20RDRP-B076268-07

노후학교재난대응스마트모니터링 및 대피안내시스템 구축

최종보고서

2020

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( ) 발간등록번호( )

국토교통기술지역특성화사업 제7차 연도 최종보고서

R&D / 20RDRP-B076268-07

노후학교 건축물 재난대응 스마트 모니터링 및 대피 안내 시스템 구축 최종보고서

2020. 05. 27.

협동연구기관 / 경북대학교

공동연구기관 / 경일대학교

㈜온품

위탁연구기관 / 주식회사 케이티

국토교통부

국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부 장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

'노후학교 건축물 재난대응 스마트 모니터링 및 대피 안내 시스템 구축'(연구개발 기간 : 2018 . 07. 16 ~ 2020 . 02 .29) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020 . 05 . 27

협동연구기관명 : 경북대학교 산학협력단 (대표자) 임기병 (인)

공동연구기관1명 : 경일대학교 산학협력단 (대표자) 김현우 (인)

공동연구기관2명 : ㈜ 온품 (대표자) 김유혁 (인)

위탁연구기관 : 주식회사 케이티 (대표자) 구현모 (인)

협동연구기관책임자: 최세휴

공동연구기관1책임자: 이기환

공동연구기관2책임자: 안병덕

위탁연구기관책임자: 신동준

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	20RDRP-B076 268-07	해당 단계 연구 기간	2018. 07. 16 - 2020. 02. 29	단계구분	총단계
연구사업명	중사업명	국토교통기술지역특성화사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	대경권 국토교통 지역특성화 기술 개발			
	세부과제명	노후학교 건축물 재난대응 스마트 모니터링 및 대피 안내 시스템 구축			
연구책임자	최세휴	총 연구기간 참여연구원 수	총: 28 명 내부: 28 명 외부: - 명	총 연구비	정부:696,500 천원 민간:244,000 천원 계:940,500 천원
연구기관명 및 소속 부서명	협동	경북대학교 산학협력단		참여기업명 ㈜안전융합기술원	
	공동	경일대학교 산학협력단			
	공동	㈜온품			
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명 : ㈜콘크리닉 연구기관명 : 주식회사 케이티			연구책임자: 김기홍 연구책임자: 신동준	

※ 국내・외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	

9대 성과 등록・기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설・장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록・기탁 번호	5	5				3					

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설・장비 현황

구입기관	연구시설・장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)	보고서 면수 153페이지

요약문

연구의 목적 및 내용	• 본 기술은 최근 경주지역 지진피해 등 대경권의 잦은 재난 발생으로 인해 증대되고 있는 노후건축물의 안전 위험성 문제에 대한 선제적 대응을 목표로 하며 "노후학교 건축물 재난대응 스마트 모니터링 대피 안내 시스템 구축"을 목적으로 함
연구개발성과	• 노후 학교 건축물 스마트 안전모니터링 시스템 구축 기술 - 건축물 유형에 따른 안전취약점 기반 센서 요구성능 도출 - 안전취약점을 고려한 최적 센서 부착 포인트 도출 - 상용센서 기반 학교 건축물 스마트 모니터링 네트워크 구축 - 센서 데이터 기반 위험단계 판단 알고리즘 개발 - 데이터 정합성 확보를 위한 시스템 시공·운영 가이드라인 - 테스트베드 구축 및 시스템 설치 - 재난모사 피난실험 실시 및 현장실증 • 실시간 재난 대응을 위한 스마트 재난 경보 및 대피안내 시스템 구축 - 사용주체 특성을 고려한 맞춤형 통합경보시스템 설계 - 실시간 스마트 모니터링 기반 스마트 대피안내 시스템 구현 • 노후 학교건축물 특성을 고려한 재난 대응 가이드라인 작성 - 현행 재난대응가이드라인 검토 및 개선안 제시 - 관리·사용자 별 재난대응 가이드라인 • 건축물 안전모니터링 및 대피안내 시스템 통합구현 및 고도화
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	• 대경권 지역 안전진단 및 센서 네트워크 구축기술 관련 기술력의 대외 경쟁력 확보 • 생활 밀착 건축물 및 노후 학교건축물 등 기존 노후건축물에 대한 지역현안 해결 및 행복사회 조성에 기여 • 노후건축물 재난안전에 대한 수동적 점검·대응 체계에서 선제적 대응체계로 안전관리에 대한 패러다임을 변화 • 건축물 안전관리 주체별 역량차로 인한 재난관리 위험 요소의 해결 및 재난시 도시 방재력 향상에 기여 • 건축물 점검 및 안전관리 업무의 비효율성 개선 및 전문성 향상이 가능 • 계측 모니터링을 통한 안전점검의 신뢰성 확보 노후건축물의 사용연한 증대 기대

국문핵심어 (5개 이내)	노후 학교건축물	재난예측	원격대응시스템	실시간안전진단	센싱기술
영문핵심어 (5개 이내)	Old school buildings	Deteriorate prediction	Remote management system	Real time Structural safety inspection	Sensing technologies

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 5
2. 연구수행내용 및 성과 ·····10
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ·····134
4. 연구개발성과의 활용 계획 등 ·····143
붙임. 참고문헌 ·····163

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발과제의 개요

기술의 정의
대경권 지역 현안 해결을 위한 노후 학교 건축물의 재난예측 스마트 모니터링 및 대피안내시스템

■ 본 연구개발의 목표 및 개요는 아래 그림과 같음. 본 연구는 “노후학교 건축물 재난대응 스마트 모니터링 대피 안내 시스템 구축”을 위하여 아래와 같이 세부연구목표를 아래와 같이 설정하였음.

<노후 건축물 재난대응 스마트 모니터링 및 대피안내시스템 연구개발 개요>

<연구개발 목표 및 세부목표>

구분	내용
최종목표	노후학교 건축물 재난대응 스마트 모니터링 및 대피 안내 시스템 구축
세부목표	○ 노후 학교 건축물 스마트 안전모니터링 시스템 구축 기술
	○ 실시간 재난 대응을 위한 스마트 재난 경보 및 대피안내 시스템 구축
	○ 노후 학교건축물 특성을 고려한 재난 대응 가이드라인 작성
	○ 건축물 안전모니터링 및 대피안내 시스템 통합구현 및 고도화

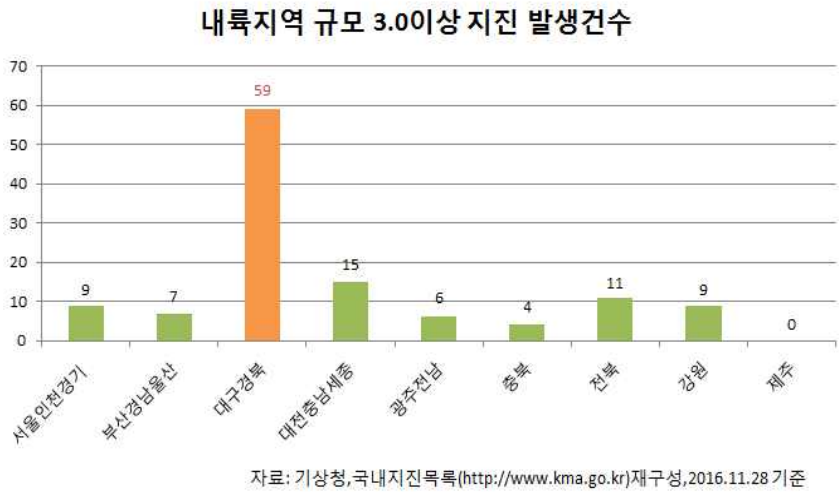
1-2. 연구개발과제의 필요성

가. 대경권 지진 발생빈도가 점점 높아져 지역차원의 기술 수요가 증가

■ 최근 대경권에서 관측치 사상 최대규모 지진이 발생하였으며 (2016년 9월, 경주지역) 활성단층 지진으로 인한 향후의 피해가 증가할 것으로 사료됨

- 대구와 경북 일원에서 발생한 지진은 1978년 관측 이래 한반도 지진발생의 20.8%를 차지하며, 내륙지역 규모 3.0이상 지진 발생의 49%가 대구・경북권에서 발생
- 우리나라 지진 발생빈도는 1978년 2016년까지 총 1,229회가 발생하여 연평균 32회 정도 발생하였으며 발생빈도가 점진적으로 증가하는 추세
- 경주지진의 진앙지 아래 11km 지점에서 가로세로 높이 5km에 달하는 활성단층영역이 확인되었으며 이는 경상북도 영덕을 시작으로 대경권 전역에 걸쳐 이어지는 170km구간의 양산단층대에서 또 다른 활성 단층존재 가능성을 시사함

■ 경상북도가 지자체로서는 첫 지진대응 5개년 종합대책을 발표하는 등, 지진발생이후 재난・재해 대응을 기술・인력에 대한 지역사회 수요가 증가하고 있는 추세로 지역주도의 기술개발 및 안전체계 구축이 요구됨



<내륙지역 규모 3.0이상 지진 발생건수>

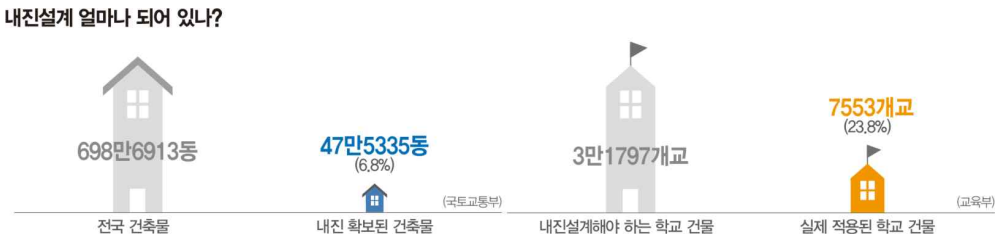
나. 대경권 노후 학교 건축물의 재난 안전관리시스템 구축이 시급

■ 학교 건축물의 대다수는 비상시 대피소로 지정되어 건축구조물의 안전성 확보의 필요성 및 시급성이 매우 높으나 경북소재 학교건축물의 내진 적용률은 18.7%으로 최근

대경권에서 발생하고 있는 잦은 지진수준을 고려하면 개선이 시급함

■ 지어진지 40년이 지난 노후 학교건축물은 전국 1만동을 넘는 것으로 집계되어 우리나라 학교 건축물의 노후 수준이 매우 높으며, 특히 경북의(529교) 경우 전남(530교)에 이어 전국에서 두 번째로 많은 수준으로 나타나 적절한 안전관리가 필요함

■ 경주지진에 따른 학교현장의 대응 상황자료(2016 국정감사)에 따르면 경주 지진사태 발생 후 대피 매뉴얼을 준수하지 않은 학교(85.2%), 아무런 조치를 취하지 않은 학교(39.3%)로 등 문제점이 나타나 재난발생시 대응체계에 대한 명확한 기준마련이 요구됨



<우리나라 건축물 내진율 (내진설계 대상건물)>

다. 기존 노후 건축물 안전성확보(현안해결)를 위한 적정기술이 요구됨

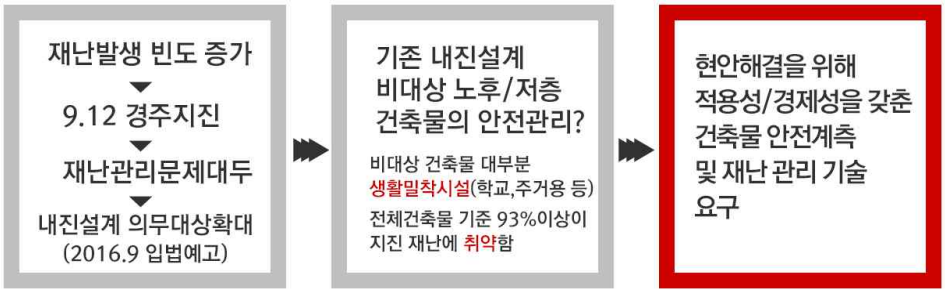
■ 경주지진 발생 이후 내진설계 의무대상확대, 내진보강예산 확보와 같이 정부·지자체의 대응방안이 마련되고 있으나 기존 노후건축물의 안전성확보를 위한 적정수준에 미치지 못하고 있는 실정임

■ 학교건축물의 경우 기존건축물 및 노후건축물의 내진성능 확보를 위해 4조 5천억원 가량의 재원과 시간(20년~67년)이 소요 될 것으로 사료됨

■ 우리나라 전국 초·중·고등학교 건물 내진 적용률은 평균 23.8%로 남은 76.2%학교에 내진보강을 모두 완료하기 위해 소요되는 예산은 4조5천억원으로 추정됨 (교육부)

■ 내진보강예산을 2016년 수준으로 유지 시 내진보강 완료를 위해 소요되는 시간은 현행 67년으로 추정되며 경주 지진발생 후 한시적으로 청구한 추경예산을 고려해도 20년 이상 소요될 것으로 추정됨 (교육부 학교시설 내진설계 현황자료)

■ 구조안전성 개선과 같은 장기적인 보완책을 추진함과 동시에 즉시적용이 가능한 현안해결형 기술개발과 시스템 도입이 필요함



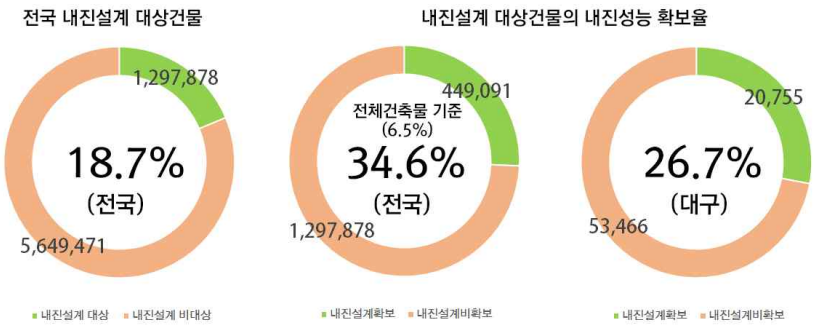
< 노후건축물 안전점검·관리 시스템 보급의 필요성 >

라. 지진 등 재해 발생 시 대경권 노후 건축물에 의한 피해 극심 우려

- 국내 지반 특성 및 위치 특성상 지진파의 주파수 성분은 0.5초 이하의 단주기 성분이 크기 때문에 저층구조물/ 노후건축물의 피해가 극심할 것으로 사료됨
- 1999년 타이완 지진당시 피해건물 90%이상이 5층 이하의 저층/노후건축물이었는데 이는 단주기파와 2~4층 건물의 흔들림 주기가 맞물리는 "공진현상"에 기인함.)

