안)	○ 서울교통공사에서 총 79.5백만원을 투입하여 도시철도 표준규격(안) 작성 - 도시철도 표준규격(안) 연구활동 보고서 1부	*100%*

[표 39] SFM시스템 2차년도 목표달성 수준

(3) 3차년도(2020 ~ 2021)

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ Sensing 모듈 S/W 및 SFM 시스템 서버 S/W 개발	○ (주)금호전력에서 총 487백만원을 투입하여 무선 센싱 모듈 S/W 및 SFM 시스템 서버 S/W 개발 - 소프트웨어 등록 1건 - 소프트웨어 품질인증서(GS, 1등급) 등록 1건	*100%*
○ Test-bed 구축 및 성능 검증	○ (주)금호전력에서 총 1,154백만원을 투입하여 성능 및 시험 검증 - 대전도시철도공사 갑천역 등 7개역 구축 - 무선센싱모듈 및 소프트웨어 신뢰성 제3자 검증 - KC인증서 획득(KSA 등 6종) - 현장시험 성능 제3자 검증	*100%*
○ RAMS시스템 연계 데이터 처리 프로세스 개발	○ (주)카이엠에서 총 372백만원을 투입하여 RAMS시스템과 연계할 수 있는 데이터 처리 프로세스 개발	*100%*
○ 도시철도 표준사양서	○ 서울교통공사에서 총 66백만원을 투입하여 도시철도 표준사양서 작성 - 의견수렴을 위한 공청회 실시 - 도시철도 표준사양서 1부	*100%*
○ 사업화 매출액	○ 핵심기술에 대한 권리확보 - SFM 시스템 특허등록 2건 - 매출달성 : 390백만원	*100%*

[표 40] SFM시스템 3차년도 목표달성 수준

4. 목표 미달 시 원인분석(해당사항 없음)

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

1) 정량적 효과

○ 대전도시철도공사 1호선 7개역 변전실에 설치·운영 중인 SFM 시스템의 정략적 효과는 변전 전담반의 주요업무를 기준으로 유지보수시간 및 비용 측면에서 분석함

○ SFM 시스템 중 변전반 점검 항목과 비교하여 가장 비중이 큰 것은 열화상 센싱 부분으로 열화상 센싱 모듈의 센싱포인트를 비교하여 정량적 효과를 분석함

(1) 대전도시철도공사 변전 전담반 주요 업무

점검 항목		점검 내용	업무 비중
일상점검	3일 점검	1일 2~3개 변전소 점검 / 2인 1조	80%
정기점검	3개월 점검	열화상 점검 / 변전소당 2일 / 2인 1조	
	6개월 점검	축전지반 점검 / 변전소당 2일 / 4인 1조	
	1년 점검	변전소당 22일 / 5인 1조	
비정기 점검 및 작업		- 시설물 고장에 따른 조치작업 - 특별점검	20%

※ 비정기 점검 및 작업에 대한 내용은 정량적 효과 분석에는 포함하지 않음

(2) 정기점검 업무 분석

정기점검	총 변전소 개소	점검 시간(h)	연간 변전소당 점검일	일점검 개소	연간 총 점검시간
3일 점검	7	2.5	104	1	1,820
3개월 점검	7	8	8	1	448
6개월 점검	7	4	4	1	112
1년 점검	7	6	22	1	924
합계					**3,304**

※ 점검 인원 : 총 5명

※ 대전도시철도공사 직원 시간당 급여: 35,417원(1년 48주/ 주당 40시간 기준)

※ 대전도시철도공사 대표 호봉: 68,000,000원(5급 18호봉 기준)

※ 자료제공 : 대전도시철도공사 연구개발원

(3) SFM 시스템 도입 효과

- **총 유지보수 점검시간 : 연간 495.6시간 절감**
- **총 유지보수 점검비용 : 연간 87,763,325원 절감** (1인당 17,552,665원 * 5명)