■ 대경권 내진설계 비 대상건축물 대부분은 노후화 건축물으로 지진 등 재난 발생 시 건축물에 의한 피해확산이 우려되는 실정임

- 대구시의 내진 대상 동수 75,121 동중 확보동수는 20,755동으로 내진성능 확보비율은 26.7%에 불과함. 경상북도 내진대상동수는 71,195동 그중 확보동수는 27,223동으로 내진성능 확보비율이 38.2%임
- 우리나라의 경우 1988년 이후 내진설계를 적용하기 시작하여 점진적으로 그 적용대상 기준을 확대하여 왔으며, 1988년 이전 건축물에는 지진에 대한 근본대책이 수립되어 있지 않음.



< 국내건축물의 내진설계 확보율 >

마. 노후 건축물 안전 및 재난관리 가이드라인 작성의 필요성

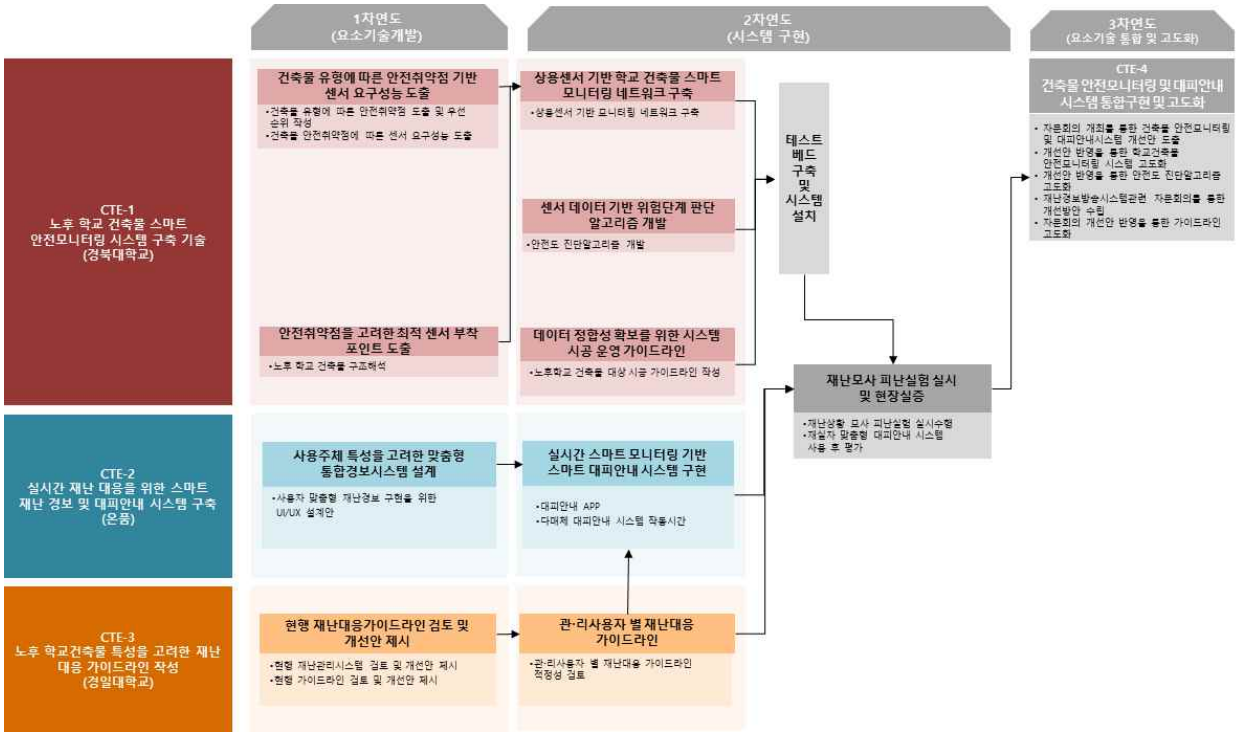
■ 재난 시 학교건축물은 비상대피소의 기능을 수행함으로 재난진행상황에 따른 단계적이고 체계적인 대응·관리가 요구됨

■ 경주지진에 따른 학교현장의 대응 상황자료(2016 국정감사)에 따르면 경주 지진사태 발생 후 대피 매뉴얼을 준수하지 않은 학교(85.2%), 아무런 조치를 취하지 않은 학교(39.3%)로 등 문제점이 나타나 재난발생시 대응체계가 부실한 것으로 나타남

■ 재난상황 및 관리·수용 주체를 고려한 대응 매뉴얼의 제공과 국가재난관리시스템과 효율적으로 연계하기 위한 관리/대응시스템 마련이 필요함

2. 연구수행내용 및 성과

2-1. 연구 개발 추진 전략·방법 및 추진체계



<노후 건축물 재난대응 스마트 모니터링 및 대피안내시스템 연구개발 흐름도>

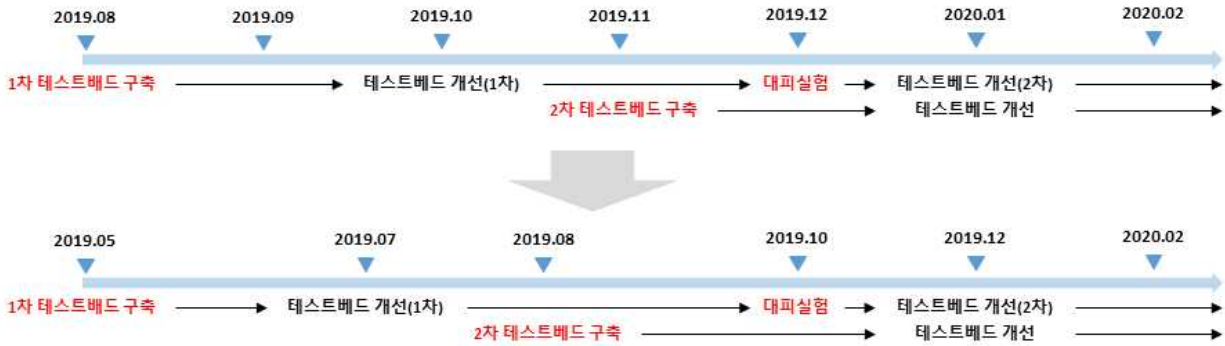
■ 요소기술 통합 및 고도화

구성기술	최종성과물
시스템	• 무선센서 및 광센서 기반 건축물 안전정보 계측 시스템 (H/W, S/W) • 계측기반 스마트 안전 모니터링 및 거동 데이터 분석 프로그램 (S/W) • 실시간 재난대응을 위한 다매체 통합경보·대피안내 시스템 (PC S/W,APP)
엔지니어링가이드, 알고리즘	• 건축물 안전정보 모니터링을 위한 네트워크 체계 구성 매뉴얼 • 학교건축물 안전정보계측 시스템 설계·시공 및 운영가이드라인 • 재난정보 및 계측센서 분석기반 재난/유지보수 시점 도출 알고리즘 • 수집된 센서 데이터의 신뢰율 및 위험단계 판단 알고리즘의 신뢰율 검증
매뉴얼 등	• 학교 건축물 이용특성을 고려한 관리·사용주체별 대응 매뉴얼 • 노후학교 건축물 재난대응 가이드라인 보완안 (정책제안서)

• 요소기술개발 및 통합, 실증을 위하여 연구개발 기간을 2단계 (1단계: 5~6차년도. 2단계:

7차년도)로 나누어 설정하고, 단계별 도출 연구개발 성과를 제시하였음

- 요소기술 통합 및 고도화 대상 최종성과물은 위 표와 같음
- 구축된 테스트베드 및 재난상황 모사 피난실험 실시를 통하여 요소기술 통합 및 실용화 점검을 실시함 (테스트베드 2개소 이상, 피난실험 1회 이상)
  - 대피실험은 장성초등학교에서 20대 성인남녀를 대상으로 개별 대피실험을 실시
  - 또한 경일대학교에서 80명의 성인남녀를 대상으로 군집 대피실험을 실시



<테스트베드 구축 및 대피실험 일정>

  - 연구개발 성과물의 보급 확산을 위하여, 연구개발 구현 기술에 대한 홍보를 수행하며 피난실험 등 요소기술 실증 시, 시・도 행정부서 및 소방당국의 참가를 독려하여 시스템 사용 후 평가를 진행함

- 자문회의 개최를 통해 건축물 안전모니터링 및 대피안내시스템, 재난대응가이드라인의 고도화를 추진
  - 자문회의는 2020년 2월 중 1회 실시
  - 자문 대상은 현장안전진단업체, 건축물 안전모니터링 및 대피안내시스템 관련 전문가, 지자체 공문으로 구성

- 연구개발 성과물의 보급 확산을 위하여, 연구개발 구현 기술에 대한 홍보를 수행하며 피난실험 등 요소기술 실증 시, 시・도 행정부서 및 소방당국의 참가를 독려하여 시스템 사용 후 평가를 진행함

■ 기술상용화를 위한 참여기관・기업 연계

- 연구개발 성과의 고도화 및 확산을 위해 수립한 참여기관 ・기업의 연계방안은 다음과 같음

- 경북대학교, 경일대학교 산학협력단 : 알고리즘개발, 특허, 논문 등 연구성과를 도출하며, 개발 협약등을 통해 지역 산업체,연구소기업에 대한 기술이전을 실시
- ㈜ 온품 : 주력사업 분야인 재난경보방송시스템 사업영역에 학교건축물용 경보 및 대피안내시스템을 추가하고 제품화 사업화를 추진
- 주식회사 케이티 : 보유 통신네트워크 및 광센서 기반 계측센서 부문 시장 및 매출 확대 도모, 통합시스템 구축 및 신사업 분야 창출
- ㈜안전융합기술원 : 학교건축물 구조보강사업, 스마트 센싱시스템 컨설팅, 엔지니어링 용역사업 영위, 스마트 안전계측 및 피난시스템 시공, 기술상담 사업 추진 시 활용

<연구수행체계>

대경권 지역거점센터		전문기관
과제명	노후학교 건축물 재난대응 스마트 모니터링 대피안내 시스템 구축	국토교통과학기술진흥원

주 관 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관
경북대학교 산학협력단	㈜온품	경일대학교 산학협력단
담당연구개발내용	담당연구개발내용	담당연구개발내용
과제명: 노후 학교 건축물 스마트 모니터링 시스템 구축	과제명: 실시간 재난 대응을 위한 재난 경보 및 대피안내 시스템 구축	과제명: 노후 학교건축물 특성을 고려한 재난 대응 가이드라인 작성
○ 건축물 유형에 따른 안전취약점 기반 센서 요구성능 도출 ○ 안전취약점을 고려한 최적 센서 부착 포인트 도출 ○ 상용센서 기반 학교 건축물 스마트 모니터링 네트워크 구축 ○ 센서 데이터 기반 위험단계 판단 알고리즘 개발 ○ 데이터 정합성 확보를 위한 시스템 시공·운영 가이드라인 ○ 테스트베드 구축 및 시스템 설치 ○ 재난모사 피난실험 실시 및 현장실증 ○ 건축물 안전모니터링 및 대피안내 시스템 통합구현 및 고도화	○ 사용주체 특성을 고려한 맞춤형 통합경보시스템 설계 ○ 실시간 스마트 모니터링 기반 스마트 대피안내 시스템 구현 ○ 재난모사 피난실험 실시 및 현장실증 ○ 건축물 안전모니터링 및 대피안내 시스템 통합구현 및 고도화	○ 현행 재난대응가이드라인 검토 및 개선안 제시 ○ 관리·사용자 별 재난대응 가이드라인 ○ 재난모사 피난실험 실시 및 현장실증 ○ 건축물 안전모니터링 및 대피안내 시스템 통합구현 및 고도화

참여기업	㈜온품, ㈜안전융합기술원
위탁기관	콘크리닉, 주식회사 케이티

■ 연구개발 추진일정

- 5차년도

5차년도																
일련번호	연구내용		추진 일정												연구개발비(단위: 천원)	책임자(소속기관)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	건축물 유형에 따른 안전취약점 기반 센서 요구성능 도출	DB 분석을 통한 학교 건축물 유형별 안전 취약점도출 및 우선순위 작성													21,000	최세휴(경북대)
2		안전도 진단알고리즘 선행연구 고찰													12,000	최세휴(경북대)
3		데이터 분석 및 시각화 S/W 작성													45,000	김기홍(콘크리닉)
4	안전취약점을 고려한 최적 센서 부착 포인트 도출	노후 학교건축물 안전모니터링을 위한 계측요소 및 성능목표 제안													98,000	최세휴(경북대)
5		건축물 유형별 센서포인트 도출													13,000	최세휴(경북대)
6	사용주체 특성을 고려한 맞춤형 통합경보시스템 설계	수용자 특성별 UI/UX 설계안 제시													18,000	안병덕(온품)
7		경보체계 위계설정 재난경보 의사결정 및 경보발령 프로세스 작성을 통한 통합경보 시스템 설계													12,000	안병덕(온품)
8	현행 재난대응가이드라인 검토 및 개선안 제시	재난대응 프로토콜 분석 및 대응취약점 도출													5,000	이기환(경일대)
9		학교건축물 재난대응 가이드라인 분석 및 개선안제시													8,000	이기환(경일대)

- 6차년도

6차년도																
일련번호	연구내용		추진 일정												연구개발비(단위: 천원)	책임자(소속기관)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	상용센서 기반 학교 건축물 스마트 모니터링 네트워크 구축	센서 기반 네트워크 체계 구성													55,000	최세휴(경북대)
2		최적 센서 조합 도출													55,000	최세휴(경북대)
3	센서 데이터 기반 위험단계 판단 알고리즘 개발	위험(주의,심각) 단계 판단 알고리즘 개발													30,000	최세휴(경북대)
4		안전도 진단 알고리즘 통합구현 및 실증													30,000	최세휴(경북대)

5	데이터 정합성 확보를 위한 시스템 시공·운영 가이드라인	학교 건축물의 안전취약지점별 계측시스템 설치 가이드라인 작성													110,000	최세휴 (경북대)
6	테스트베드 구축 및 시스템 설치														100,000	신동준 (KT)
7	재난모사 피난실험 실시 및 현장실증	단위기술 간 통합구현 및 실증													25,000	최세휴 (경북대)
8		테스트베드 검증결과에 따른 단위기술 고도화													25,000	최세휴 (경북대)
9		재난시나리오에 따른 재난사황 모사피난 시험 실시 및 검증													26,000	최세휴 (경북대) 이기환 (경일대)
10		재실자 맞춤형 대피안내 시스템사용 후 평가													26,000	최세휴 (경북대) 이기환 (경일대)
11	실시간 스마트 모니터링 기반 스마트 대피안내 시스템 구현	통합경보시스템 구현													10,000	안병덕 (온품)
12		스마트폰 맵 구현 (관리자, 교직원, 학생용)													10,000	안병덕 (온품)
13		옥내경보방송시스템 구현													10,000	안병덕 (온품)
14		실험실에서 자체 시스템 구축 및 시험													10,000	안병덕 (온품)
15		1차 시제품 평가 및 보완													10,000	안병덕 (온품)
16		스마트폰 앱, 스토어 등록													2,000	안병덕 (온품)
17		옥내경보방송시스템 대상 학교 설치													2,000	안병덕 (온품)
18		통합안전관리모니터링시스템 연계													10,000	안병덕 (온품)
19		행정안전부DMB시스템 연계													10,000	안병덕 (온품)
20		현장 통합시험 및 성능 평가													10,000	안병덕 (온품)
21	관리·사용자 별 재난대응 가이드라인	사용·관리자 별 재난대응 가이드라인 작성													15,000	이기환 (경일대)
22		전문가설문을 통한 적정성 검토													15,000	이기환 (경일대)

- 7차년도

7차년도																
일련번호	연구내용		추진 일정												연구개발비(단위:천원)	책임자(소속기관)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	건축물 안전모니터링 및 대피안내 시스템 통합구현 및 고도화	자문회의를 통한 개선사항 도출													40,000	기관 공통
2		건축물 재난대응 스마트 모니터링 고도화													40,500	최세휴 (경북대)
3		대피안내시스템 통합구현 및 고도화													10,000	안병덕 ((주)온품)
4		재난대응 가이드라인 고도화													7,000	이기환 (경일대)

2-2. 연구수행내용 및 결과

가. 노후 학교 건축물 스마트모니터링 시스템 구축 기술

(1) 건축물 유형에 따른 안전취약점 기반 센서 요구성능 도출

1) 건축물 유형에 따른 안전취약점 도출 및 우선 순위 작성

■ 개요

- 노후학교의 도면 데이터 및 안전진단 산출물을 이용하여 대상 구조물의 구조적 특징을 파악하여 안전도 평가의 기준을 확보하고자 함.
- 건축물의 구조적인 분류를 기반으로 하여 안전도평가의 기준을 도출하며 건축물의 안전 취약점을 파악하여 안전도 산정의 근거를 마련하고자 함.
- 시설물 유지관리 데이터

- 노후학교 안전도 평가를 위하여 관련된 관리기관과 유지관리 업체의 협조를 통하여 약 125개 학교의 시설물 유지관리 이력 정보를 확보하여 분석함.
- 시설물 유지관리 이력 정보에는 시설물의 증축, 개축 및 보수 보강에 대한 정보를 확인 할 수 있었며 안전진단 관련 산출물도 같이 확인 할 수 있었다. 그러나 이력 정보에 대한 전반적인 진행 과정에 대한 정보를 확인 할 수 없어서 정확한 정보의 분석 및 적용에는 한계가 있음.
- 관리기관에서 확보한 자료 이외에 상시 안전진단 관련 성과물들을 유지관리 업체에서 확보할 수 있었으며 전반적으로 약 100여개의 학교에 대한 안전진단 성과물을 확보하여 검토함으로써 노후학교 시설물의 구조 안전 검토 성과물을 취합함.

- 학교 건축물 유형

- 학교 건축물에 대한 여러 가지 분류 기준이 있을 수 있지만 본 연구에서는 구조적인 관점과 평면 배치의 관점에서 분류함.

< 건축물의 구조적 분류 >

대분류	세부 구조	구성비
조적구조	벽돌구조, 블록구조, 석구조, 기타조적구조	7.5%
콘크리트구조	철근콘크리트구조, 프리케스트콘크리트구조, 기타콘크리트구조	89.4%
철골구조	일반철골구조, 경량철골구조, 강파이프구조, 공업화박판강구조(PEB), 단일형강구조, 트러스구조, 기타강구조	2.8%
철골철근콘크리트구조	철골콘크리트구조, 철골철근콘크리트구조, 철골철근콘크리트합성구조, 기타철골철근콘크리트구조	
목구조	일반목구조, 통나무구조, 트러스목구조	0.3%
기타구조	기타구조	

- 학교 건축물의 경우, 평면 배치의 관점에서의 분류가 다양하게 나타남.

< 학교 건축물의 평면 배치 분류 >

유형	개념도	사례
ㄱ		• 가장 기본적인 배치 패턴 • 남향으로 배치
ㄷ		• 다양한 소규모 외부공간 제공 • 독립적인 소규모 공간을 제공하기는 어려움 • 남향으로 배치
ㅁ		

- 학교 건물의 평면배치 유형은 ㄱ자형, ㄷ자형, ㅁ자형 등 12가지 유형으로 분류됨.
- ㄱ자형은 가장 기본적인 배치 패턴으로 고학년동과 저학년동을 별도의 교사동으로 분리할 수 없고, 학년별로 독립된 외부공간을 제공하기 어려움이 있음.
- ㄷ자형과 ㅁ자형은 교사동으로 둘러싸인 대규모 외부공간을 제공할 수 있지만 독립적인 소규모 공간들을 제공하기는 곤란하며 ㄱ자형, ㄷ자형, ㅁ자형의 배치 패턴은 모두 일반교실을 남향으로 배치할 수 있어 일조, 채광 등을 충분히 확보 가능함.
- 그 밖에도 F자형, P자형, 工자형, ㅌ자형, T자형, Y자형은 다양한 소규모 외부 공간을 제공할 수 있으며, 교사동을 학년별·기능별로 명확히 분리 가능하며, 2개 이상의 배치 형태를 조합한 결합형이 중, 고등학교 배치 형태에서 자주 확인됨.

• 안전 취약점 도출

- 확보된 안전진단 데이터를 분석하여 구조적인 유형 분류를 통하여 다음의 표 3과 같은 결론을 도출할 수 있었으며 노후학교의 유형 분류는 준공된 년대와 가장 밀접한 연관이 있는 것으로 나타남.

< 안전진단 데이터 분석 결과 >

구분	70~80년대	90년대	2000년이후
특징	표준도서	횡력 저항	대형, 비정형화
벽체	조적벽	전단벽 시작	콘크리트벽
보 규격	300×600	400×600	400×700
기둥 규격	400×450	400×500	400×600

■ 데이터 확보 및 데이터 베이스 정의

• 데이터 확보 및 분석

- 학교 건물의 관리 기관에서 확보된 관리 자료를 취합하여 분류함으로써 도면 데이터와 안전진단 데이터를 확보하였으며 도면 데이터를 별도로 구분하여 일반적인 표준도와 25개 학교에 대한 도면 데이터 베이스를 구축함.
- 또한 안전진단 업체에서 확보된 안전진단 성과물을 취합하여 분류함으로써 약 100여개 학교의 안전진단 데이터 베이스를 구축함.

• 자료 구분

- 관리기관에서 확보한 데이터는 약 2.5G이며 이중에서 안전진단과 성능개선 관련 자료가 약 1.9G 정도이며 도면은 약 680M 정도로 나타남.

< 관리기관에서 확보된 데이터 내용 구분 >

구분	내용	상세내용	용량(바이트)	비고
도면외	안전진단외	성능개선, 증.개축	1.9 기가	25개 학교
도면정보	도면(현황)	시설물 현황 602매	680 메가	학교+표준도

• 학교 건물의 도면 데이터

- 학교 건물의 도면 정보는 모두 교육청에서 확보한 자료이며 25개 학교의 정보를 취합함.

< 관리기관에서 확보된 도면 구분 >

도면형식	매수	학교수
도면(DWG)	561매	학교 24개소
도면(DXF)	14매	표준도
도면(PDF)	27매	학교 1개소

• 데이터 베이스 정의

- 상기 도면 데이터 베이스에서 적절한 정보를 추출하기 위하여 학교의 특성을 평가할 수 있는 특성 평가 시트를 구성함.
- 특성 평가 시트는 구조물의 형식에 대한 개괄적인 정보를 확인 할 수 있는 형식으로 구조물 준공년도, 층수, 평면의 형식 등으로 구성함.

■ 데이터 분석

• 도면 데이터 분석

- 도면 데이터 베이스에서 특성 평가 시트에 대한 정보를 추출하여 정보를 수집하여 구조물의 분류 기준으로 사용함.
- 또한 도면에서 구조물의 형식, 구조 부재의 규격, 내진 설계 여부를 확인하여 안전도에 적용할 수 있도록 구성함.

• 안전진단 데이터 분석

- 안전진단 디비에서는 구조부재의 규격과 성능을 확인할 수 있으며, 확보된 안전진단 데이터 베이스를 분석하여 아래의 표와 같은 구조물 유형을 확인함.

■ 데이터 베이스 프로그램

• 도면 디비 프로그램 개발

- 다수의 도면을 확인하여 원하는 정보를 추출하기 위하여 도면을 확인하여 정보를 저장할 수 있는 도면 데이터 베이스 프로그램이 필요하여 간략하지만 도면의 정보를 데이터 베이스 화 할 수 있는 프로토 타입의 도면 데이터 베이스 프로그램을 개발함.

• 프로그램의 특징은 다음과 같음.