구분	변전소 평균 배전반 수	열화상센서 설치개소	가중치	SFM 열화상 센서의 점검 효과	점검시간 절감 효과(h)	1인당 비용 절감 효과(원)
열화상 점검	40개	15개소	0.4	0.15	495.6	17,552,665

※ 가중치 : 0.4

- 배전반 열화상 점검은 각종 설비의 열화 여부를 측정하며 측정대상은 변성 설비, 케이블 접속 개소, 단자대 등의 열화 여부를 점검
- SFM 열화상 센서는 배전반 내 중요 설비만을 대상으로 중점 모니터링 하기 때문에 가중치를 선정

※ SFM 열화상 센서의 점검 효과 : 15/40 * 0.4 = 0.15

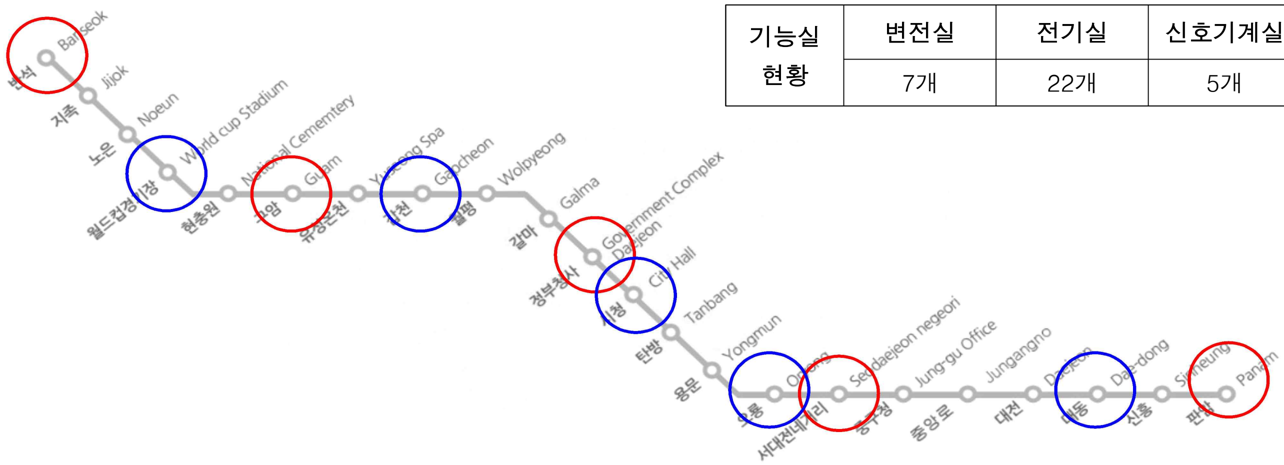
※ 점검시간 절감 효과 : 3,304h * 0.15 = 495.6h

※ 1인당 비용 절감 효과 : 495.6h * 35,417원 = 17,552,665원

(4) SFM 시스템 파급 효과

범례	
	○신호기계실
	○변전실
	○전기실

기능실 현황	변전실	전기실	신호기계실
	7개	22개	5개



[그림 51] 대전지하철 1호선 노선도 및 기능실 분포 현황

- 대전도시철도공사 1호선 22개 역 중 시청역을 비롯한 7개 역에 SFM 시스템 Test-bed를 설치하여 운영하고 있음
- 아래 [표 37]과 같이 향후 22개 전기실 및 5개 신호기계실의 모니터링 대상 설비에 SFM 시스템을 설치, 확장할 경우 대전도시철도공사의 기능실별 점검시간 축소 및 유지보수비용 절감에 상당한 파급 효과가 있을 것으로 예상됨

기능실	대상 설비	모니터링 항목	
전기실	고압차단기반	• 케이블 접속개소 온도 • PT·CT 온도, 진동	• 제어전원 전압, 전류 • 배전반 내부 온도,습도
	변압기반	• 표면 온도, 진동	
	저압차단기반	• ACB 2차 전압	
	ATS반	• ATS 동작전원 전압, 전류	• AC 2차 전압
신호기계실	PF궤도회로	• 한류 저항자 발열 상태	• 송신 및 수신 전압, 전류
	AF궤도회로	• 송신 및 수신 전압, 전류	
	정류기	• 출력 전압, 전류	
	소형 변압기	• 출력 전압, 전류	• 단자 접속/열화 상태
	신호기	• 동작 전압, 전류	

[표 41] 전기실, 신호기계실 모니터링 항목

2) 정성적 효과

○ SFM 시스템을 통해 중요 설비의 열화상태 등 데이터 수집 및 실시간 모니터링이 가능해져 설비 상태에 따른 사고 전 대응이 가능함

○ 변압기반의 진동센서를 통해 변압기반 이상에 따른 사고 예측과 대응이 가능함

○ 배전반의 접지 전류 감시를 통해 설비의 초기 이상에 따른 사고 감지와 예측에 의한 대응이 가능함

○ 대전도시철도공사 1호선 7개 변전소에 SFM 시스템을 설치, 완료함으로써 실시간 감시·대응 플랫폼을 구축하게 됨

○ 향후 변전실 내 다른 중요 설비 및 전기실, 신호기계실 중요 설비를 타겟으로 설정하여 모니터링 포인터에 무선 센싱모듈을 추가 설치할 수 있음