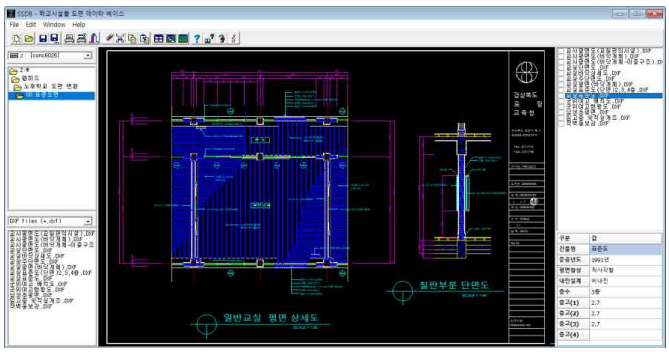
- 도면을 필요에 따라 바로 확인하여 학교의 특성 평가 시트 작성
- 특성 평가 시트는 구조물의 형식에 대한 개괄적인 노트 형식으로 작성
- 구조물 준공년도, 층수, 평면의 형식 등을 노트 형식으로 작성 (도면명 매칭)

• 도면 디비 분석 결과

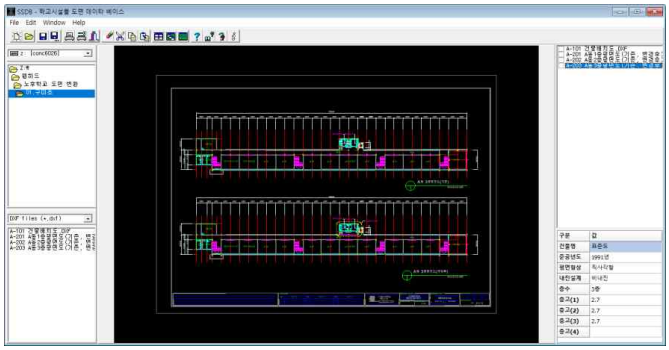
- 다음 그림들은 도면 데이터 베이스 프로그램을 이용하여 도면을 확인하며 정보를 수집하는 프로그램 실행 화면을 보여줌

< 안전진단 데이터 베이스 분석 결과 >

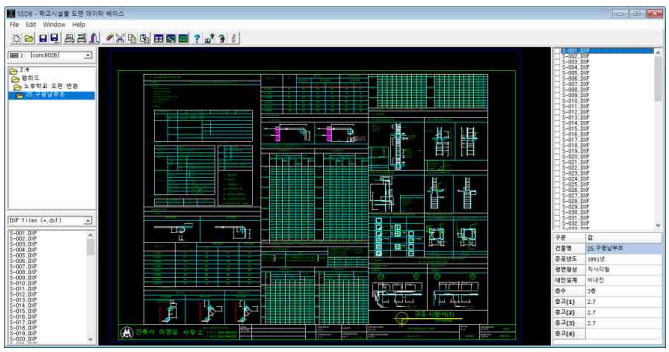
시공년도 / 부재	70~80년대		90년대		2000년도	
	단면 size(mm)	비율(%)	단면 size(mm)	비율(%)	단면 size(mm)	비율(%)
보			300×400	21		
	300×450	35	300×450	5		
	300×500	12	300×500	12	300×500	12
	300×600	53	300×600	21	300×600	23
			300×700	6		
			400×600	35	400×600	25
					400×700	33
					400×800	7
기둥	400×400	39	400×400	23	400×400	8
	400×450	52	400×450	5		
	400×500	9	400×500	54	400×500	27
					400×600	38
			500×500	18	500×500	22
					500×600	5
교실 규격 가로×세로 (면적)	9.0m×7.2m ($64.8m^2$)		9.0m×7.2m ($64.8m^2$)		9.0m×7.2m ($64.8m^2$)	
			9.0m×7.5m ($67.5m^2$)		9.0m×7.5m ($67.5m^2$)	
	표준도면에 따른 교실형태를 구성		대부분 위의 2 타입 교실형태 구성		90년대와 유사. 2 타입 교실형태 구성	
전단벽	대부분 전단벽 미설치. 교사동 측벽은 대부분 조적벽체임		학교 평면에서 계단실부분에 전단벽이 설치되기 시작함.		학교 평면에서 계단실뿐만 아니라 측벽부도 대부분 콘크리트벽(T=150mm)이 설치되기 시작함.	
전체 특징	표준도서를 이용한 구조계산을 수행하여 단면형상이 대부분 동일한 패턴을 유지하고 있는 특징이 있음. 가로형태의 정형 구조물이 대부분임.		실제 건축계획 등을 통한 구조설계를 수행하여 다양한 형태의 단면형상 및 횡력저항시스템을 고려하여 전단벽이 설치되기 시작함. 비정형구조물이 계획되기 시작함.		다양한 구조형상, 전단벽, 허리벽 및 측벽에서 콘크리트 구조물이 형성되기 시작함. 대부분 학교가 대형화되어 체육관, 강당 등과 연결된 비정형구조물이 주를 이루기 시작함.	
안전 취약점	구조체, 비구조체의 이질재료로 인한 변형 취약점		내진설계 유무에 따른 기둥 패널존 부분 취약		비정형성 구조물의 증가로 인한 연결부위 취약	



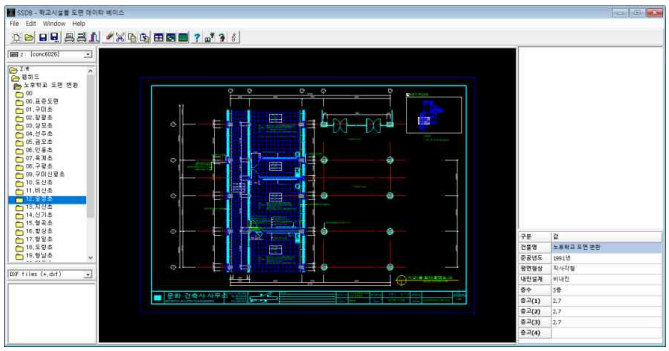
< 학교 건축물의 표준도면 >



< 구미초등학교의 3층 평면도 (기존 변경후) >



< 구평남부 초등학교 구조시방서 >



< 송정초등학교 평면도 >

2) 노후 학교 건축물 안전취약점에 따른 센서 요구성능 도출

■ 노후학교 건축물 안전모니터링의 범위

- 노후학교 건축물 및 재난의 정의

- 노후 학교 건축물은『도시 및 주거환경정비법』에서 준공 후 20년 이상 30년 이하 범위에서 시·도조례로 정하는 기간을 지난 건축물을 의미한다. 본 과업에서는 20년 이상의 노후 학교 건축물을 대상으로 연구를 진행함.
- 교육부에서 제공하는 “학교현장 재난유형별 교육·훈련 매뉴얼”에 따르면 학교건축물

에 영향을 미치는 재난을 5개의 자연재난, 4개의 사회재난, 8개의 기타재난으로 구분하고 있음.

- 총 17개의 재난 중 건축물의 구조안전성에 영향을 미치는 재난은 태풍, 지진, 대설, 화재로 구분됨.
- 이중 본 과업에서는 현재 대경권에서 가장 이슈가 되고있는 지진과 국내에서 발생하는 재난 중 그 피해의 규모가 가장 큰 화재로 모니터링의 범위를 한정하고, 연구를 진행함.

< 재난유형별 분류 >

구분	재난유형	
자연재난	황사·미세먼지	폭염
	태풍·집중호우	지진
	대설·한파	
사회재난	화재	화학물질 유출사고
	방사능 재난	해양사고
기타재난	응급처치	교통안전
	민방공 훈련	폭파테러
	화학 테러	생물 테러
	방사능 테러	무기에 의한 테러

- 스마트 모니터링의 범위 및 계측요소

- 스마트 모니터링 시스템이라함은 건축물내 건축물의 안전 취약점을 분석할 수 있는 센서를 부착하여 건축물의 안전도를 모니터링하고, 모니터링된 데이터를 기반으로 건축물의 안전도를 진단 할 수 있는 시스템을 의미함.
- 건축물의 안전을 모니터링하기 위한 항목을 조사하기 위해 한국시설안전공단에서 제공하는 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안점점검・진단 편)의 구조물별 조사항목에 대한 분석을 실시함.

< 철근콘크리트 구조의 조사항목 >

구 분	조사항목	내 용
부재 상태 및 내구성	콘크리트 강도 및 규격	콘크리트 압축강도 및 부재규격
	균열	규열폭, 면적률
	콘크리트 탄산화	탄산화 깊이
	표면 열화	박리, 박락 및 층분리, 누수 및 백태, 철근노출
변위·변형	기울기	건축물기울기
	부동침하	부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기

< 철골구조의 조사항목 >

구 분	조사항목	내 용
부재 상태 및 내구성	강재의 강도 및 규격	강재의 강도도서검토) 및 부재규격
	용접 접합상태	용접부 결함(균열 및 언더컷 등)
	볼트 접합상태	볼트 누락, 풀림, 이완
	강재의 부식도	도장 및 부식상태
	내화피복	내화피복 두께 및 손상
변위·변형	기울기	건축물기울기
	부동침하	부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기

< 철골·콘크리트구조의 조사항목 >

구 분		조사항목	내 용
부재 상태 및 내구성	S.R.C	콘크리트 강도 및 규격	콘크리트 압축강도 및 부재규격
		균열	규열폭, 면적률
		콘크리트 탄산화	탄산화 깊이
		표면 열화	박리, 박락 및 층분리, 누수 및 백태, 철근노출
	STL	강재의 규격	강재의 강도 및 부재규격
		용접 접합상태	용접부 결함(균열 및 언더컷 등)
		볼트 접합상태	볼트 누락, 풀림, 이완
		강재의 부식도	도장 및 부식상태
		내화피복	내화피복 두께 및 손상
변위·변형		기울기	건축물기울기
		기초침하	부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기

< 조적조구조의 조사항목 >

구 분	조사항목	내 용
부재 상태 및 내구성	콘크리트 강도 및 규격	콘크리트 압축강도 및 부재규격
	조적벽체 규격	조적벽체량 및 두께
	균열	규열폭, 면적률
	콘크리트 탄산화	탄산화 깊이
	표면 열화	박리, 박락 및 층분리, 누수 및 백태, 철근노출
변위·변형	기울기	건축물기울기
	부동침하	부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기

- 부재상태 및 내구성을 평가하는 항목과 변위・변형을 평가하는 항목들 중 센서를 통해 실시간으로 모니터링가능한 조사항목은 균열, 기울기로 나타남.
- 또한 본 과업의 재난 범위인 화재와 지진을 모니터링하기 위해 「지진・화산재해대책법」에서 규정하고 있는 지진가속도계 규정을 검토하였다. 「지진・화산재해대책법」에서는 주요시설물을 대상으로 지진가속도계측을 규정하고 있으며, 「지진가속도계설치 및 운영기준」에서는 지진가속도설치 대상시설물, 지진가속도계의 설치위치, 지진가속도계의 성능에 대해 규정하고 있다. 「지진가속도계 설치 및 운영기준」에서는 건축물의 계측항목과 센서설치위치와 계수를 다음표와 같이 규정하고 있음

< 지진가속도계설치 및 운영기준 >

제14조(계측항목)	건축물의 지진가속도 계측항목은 다음 각 호와 같다. 1. 건축물 주변의 자유장 계측 2. 건축물의 지진거동 계측
제15조(지진가속도계측센서 설치 위치와 개수)	① 건축물 주변의 자유장 계측은 제12조를 따른다. ② 10층 미만의 건축물의 경우 다음 각 호에 따라 지진가속도계측센서를 설치한다. 1. 최하층(1층 바닥 또는 지하 1층)과 최상층(옥탑층 제외)에 설치하여야 하고, 지진가속도계측센서 소요 개수는 별표 15와 같다. 2. 강성 또는 중량이 급격하게 변하여 지진거동특성에 영향을 미치는 요소가 있는 경우 별도 3과 별도 4를 참고하여 추가로 설치할 수 있다. 중간층에 지진가속도계측센서를 설치할 경우 최상층과 같은 방식으로 설치한다. ③ 10층 이상의 건축물 또는 1차 진동모드의 주기가 1.0초 이상의 건축물은 다음 각 호에 따라 지진가속도계측센서를 설치한다. 1. 최하층(1층 바닥 또는 지하 1층)과 최상층(옥탑층 제외)에 설치한다. 2. 1개소 이상의 중간층에 지진가속도계측센서를 추가로 설치할 수 있다. 이 경우 추가 설치 위치는 별도 5를 참고하여 정하거나 건축물의 진동모드를 고려하여 정할 수 있다. 3. 최하층, 최상층 및 중간층에 설치되는 지진가속도계측센서 소요 개수는별표 16과 같다. 4. 강성 또는 중량이 급격하게 변하여 지진거동특성에 영향을 미치는 요소가 있는 경우 별도 3과 별도 4를 참고하여 지진가속도계측센서를 추가로 설치할 수 있다. ④ 건축물 평면형상에 따른 지진가속도계측센서 설치 위치 및 개수는 다음 각 호에 따라 정한다. 1. 일반적인 직사각형 평면의 경우에는 최하층 설치 위치는 건축물 평면의 중앙 부분에 설치하는 것을 원칙으로 하고, 최하층을 제외한 기타 층에서는 별도 6를 참고하여 설치할 수 있다. 2. 평면 비정형성이 적은 건축물은 별도 7과 같이 설치할 수 있다. 3. 평면 비정형성 건축물은 별도 8을 참고하여 설치할 수 있다. 4. 한 방향으로 상당히 긴 건축물 등 평면형상이 일반적인 경우와 다를 것으로 예상되는 경우는 건축물의 지진거동특성을 고려하여 지진가속도계측센서를 추가 설치할 수 있다. ⑤ 동일 부지에 1개 이상의 건축물이 있을 경우 대표 건축물 또는 피해발생시 가장 큰 영향을 끼치는 건축물에 설치해야 한다.

- 또한 시설물의 지진가속도계센서의 표준규격은 별표22에서 제시하고 있음.

< [별표 24] 시설물 지진가속도기록계의 표준규격 (제39조 관련) >

항목	표준규격	비고
주파수 영역	최소 주파수는 0.1Hz 이하, 최대 주파수 50Hz 이상 주어진 주파수 대역에서 지반운동을 3dB 이내의 정확도로 감지	. 0.1Hz에서 50Hz까지 평활한 주파수 응답 반응 유지해야 함
동적 범위	120dB 이상 해당 시설의 고유주파수(또는 고유주기)를 고려하여 선택해야 함 최대 계측 지진가속도 2.0g	
출력전압선형비 (linearity)	. 1% 이내	. 지반운동 크기의 왜곡 현상 방지
성분간 감도오차	. 2% 이내	. 정확한 벡터 성분을 유추할 수 있어야 함
감쇠율	. 60~70%	
출력전압	. 지진가속도기록계의 최대 입력 전압 이내	. 계측된 데이터의 왜곡 방지
출력방식	. 지진가속도기록계와의 거리가 50m 이상인 경우 차동출력방식 적용	. 노이즈에 따른 신호 왜곡 방지

- 또한 화재를 모니터링하기위해 「감지기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준」을 분석하였다. 감지기는 열감지기, 연기감지기, 불꽃감지기, 복합형감지기로 구분된다. 본 연구에서는 이중에서 열센서를 통해 건축물의 화재를 모니터링하고자 함.

< 감지기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준 >

<table>
<tr><td>제3조
(감지기의
구분)</td><td>감지기는 구조 및 기능에 따라 다음 각 호와 같이 구분한다.
1. 열감지기는 각 목과 같이 구분한다. <개정 2017. 12. 6.>
가. "차동식스포트형"이란 주위온도가 일정 상승율 이상이 되는 경우에 작동하는 것으로서 일국소에서의 열 효과에 의하여 작동되는 것을 말한다.
나. "차동식분포형"이란 주위온도가 일정 상승율 이상이 되는 경우에 작동하는 것으로서 넓은 범위 내에서의 열 효과의 누적에 의하여 작동되는 것을 말한다.
다. "정온식감지선형"이란 일국소의 주위온도가 일정한 온도 이상이 되는 경우에 작동하는 것으로서 외관이 전선으로 되어 있는 것을 말한다.
라. "정온식스포트형"이란 일국소의 주위온도가 일정한 온도 이상이 되는 경우에 작동하는 것으로서 외관이 전선으로 되어 있지 아니한 것을 말한다.
마. "보상식스포트형"이란 가목와 라목 성능을 겸한 것으로서 가목의 성능 또는 라목의 성능중 어느 한 기능이 작동되면 작동신호를 발하는 것을 말한다.</td></tr>
<tr><td>제14조(차동식스포트형감지기의 감도시험)</td><td>차동식스포트형감지기의 감도는 그 종별로 다음 표 의 K, V, N, T, M, k, v, n, t 및 m의 값에 따라 다음 각 호의 시험에 적합하여야 한다.
<table>
<tr><td rowspan="3">종 별</td><td colspan="5">작 동 시 험</td><td colspan="5">부 작 동 시 험</td></tr>
<tr><td colspan="3">계 단 상 승</td><td colspan="2">직 선 상 승</td><td colspan="3">계 단 상 승</td><td colspan="2">직 선 상 승</td></tr>
<tr><td>K</td><td>V</td><td>N</td><td>T</td><td>M</td><td>k</td><td>v</td><td>n</td><td>t</td><td>m</td></tr>
<tr><td>1 종</td><td>20</td><td>70</td><td rowspan="2">30</td><td>10</td><td rowspan="2">4.5</td><td>10</td><td>50</td><td rowspan="2">1</td><td>2</td><td rowspan="2">15</td></tr>
<tr><td>2 종</td><td>30</td><td>85</td><td>15</td><td>15</td><td>60</td><td>3</td></tr>
</table>
1. 작동시험
가. 실온보다 K ℃ 높은 온도이고 풍속이 V ㎝/s인 수직기류에 투입하는 경우 N초 이내에 작동하여야 한다.
나. 실온에서부터 T ℃/min의 직선적인 비율로 상승하는 수평기류에 투입하는 경우 M분 이내로 작동하여야 한다.
2. 부작동시험
가. 실온보다 k ℃ 높은 온도이고 풍속이 v ㎝/s인 수직기류에 투입하는 경우 n분 이내에 작동하지 아니하여야 한다.
나. 실온에서부터 t ℃/min의 직선적인 비율로 상승하는 수평기류에 투입하는 경우 m분 이내에 작동하지 아니하여야 한다.</td></tr>
<tr><td>제15조(차동식분포형감지기의 감도시험)</td><td>① 분포형감지기로서 공기관식의 감도는 그 종별로 다음표의 공기관 자체의 온도상승율 t1 및 t2의 값에 따라 다음 각 호의 시험에 적합하여야 한다.
<table>
<tr><td>종 별</td><td>t_1</td><td>t_2</td></tr>
<tr><td>1 종</td><td>7.5</td><td>1</td></tr>
<tr><td>2 종</td><td>15</td><td>2</td></tr>
<tr><td>3 종</td><td>30</td><td>4</td></tr>
</table>
1. 작동시험
공기관중 검출부로부터 가장 먼거리에 있는 20 m의 부분이 t1 ℃/min의 직선적인 비율로 상승하는 경우 1분 이내에 작동하여야 한다.
2. 부작동시험
공기관 전체가 t2 ℃/min의 직선적인 비율로 상승하는 경우 15분 이내에 작동하지 아니하여야 한</td></tr>
</table>

다.

② 제1항의 규정은 차동식분포형감지기중 공기관식 외의 것에 대한 감도시험시에도 이를 준용한다.

제16조(정온식감지기의 공칭작동온도의 구분, 감도시험 및 화재정보신호)

① 정온식감지기(아날로그식 제외)의 공칭작동온도는 60 ℃에서 150 ℃까지의 범위로 하되, 60 ℃에서 80 ℃인 것은 5 ℃ 간격으로, 80 ℃ 이상인 것은 10 ℃ 간격으로 하여야 하며 다음 각 호의 시험에 적합하여야 한다.

1. 작동시험

공칭작동온도의 125 %가 되는 온도이고 풍속이 1 m/s인 수직기류에 투입하는 경우 그 종별에 따라 다음 표에 정하는 시간 이내에 작동하여야 한다.

종별	실온	
	0 ℃	0 ℃ 이외
특종	40초 이하	실온 θ_r(℃)일 때의 작동시간 t(초)는 다음 식에 의하여 산출한다. $t = \frac{t_0 \log_{10}(1+\frac{\theta-\theta_r}{\delta})}{\log_{10}(1+\frac{\theta}{\delta})}$
1종	40초 초과 120초 이하	
2종	120초 초과 300초 이하	

(주) t_0 : 실온이 0 ℃인 경우의 작동시간(초)
θ : 공칭작동온도(℃)
δ : 공칭작동온도와 작동시험온도와의 차

2. 부작동시험

공칭작동온도 보다 10 ℃ 낮은 온도이고 풍속이 1 m/s인 수직기류에 투입하는 경우 10분 이내에 작동하지 아니하여야 한다.

② 아날로그식 정온식감지기는 공칭감지온도범위(설계치)의 각 온도에서 다음 각 호의 시험에 적합하여야 한다.

1. 2 ℃/min 이하로 일정하게 직선적으로 상승하는 풍속 1 m/s의 수평기류를 공칭감지온도의 최저온도에서 최고온도까지 가하는 경우 온도에 대응하는 화재정보신호를 발신하여야 한다.

2. 공칭감지온도범위의 임의의 온도에서 제1항제1호의 규정에 의한 특종의 작동시험에 적합하여야 한다.

제17조(보상식스포트형감지기의 정온점의 구분 및 감도시험)

① 보상식스포트형감지기의 정온점은 60 ℃에서 150 ℃까지의 범위로 하되, 60 ℃에서 80 ℃까지의 것은 5 ℃ 간격으로, 80 ℃를 넘는 것은 10 ℃ 간격으로 한다.

② 보상식스포트형감지기의 감도는 그 종별로 다음 표의 K, V, N, T, M, S, k, v, n, t 및 m의 값에 따라 다음 각 호의 시험에 적합하여야 한다.

종별	작동시험						부작동시험				
	계단상승			직선상승		정온점	계단상승			직선상승	
	K	V	N	T	M	S	k	v	n	t	m
1종	20	70	30	10	4.5	60 이상 150 이하	10	50	1	2	10
2종	30	85		15			15	60		3	

1. 작동시험

가. 실온보다 K ℃ 높은 온도이고 풍속이 V ㎝/s인 수직기류에 투입하는 경우 N초 이내에 작동하여야 한다.

나. 실온에서부터 T ℃/min의 직선적인 비율로 상승하는 수평기류에서 투입하는 경우 M분 이내에 작동하여야 한다.

다. 실온에서부터 1 ℃/min의 직선적인 비율로 상승하는 수평기류를 가하는 경우 S보다 10 ℃의 낮은 온도에서부터 S보다 10 ℃ 높은 온도까지의 온도범위에서 작동하여야 한다.

2. 부작동시험

가. 실온보다 k ℃ 높은 온도이고 풍속이 v ㎝/s인 수직기류에 투입하는 경우 n분 이내에 작동하지 아니하여야 한다.

나. 실온에서부터 t ℃/min의 직선적인 비율로 상승하는 수평기류를 가하는 경우 정온점보다 10 ℃ 낮은 온도에 도달하지 아니하는 범위내에서는 m분 이내에 작동하지 아니하여야 한다.

- 즉 온도를 통해 화재를 감지하는 정온식 감지기를 살펴보면 공칭작동온도는 60℃에서 150℃까지의 범위의 온도를 감지할 수 있어야함.

■ 스마트 모니터링을 위한 계측요소의 성능목표 제안

• 균열

- 구조물에 발생하는 열화현상(균열, 누수, 백태, 박리, 박락 등)들은 단순히 외관을 해치는 정도에서 머무를 수도 있으며, 차후의 문제에 대한 징후를 나타낼 수도 있음.

< 허용 최대 균열 폭의 규격치(각국)에 대한 예 >

국 명	종 류 별	허용 균열폭(㎜)	비 고
한 국	콘크리트 표준시방서 ┌ 옥내 구조물 ├ 옥외구조물 └ 수밀구조부재	0.40 0.33 0.13	한국콘크리트학회
일 본	해양콘크리트(해설) 항만구조물 설계지침 ┐ 간조부 ┘ 해수중	0.15 0.20	토목학회 RC 표준시방서(1974)
	철근콘크리트조의 균열 대책(설계, 시공) 지침안.동해설	0.30	일본건축학회(균열 폭 제한의 목표값)
	원심력 RC 말뚝 ┌설계 하중시, 설계 휨모멘트 작용시 └설계 하중시, 설계 휨모멘트 해방시	0.25 0.05	일본 공업규격 (JIS A 5309)
	도로교시방서 및 해설(합성보)	0.02	일본도로협회
미국	실외 부재 실내부재	0.03 0.41	ACI Buildng Code 318.95
	건조한 대기중 또는 보호층이 있는 경우 습한 공기 중.흙 중에 있는 경우 동결방지용의 약품에 접하는 경우 해수.해수비말에 의해 건습이 반복을 받는 경우 수밀구조 부재(물을 유지하는 구조물)	0.40 0.30 0.175 0.15 0.10	ACI Comnittee 224R-90
스웨덴	도로교 사하중만 사하중+활하중 1/2	0.30 0.40	도로교 규정
영국	일반 구조물(일반환경) 침식성 환경	0.30 (주근의 공칭피복)×0.04 이하	CP-110
프랑스	일반 환경	0.40	Brocard
러시아	비부식성 약부식성 중부식성 강부식성	0.30 0.20 0.20 0.10	SNIP Ⅱ-B-1-62

- 특히, 조적벽은 균열로 인하여 누수나 마감재의 손상과 같은 미관상의 문제 외에도 사용자에게 심리적 불안감을 주게 되며, 기초의 부등침하나 과하중과 같은 구조적인 원인으로 발생한 균열에 대하여 소홀히 대처하면 균열의 진전으로 구조물의 안전상에도 영향을 주게 됨.