○ 또한 유지보수자들이 현장 여건에 필요한 무선 센싱모듈을 적시적소에 설치하여 모니터링 범위를 확장할 수 있음

6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

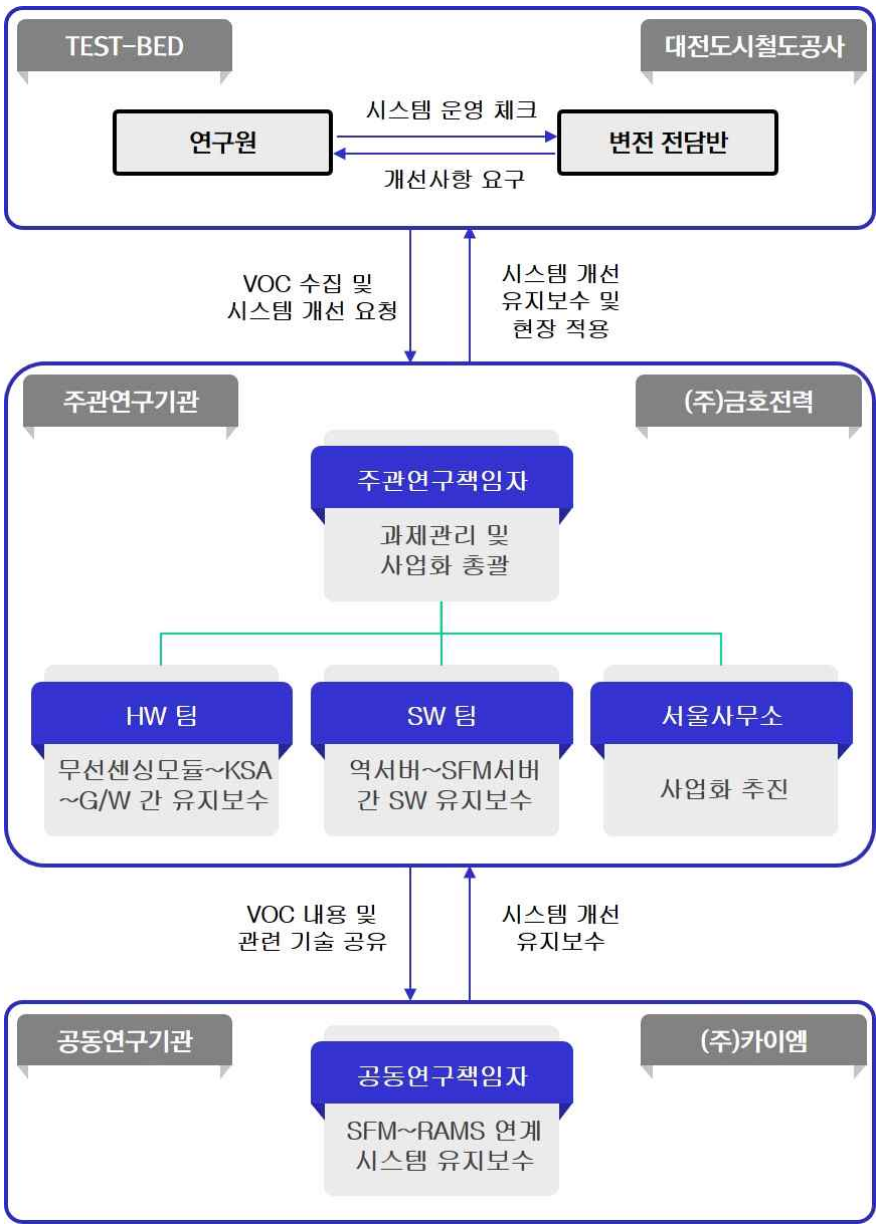
1) 관리 추진체계

○ ‘도시철도 전력신호통신 설비상태 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템(SFM)’ 연구개발 성과물을 대전도시철도공사 1호선 7개역에 2021년 5월부터 2021년 10월 초까지 약 5개월간 Test-bed를 구축하였으며 2022년까지 운영할 계획임

○ Test-bed 운영기간 동안 대전도시철도공사 연구원과 월 1회 이상 기술회의를 통해 현장의 VOC를 수집하여 SFM 시스템의 기능 개선 및 성능 안전성을 위한 지속적인 유지보수 활동 추진

○ 센싱 기능 구현을 완료하고 KC인증을 취득하였음에도 불구하고 설치하지 못한 무선센싱모듈(전압센서)은 Test-bed를 운용중인 대전도시철도공사와 협의하여 해당 설비개소에 설치할 수 있도록 추진

○ KC인증, GS인증, 특허등록증, 유지보수 활동 등으로 성능 및 안전성이 확보된 SFM 시스템은 Test-bed 운영 실적과 POSCO 기술연구소 납품 실적을 기반으로 도시철도 분야, 국철 분야, 제조분야에 이르기까지 사업화 추진 예정