- 균열 폭 제한의 목표로서 내구성상 0.3㎜를 넘지 않아야 한다. 또한 누수의 위험성이 있는 균열 폭으로서는 0.06㎜가 일반적이며, 0.2㎜이상에서는 100% 누수를 일으키므로 방수성능상 그 이하로 하여야 함.
- 이러한 경향에 대한 허용 균열폭은 철근콘크리트 부재에 요구되는 성능에 따라 각기 달라지는데, 각국에서 정한 철근콘크리트 허용 최대 균열 폭과 「콘크리트구조 사용성 설계기준」에서 제시하고 있는 허용균열폭은은 아래 표와 같음.

< 강재의 부식에 대한 콘크리트의 허용 균열폭(콘크리트구조설계 기준) >

강재의 종류		강재의 부식에 대한 환경조건			
		건조환경	습윤환경	부식성 환경	고부식성 환경
철 근	건 물	0.4㎜	0.3㎜	0.004tc	0.0035tc
	기타 구조물	0.006tc	0.005tc		
프리스트레싱 긴장재		0.005tc	0.004tc	-	-

1) 여기서, tc는 최외단 철근의 표면과 콘크리트 표면 사이의 콘크리트 최소피복두께(㎝)
2) 피복두께가 100㎜이하인 구조물에 적용
3) 물에 저장하는 수조 등의 수밀성을 요구하는 구조물의 허용균열폭 0.2㎜, 다만, 부식성 또는 고부식성 환경에 노출된 수밀성을 요구하는 구조물의 경우는 0.13㎜로 함

- 또한 시설물의 안전관리에 관한 특별법에 따른 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침에 따르면 콘크리트 균열에 대한 상태평가 기준을 다음 표와 같이 규정하고 있음.

< 콘크리트 균열에 대한 상태평가 기준 >

평가기준	평가점수	평가내용		
		최대 균열 폭 : Cw(단위:mm)	면적률 20%이하	면적률 20%이상
a	1	Cw < 0.1	a	a
b	3	0.1 < Cw < 0.2	b	c
c	5	0.2 ≤ Cw < 0.3	c	d
d	7	0.3 ≤ Cw < 0.5	d	e
e	9	0.1 ≤ Cw < 0.2	e	e

$$\text{면적률}(\%) = \frac{\text{균열발생면적}}{\text{점검단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{\text{점검단위면적}} \times 100$$

균열발생면적 산정은균열길이 당 25cm의 폭을 차지하는 것으로 계산
(단, 벽체 및 슬래브 등의 판재에만 적용)

- 즉 콘크리트의 균열을 통해 건축물의 안전을 평가하기 위해서는 0.01mm이하의 간격으로 균열을 측정가능하여야하며, 0.5mm 이상의 균열을 감지할 수 있어야 함.

- 기울기

- 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침에 따르면 건축물의 기울기 평가는 위 표와 같다. 즉 건축물의 기울기를 통해 건축물의 안전을 평가하기 위해서는 1/150를 초과하는 각변위를 감지할 수 있어야 하며, 1/50(0.02mm/m) 간격이하의 기울기를 감지할 수 있어야 함.

< 건축물의 기울기에 대한 상태평가 기준 >

평가기준	평가내용		평가점수 (대표값)
	기울기(각변위)	내 용	
a	1/750 이내	예민한 기계기초의 위험침하 한계	1
b	1/500이내	구조물의 균열발생 한계	3
c	1/250이내	구조물의 경사도 감지	5
d	1/150이내	구조물의 구조적 손상이 예상되는 한계	7
e	1/150초과	구조물이 위험할 정도	9

- 가속도

- 「지진・화산재해대책법」에서는 주요시설물을 대상으로 지진가속도계측을 규정하고 있으며, 「지진가속도계설치 및 운영기준」에서는 지진가속도설치 대상시설물, 지진가속도계의 설치위치, 지진가속도계의 성능에 대해 규정하고 있음.

< [별표 24] 시설물 지진가속도기록계의 표준규격 (제39조 관련) >

항목	표준규격	비고
주파수 영역	최소 주파수는 0.1Hz 이하, 최대 주파수 50Hz 이상 주어진 주파수 대역에서 지반운동을 3dB 이내의 정확도로 감지	0.1Hz에서 50Hz까지 평활한 주파수 응답 반응 유지해야 함
동적 범위	120dB 이상 해당 시설의 고유주파수(또는 고유주기)를 고려하여 선택해야 함 최대 계측 지진가속도 2.0g	
출력전압선형비 (linearity)	1% 이내	지반운동 크기의 왜곡 현상 방지
성분간 감도오차	2% 이내	정확한 벡터 성분을 유추할 수 있어야 함
감쇠율	60~70%	
출력전압	지진가속도기록계의 최대 입력 전압 이내	계측된 데이터의 왜곡 방지
출력방식	지진가속도기록계와의 거리가 50m 이상인 경우 차동출력방식 적용	노이즈에 따른 신호 왜곡 방지

- 즉 건축물의 가속도 측정을 위해서는 0.1Hz에서 50Hz의 주파수를 감지가능하여야하며, 동적범위는 120dB이상, 성분간 감도오차는 2% 미만으로 하여야 한다.

- 온도

<table>
<tr>
<td>제16조(정온식감지기의 공칭작동온도의 구분, 감도시험 및 화재정보신호)</td>
<td>
① 정온식감지기(아날로그식 제외)의 공칭작동온도는 60 ℃에서 150 ℃까지의 범위로 하되, 60 ℃에서 80 ℃인 것은 5 ℃ 간격으로, 80 ℃ 이상인 것은 10 ℃ 간격으로 하여야 하며 다음 각 호의 시험에 적합하여야 한다.
1. 작동시험
공칭작동온도의 125 %가 되는 온도이고 풍속이 1 m/s인 수직기류에 투입하는 경우 그 종별에 따라 다음 표에 정하는 시간 이내에 작동하여야 한다.
<table>
<tr><th rowspan="2">종별</th><th colspan="2">실 온</th></tr>
<tr><th>0 ℃</th><th>0 ℃ 이외</th></tr>
<tr><td>특종</td><td>40초 이하</td><td rowspan="3">실온 θr(℃)일 때의 작동시간 t(초)는 다음 식에 의하여 산출한다.
$t = \frac{t_0 \log_{10}\left(1+\frac{\theta-\theta_r}{\delta}\right)}{\log_{10}\left(1+\frac{\theta}{\delta}\right)}$</td></tr>
<tr><td>1종</td><td>40초 초과
120초 이하</td></tr>
<tr><td>2종</td><td>120초 초과
300초 이하</td></tr>
<tr><td colspan="3">(주) t0 : 실온이 0 ℃인 경우의 작동시간(초)
θ : 공칭작동온도(℃)
δ : 공칭작동온도와 작동시험온도와의 차</td></tr>
</table>
2. 부작동시험
공칭작동온도 보다 10 ℃ 낮은 온도이고 풍속이 1 m/s인 수직기류에 투입하는 경우 10분 이내에 작동하지 아니하여야 한다.
② 아날로그식 정온식감지기는 공칭감지온도범위(설계치)의 각 온도에서 다음 각 호의 시험에 적합하여야 한다.
1. 2 ℃/min 이하로 일정하게 직선적으로 상승하는 풍속 1 m/s의 수평기류를 공칭감지온도의 최저온도에서 최고온도까지 가하는 경우 온도에 대응하는 화재정보신호를 발신하여야 한다.
2. 공칭감지온도범위의 임의의 온도에서 제1항제1호의 규정에 의한 특종의 작동시험에 적합하여야 한다.
</td>
</tr>
</table>

- 감지기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준의 정온식 감지기 기준에 따라 온도센서는 150도까지의 온도를 측정가능하여야하며, 측정온도의 간격은 1℃ 이하여야 함.

- 센서 요구성능

- 관련 규정검토를 통해 도출한 최종 센서의 요구성능을 정리하면 다음과 같음.

< 센서별 요구성능 >

균열	측정범위 : 0 ~ 0.5mm 이상 측정간격 : 0.01mm 이하
기울기	측정범위 : 0 ~ 1/150(mm/m)이상 측정간격 : 1/50(0.02mm/m) 이하
가속도	측정범위(주파수영역) : 0.1 ~ 50 Hz 동적범위 : 120dB 이상 성분간 감도오차 : 2% 이내
온도	측정범위 : 150℃ 이상 측정간격 : 1℃이하

(2) 안전취약점을 고려한 최적 센서 부착 포인트 도출

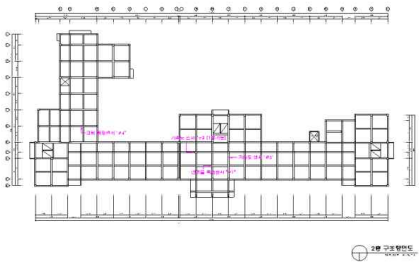
■ 센서 위치 선정 (포항 장성 초등학교)

■ 센서 부착위치 선정 기준

- 노후 학교시설(장성초등학교) 재난 및 유지관리유형과 요구 계측에 대한 최적의 센서 배치 선정 기준은 다음과 같음

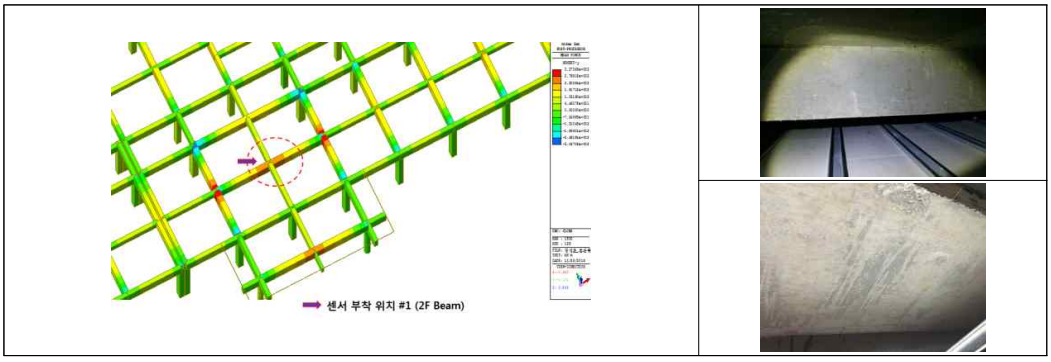
- 구조물의 정밀안전진단 자료를 바탕으로 응력 분포, 균열 열화 상태 등 분석
- 구조물의 전체 변형도 및 각 부재의 변위 고려
- 재난 시 응력이 집중 될 수 있는 부분을 검색하고 해당 부재의 내력 평가 후 선정 결정
- 구조해석 시뮬레이션결과에 따라 응력집중으로 모멘트, 전단 내력이 타 부재에 비해 부족한 부재를 검색한 후 선정 결정
- 각 부재의 균열의 폭, 깊이 등 상태을 확인 후 평상시 유지관리가 필요한 부재 판단 후 선정 결정
-

< 정밀안전진단 결과에 따른 센서위치선정위치도 (장성초등학교 2F) >



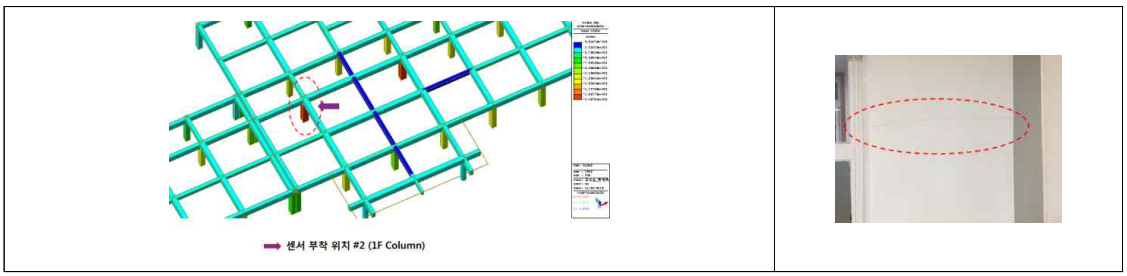
센서 #1 : 변형률
센서 #2 : 가속도
센서 #3 : 가속도
센서 #4 : 크랙

< 정밀진단 결과에 따른 센서위치선정 #1 (2F Beam) >



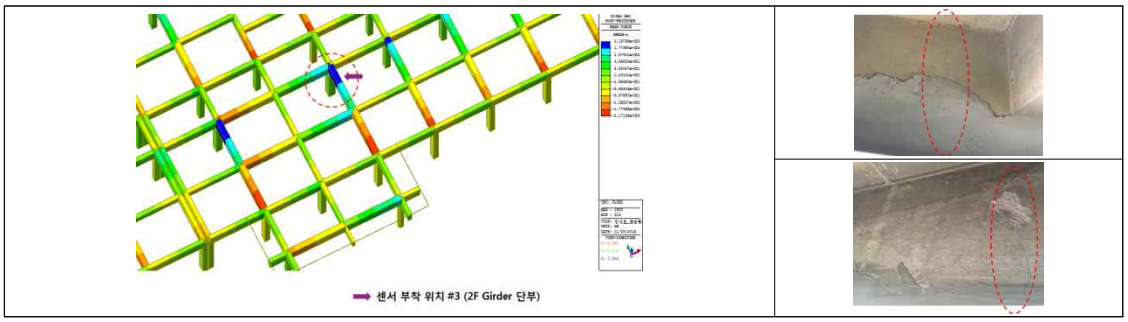
- 센서 부착 위치도 에서 위치 #1 은 최대 모멘트가 발생되며, 기준치(0.02mm)이상의 균열이 발생되어 재난(지진발생)시 일차적인 변형과 응력집중으로 균열과 파괴양상으로 진행될 수 있으므로 센서 부착 위치 선정함.
- 또한 평상시 부재의 유지관리면에서 최대 응력이 발생됨으로 모니터링하기에 적합한부재로 판단하여 변형률 센서 부착 선정함.