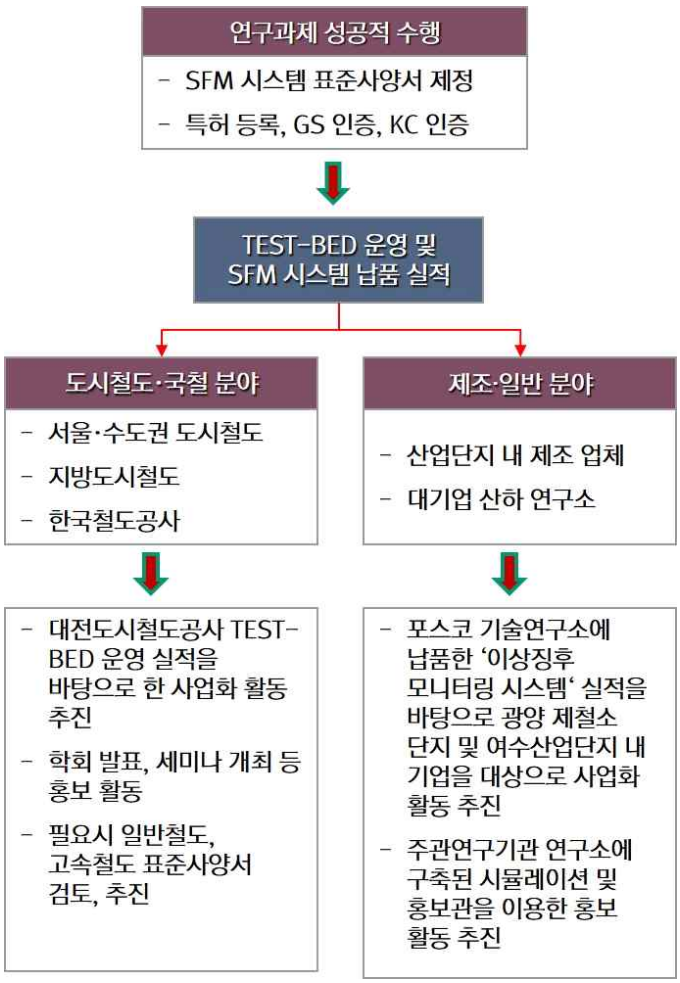
[그림 52] SFM 시스템 관리 추진체계

2) 활용 분야 및 방안

○ 연구개발 성과의 활용 분야

구 분	서울 교통공사	부산 교통공사	인천 교통공사	대전도시 철도공사	광주도시 철도공사
노 선	8개 노선	4개 노선	2개 노선	1개 노선	1개 노선
총 연장	300.1.km	107.8km	58.5km	22.6km	20.5km
대상 기능실	변전실, 전기실, 신호기계실, 통신기계실				

- SFM 시스템은 위 표와 같이 서울·수도권 도시철도 및 전국 광역 도시철도 운영기관에 적용할 수 있으며 한국철도공사에서 운영하는 국철까지 시장규모를 확대할 경우 수요처 발굴 및 경제적 파급효과는 우수하다고 예상됨.

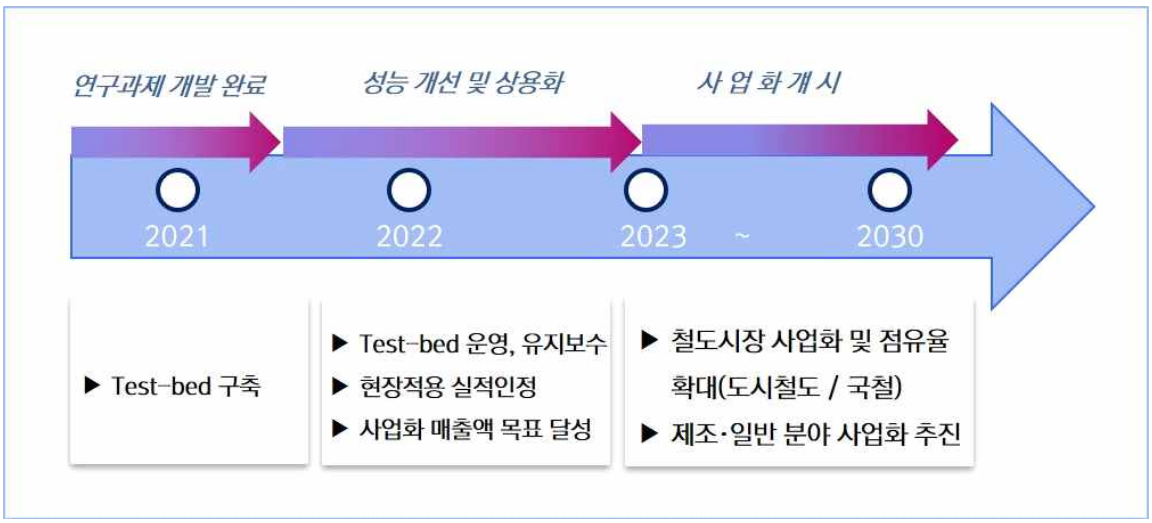


[그림 53] SFM 시스템 사업화 전략

○ 연구개발 성과의 활용 방안

- SFM 시스템은 실시간 수집된 융합데이터를 활용하여 시설물의 노후관리, 수명관리 등 중장기적인 안전경영 활동에 활용함으로써 철도시장 뿐만 아니라 제조·일반 분야에 이르기까지 Target Market 확장이 가능함.

구분	사업화 방안
형태/규모	o 상용화형태 : 도시철도 전력/신호/통신기기 설비 상태 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템 (SFM) o 수 요 처 : 도시철도 운영기관/국철 운영기관/제조 및 일반 기업 o 예상단가 : 1개역 기준 50,000,000원 ~ 150,000,000원
상용화 능력 및 자원 보유	o SFM 시스템 특허등록 2건, 소프트웨어 품질인증(GS) o TEST-BED 운영 실적 및 시스템 납품 실적 o KC인증 : KSA 등 무선센싱모듈 6종
상용화 계획 및 일정	o 시제품 개발 완료 및 현장 적용 : ~ 2022년 o 단가 절감 및 상용화 작업 완료 : ~ 2022년 o 판매 개시 : 2023년 ~



[그림 54] SFM 시스템 사업화 로드맵

3) 타 연구에의 응용

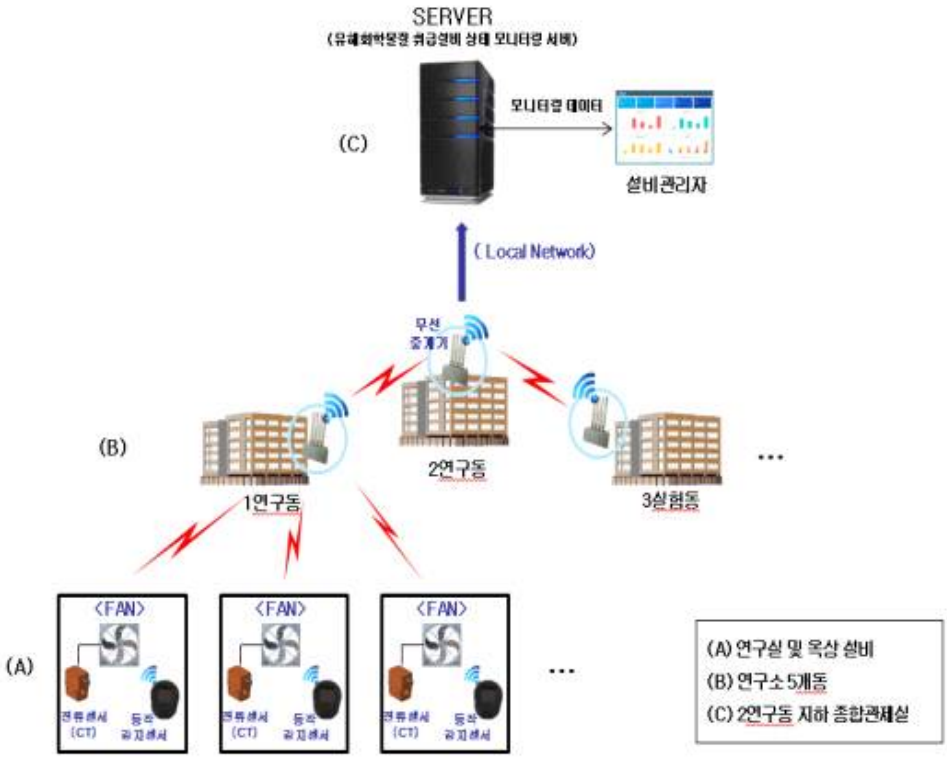
(1) POSCO 기술연구소 유해화학물질 취급설비 상태 모니터링

○ 연구 필요성

- 취급시설 기준(설비, 시설, 배관, 안전밸브) 및 사고예방시설기준 강화 등 2020년 1월 1일부터 화학물질관리법(신법) 기준 적용
- 유해화학물질 배출농도에 대한 부분은 외부 용역업체에서 정기적 (2회/월)으로 점검하고 있으나 취급시설에 대한 정기적인 모니터링은 이루어지고 있지 않은 실정임

○ 연구 목표

- 연구소 내 설치된 유해화학물질 취급설비의 상태를 실시간 감시 할 수 있는 모니터링 시스템 개발
- 유해화학물질 취급설비의 효율적인 관리와 안전사고 사전 예방
- 분석 된 장애정보 데이터 축적, 조회 및 통합 관리