< 정밀진단 결과에 따른 센서위치선정 #2 (1F Column) >



- 센서 부착 위치도에서 위치 #2은 최대 축력이 발생되는 곳으로 부재 단면에 재난(지진발생)시 일차적인 변형과 응력집중으로 균열과 취성 파괴양상으로 진행될 수 있고 현재 미세 균열이 다수분포되어 있어 가속도 센서 부착 위치 선정됨.

< 정밀진단 결과에 따른 센서위치선정 #3 (2F Girder 단부) >

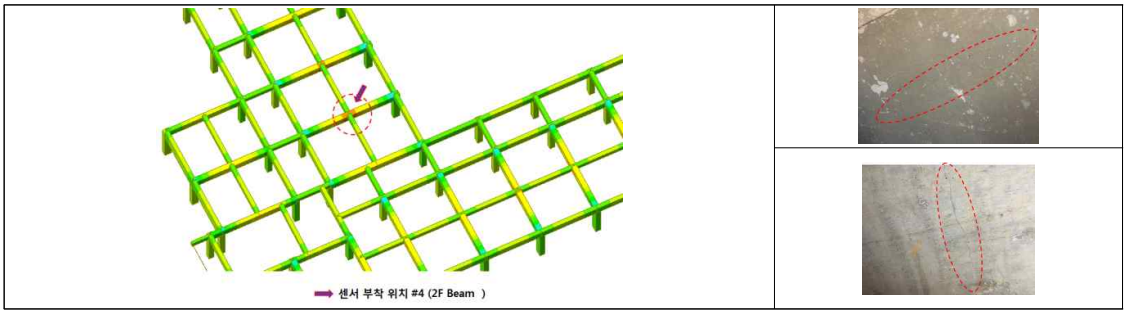


- 센서 부착 위치도 에서 위치 #3은 최대 전단력이 발생되며, 기준치(0.02mm)이상의 균열이 발생되어 재난(지진발생)시 일차적인 변형과 응력집중으로 균열과 파괴양상으로 진행될

수 있으므로 가속도 센서 부착 위치 선정함.

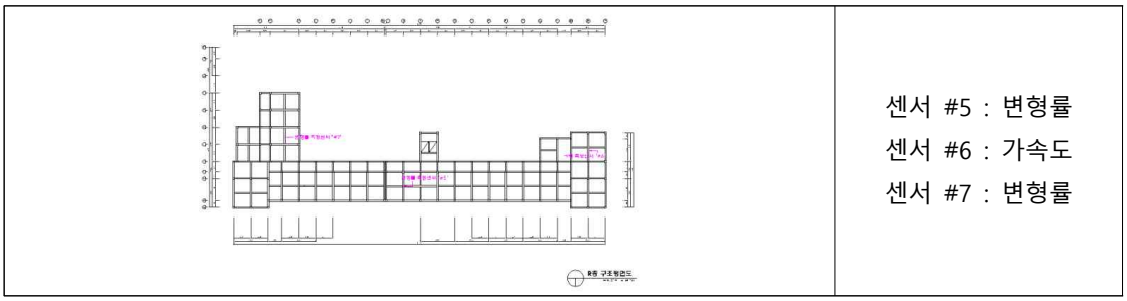
- 또한 평상시 부재의 유지관리면에서 최대 전단 응력이 발생됨으로 모니터링하기에 적합한 부재로 판단.

< 정밀진단 결과에 따른 센서위치선정 #4 (2F Beam) >

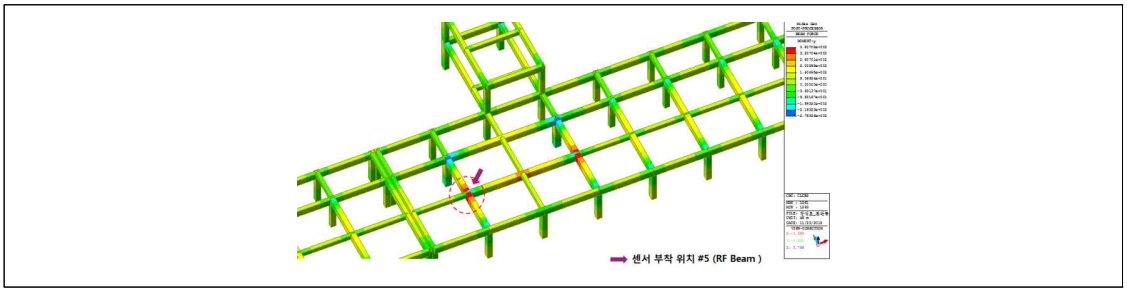


- 센서 부착 위치도 에서 위치 #4는 주변 부재에 비해 휨 응력이 과다 발생되며 현재 기준치(0.02mm)이상의 균열이 발생되어 재난(지진발생)시 일차적인 변형과 응력집중으로 변형과 파괴양상으로 진행될 수 있으므로 크랙 측정 센서 부착 위치 선정함.
- 또한 평상시 부재의 유지관리면에서 크랙에 대한 변형이 발생됨으로 모니터링하기에 적합한 부재로 판단.

< 정밀안전진단 결과에 따른 센서위치선정위치도 (장성초등학교 RF) >



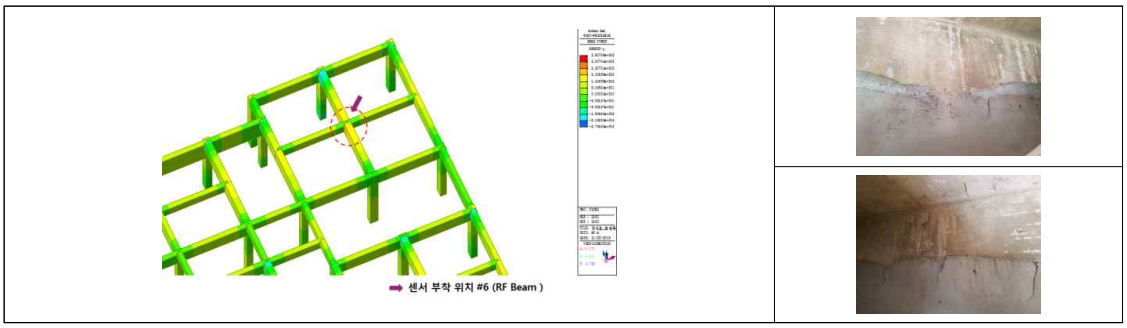
< 정밀진단 결과에 따른 센서위치선정 #5 (RF Beam) >



- # 5번 위치의 R층 콘크리트 보 부재는 사용 하중에 따른 최대 휨 모멘트가 발생되고 이에 최대 응력이 발현되고 있음.

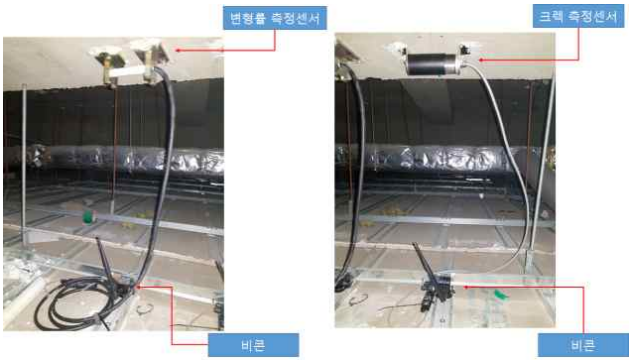
- 이에 재난 또는 유지관리 시 균열 등 각종 열화 현상이 발생될 가능성이 타 부재보다 높으므로 센서 부착 위치에 선정됨.

< 정밀진단 결과에 따른 센서위치선정 #5 (RF Beam) >



- 위치도에서 #6 과 #7은 R층 콘크리트 보이며 현재 균열이 다수발생되어 향후 재난 또는 유지관리 시 균열 등 각종 열화 현상이 발생될 가능성이 타 부재보다 높으므로 크랙 측정 센서 부착 위치에 선정됨.

- 센서 종류에 따른 부착(예)



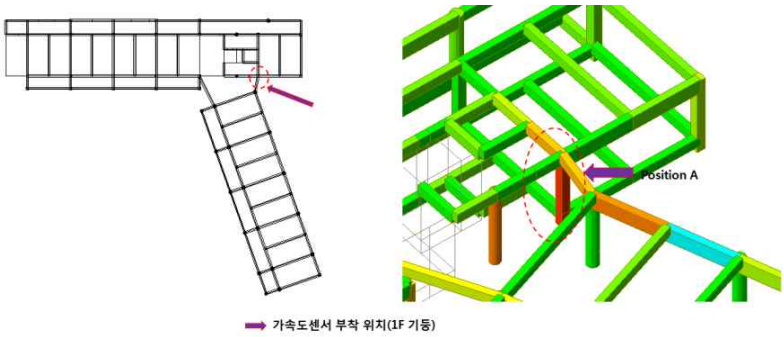
< 변형률 및 크랙 측정 센서 부착 >

< 가속도계 측정 센서 부착 >

■ 센서 위치 선정 (경일대학교 제 3 공학관) 분석

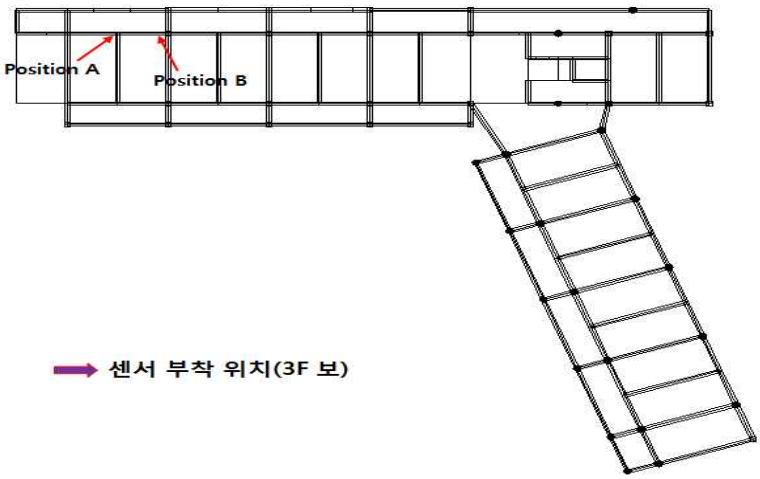
- 노후 학교시설의 재난 및 유지 관리를 위해 센서 배치 선정 기준은 다음과 같다.