[그림 55] 유해화학물질 취급설비 모니터링 시스템 구성도

○ 연구 방법

① 유해화학물질 취급 설비 ON / OFF

② 전류센서가 취급 설비의 전원 감지

③ 동작감지센서가 연구동 옥상에 위치한 설비의 FAN 또는 모터에서 발생하는 움직임을 센싱하여 동작 감지

④ KSA(Kumho Sensing Adapter)가 전류센서 및 동작감지센서에서 수신한 상태 정보를 무선중계기(Gateway)에 전송

⑤ 설비관리자는 모니터링 시스템을 통하여 유해화학물질 취급설비의 상태정보를 실시간으로 관리

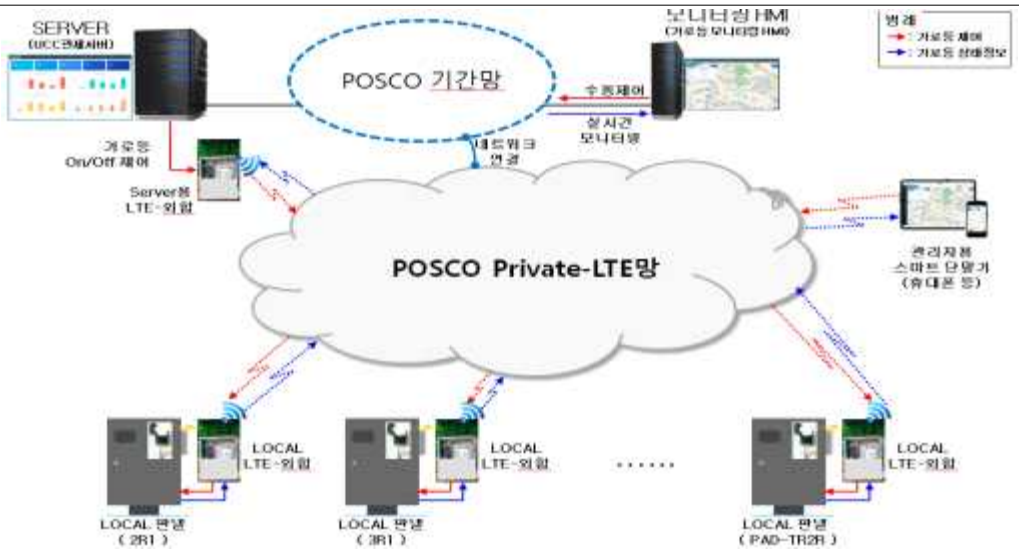
(2) 도로조명 SMART 원격 제어

○ 연구 필요성

- 유선 케이블 설치를 위한 공동가대 포화상태 도래
- POSCO P-LTE망 구축으로 안전하고 효율적인 무선환경 활용 가능
- 스마트기기 활용 요구 증대

○ 연구 목표

- POSCO Private-LTE 네트워크망을 이용하여 제철소 내 도로 가로등을 무선으로 원격 제어하고 스마트 기기를 활용한 가로등 상태 모니터링 시스템 개발
- 안전하고 효율적인 양방향 지능형 가로등 조명 관리



[그림 56] 도로조명 SMART 원격제어 관련 구성도

○ 연구 방법

① UCC 관제서버에서 가로등 제어정보 송신.

② 가로등 모니터링 HMI에서 수동 제어정보 송신.

③ 관리자 스마트기기에서 수동 제어정보 송신.
(가로등모니터링HMI 로그인 후 제어정보 발생)

④ SERVER용 LTE-외함 내 KSA(Kumho Sensing Adapter)
에서 제어정보 수신. PLC경유 등 현장조사 필요)

⑤ SERVER용 KSA에서 전체 LOCAL LTE-외함 내 KSA로 제어정보 송신. (POSCO Private-LTE망 통신)

⑥ 각 LOCAL LTE-외함 내 KSA에서 수신 및
프로토콜 및 패킷 보안 CHECK.

⑦ 가로등 ON/OFF Relay 동작.

⑧ LOCAL 판넬의 Main 입력 제어 (On/Off)

< 별첨 > 참고 문헌

◦ Michael Vollmer , Klaus-Peter Mollmann, 2014, “적외선 열화상 분석기술”
◦ CHO Alliance, 2019, “IoT시대의 핵심기술 스마트센서 시장동향과 개발전략(2017)”
◦ R&D정보센터, 2018, “빅데이터 관련 산업별 최신동향과 지능형 IoT·센서/5G통신기술 분석”
◦ 지식정보원, 2018, “4차 산업관련 유망분야별 첨단센서 최신기술 산업현황분석과 시장전망”
◦ 신성장동력산업정보기술연구회, 2018, “국내외 스마트 센서 산업동향과 비즈니스 전략(2018)”
◦ BIR Research Group, 2012, “IT 융 복합산업용 스마트센서 최근 산업동향 및 혁신기술 트랜드”
◦ Capacity for Rail, 2014, “Looking towards 2030-2050 for an affordable, automated, adaptable, resilient and high capacity railway”
◦ EN 55022:2010, 2010, “Information Technology Equipment - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement”
◦ UNIFE, 2016, "UNIFE World Rail Market Study 2016"
◦ Transparency market research, 2017, "Global Train Control and Management System Market,"
◦ 윤병동, 2018, “Engineering Design Under Uncertainty and Health Prognostics”
◦ Michael Vollmer , 2014, “적외선 열화상 분석기술”
◦ CHO Alliance, 2019, “미국 연구개발 테마 총서. 12:에너지 하베스팅(2019)”
◦ 비피기술거래, 2017, “적외선센서 보고서”
◦ 테헤란씨씨, 2018, “압전에너지 하베스팅 응용분야와 산업동향”
◦ 산업표준심의회, 2020, “KS C IEC60068-2-1 환경 시험 - 제2-1부: 시험 - 시험 A: 내한성 시험”
◦ 산업표준심의회, 2019, “KS C IEC60068-2-2 환경 시험 - 제2-2부: 시험 - 시험 B: 내열성 시험”
◦ 산업표준심의회, 2019, “KS C IEC60068-2-14 환경 시험－제2-14부 : 시험 - 시험 N : 온도 변화”
◦ 산업표준심의회, 2017, “KS C IEC60068-2-27 환경 시험 —제2-27부: 시험 - 시험 Ea와 지침: 충격 시험”
◦ 산업표준심의회, 2020, “KS C IEC60068-2-30 환경 시험 —제2-30부: 시험 - 시험 Db와 지침: 주기적 내습(12h+12h 주기)”
◦ 산업표준심의회, 2019, “KS C IEC60068-2-64 환경 시험 — 제2-64부: 시험 - 시험 Fh: 광대역 불규칙 진동 시험 및 지침”
◦ 산업표준심의회, 2017, “KS C IEC60529 외함의 밀폐 보호등급 구분(IP코드)”
◦ 산업표준심의회, 2020, “KS C IEC60850 전력 유틸리티 자동화를 위한 통신 네트워크 및 시스템”
◦ 산업표준심의회, 2016, “KS C IEC62236-1 철도용 전기자기적합성 – 제1부: 일반사항”
◦ 산업표준심의회, 2016, “KS C IEC62236-4 철도용 전기자기적합성 – 제4부: 신호처리 및 통신장치의 방출 및 내성”
◦ 산업표준심의회, 2014, “KS C IEC62280-1 철도용 전기설비의 통신 및 신호 처리 시스템 -제1부 : 폐쇄형 전송 시스템에서의 안전 관련 통신”
◦ 김의중, 2016, “알고리즘으로 배우는 인공지능, 머신러닝, 딥러닝 입문“

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업 '도시철도 전력신호통신 설비상태 센싱 및 융합데이터 모니터링 시스템(SFM)' 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.