- 구조물의 정밀안전진단 자료를 바탕으로 응력 분포, 균열 열화 상태 등 분석
- 구조물의 전체 변형도 및 각 부재의 변위 고려
- 재난 시 응력이 집중 될 수 있는 부분을 검색하고 해당 부재의 내력 평가 후 배치 결정
- 구조해석 시뮬레이션결과에 따라 응력집중으로 모멘트, 전단 내력이 타 부재에 비해 부족한 부재를 검색하여 균열 여부 등 판단 후 위치선정



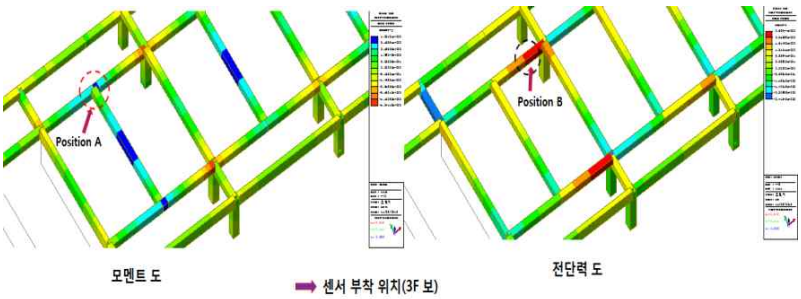
< 구조해석 결과에 따른 센서위치선정 (경일대 제3공학관 1F) >

- 1F 기둥 Postion A에 가속도 센서 부착 위치선정은 오른쪽그림과 같이 최대 축력과 응력이 발생되고있으며 현재 기준치 이상의 균열이 발생되어 재난(지진발생)시 일차적인 변형과 응력집중으로 균열과 취성파괴양상으로 진행될 수 있으므로 가속도 센서 부착 위치 선정됨.

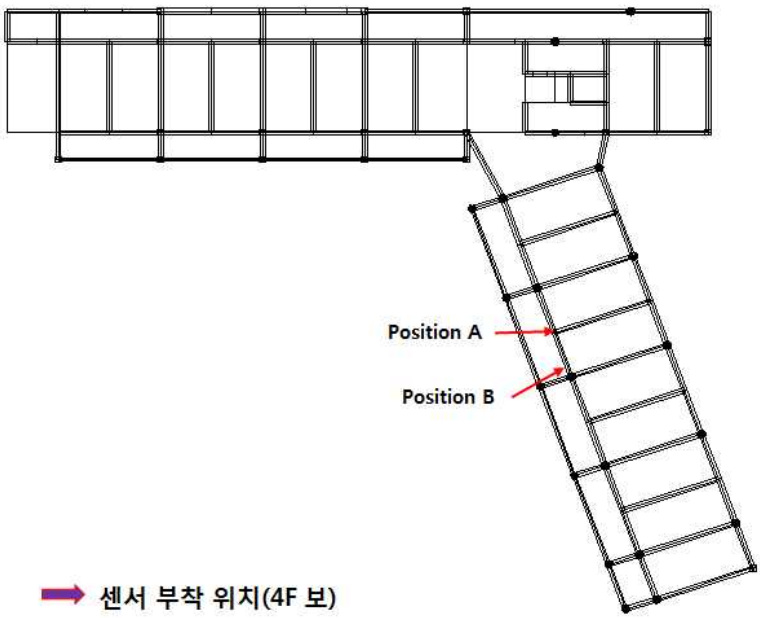


< 구조해석 결과에 따른 센서위치선정 (경일대 제3공학관 3F) >

- 3층 보의 Postion A에 변형률 측정 센서는 최대 휨모멘트가 발생되며 변형이 타 부재에 비해 많이 되는 곳으로 센서부착위치 선정하였고, Postion B는 전단 응력이 크게 발생되는 곳이고 기준치 이상의 사인장균열이 발생되어 있어 재난(지진발생)시 일차적인 변형과 응력집중으로 균열과 취성파괴양상으로 진행될 수 있으므로 균열 센서 부착 위치 선정됨.

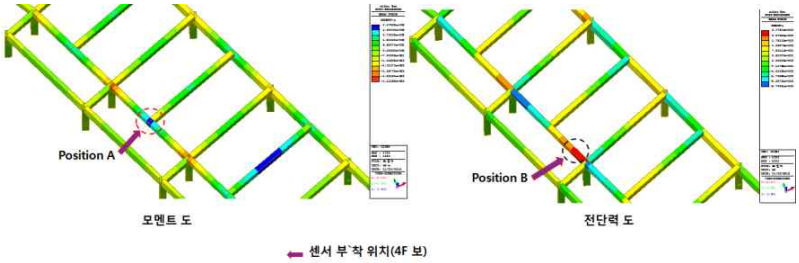


< 구조해석 결과에 따른 센서위치선정 (경일대 제3공학관 3F) >



< 구조해석 결과에 따른 센서위치선정 (경일대 제3공학관 4F) >

- 4층 보의 Postion A에 변형률 측정 센서는 최대 휨모멘트가 발생되며 처짐이 타 부재에 비해 많이 되는 곳으로 센서부착위치 선정하였고, Postion B는 전단응력이 크게 발생되는 곳으로 기준치 이상의 사인장균열이 발생되어 있어 재난(지진발생)시 일차적인 변형과 응력집중으로 균열과 취성파괴양상으로 진행될 수 있으므로 균열 센서 부착 위치 선정됨.



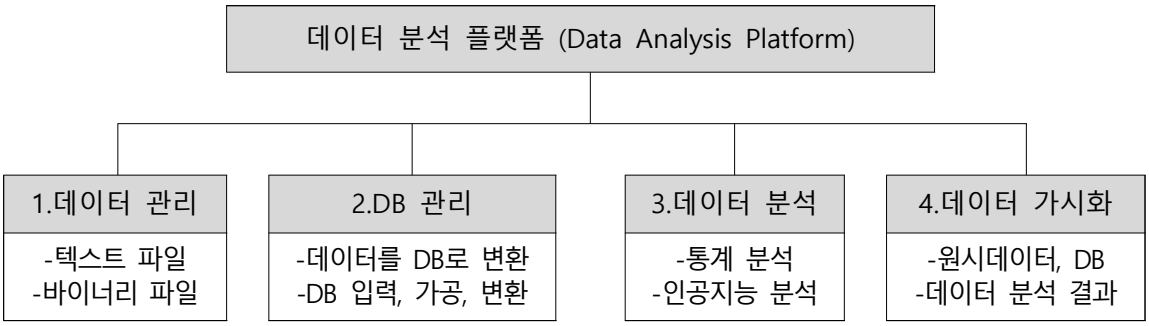
< 구조해석 결과에 따른 센서위치선정 (경일대 제3공학관 4F) >

(3) 상용센서 기반 학교 건축물 스마트 모니터링 네트워크 구축

■ 데이터 분석 및 시각화 S/W 작성

- 계측자료 분석 플랫폼 계획 및 개발

  - 본 연구에서는 개발하고자 하는 데이터 분석 플랫폼은 계측기를 이용하여 확보된 계측 자료의 관리와 계측 자료를 가공하는 데이터 베이스 관리 및 계측 자료를 다양한 방법으로 분석할 수 있는 분석 시스템과 계측 자료, 데이터 베이스 및 분석 결과를 가시화 시켜주는 가시화 프로그램으로 구성됨.



< 데이터 분석 플롯폼의 구성 >

- 프로그램 개발 목표

  - 당해 연도는 과업의 1차년도로 노후학교 건물의 계측 데이타를 확보할 수 없는 상태이므로 1차년도에는 본 과업이 아닌 타 과업에서 확보된 데이터를 이용하여 오프라인 상태의 데이터 파일을 이용하여 데이터 관리, DB 관리, 데이터 분석 및 데이터 가시화 시스템을 구축함.
  - 실제 데이터를 확보할 수 있는 2차년도에서는 실시간 계측 데이타를 이용한 분석과 실시간 모니터링 부분에 대한 개발을 추가로 수행할 계획

■ 데이터 분석 시스템

• 시스템의 구성

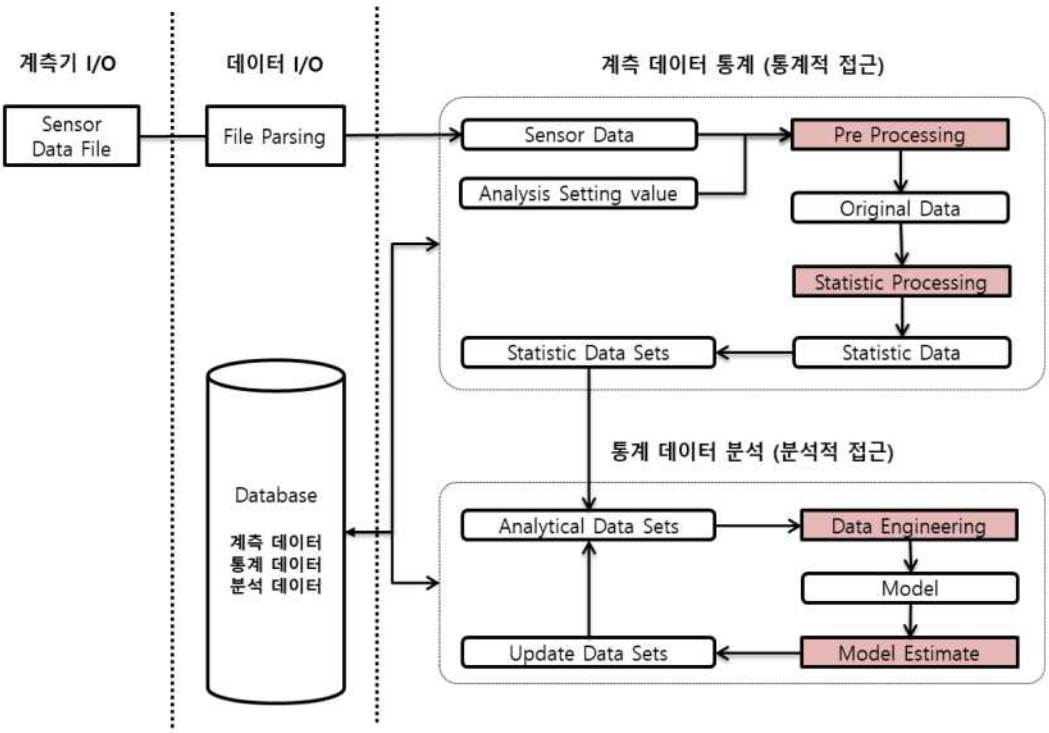
- 데이터 분석 플랫폼은 계측된 자료를 이용하여 노후 학교건물의 안전성을 평가할 수 있는 평가 기법을 도출하기 위한 분석도구

< 데이터 분석 플랫폼 모듈의 기능 >

모듈 명칭	모듈 기능
데이터 관리	계측기에서 확보된 계측자료를 DB 시스템에 전송
DB 관리	DB 시스템에 저장된 계측자료를 다양한 형태로 가공
데이터 분석	내장된 분석 기법으로 DB 시스템의 자료를 가공 및 분석
데이터 가시화	원시 데이터, DB 시스템, 분석 결과 등의 데이터를 가시화

• 데이터 흐름

- 통계 시스템과 분석 시스템의 개략적인 데이터 흐름은 그림과 같음



<통계 및 분석 시스템의 데이터 흐름도 >

■ 자료 분석 알고리즘

- 본 과업에서는 계측된 자료의 분석을 위하여 통계적 분석만 수행하였으며 기술적 분석과

오류 제거 기법등을 포함한 추가적인 기법들은 차년도에 개발할 계획

- 통계적 분석

- 계측 데이터의 통계처리를 통하여 자료의 분량을 축소 시킬 수 있으며 데이터 분석에 소요되는 시간을 줄여 줄 수 있으며 분석 범위를 폭 넓게 적용할 수 있음.
- 통계처리는 아래와 같이 수행하여 각각의 통계처리된 데이터는 그 데이터 범위와 빈도에 따라서 적절한 용도로 사용

< 센서 종류별 입력 및 출력치 >

센서종류	입력치	출력치	출력 결과 설명	비고
가속도	가속도 계기값	특성 추정식 고유 진동수	결과의 수치분석 구조물의 고유 진동수	주파수 분석
변형율	변형율 계기값	특성 추정식	결과의 수치분석	주파수 분석 *고유 진동수
균열	균열 계기값 균열 초기치	특성 추정식	결과의 수치분석	
온도	온도 계기값	특성 추정식	결과의 수치분석	

< 원시 데이터의 통계처리 수식 >

평균	최대	최소
$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X(t_i)^2}{N}$	$X_{max} = Max\{x(t_i)\}$	$X_{min} = Min\{x(t_i)\}$
	$X_{Acc\_max} = Max\{x(t_i)\} - \overline{X}$	$X_{Acc\_min} = Min\{x(t_i)\} - \overline{X}$

- 데이터 오류 제거

- 실시간 계측된 데이터는 여러 가지 이유로 인하여 오류가 포함된 데이터이며 포함된 오류를 적절한 판단기준과 방법에 의해서 제거하여야 데이터 획득에 포함된 오류가 제거된 보다 더 정확한 데이터를 확보할 수 있음.

- 허위신호

- 계측기기의 측정 불량 또는 간섭으로 극값 발생하는 경우이며 분포대비 극값을 제거하여 오류를 제거
- 이때 표준편차의 배수 또는 일정 범위 이상 제거하는 방법을 사용

- 분석 자료의 추출

- 불연속이거나 비 주기적인 극값으로 발생한 값 들 중에서 일정한 기준이상인 부분을 오류로 보는 것으로 명백한 허위 값으로 나타나는 데이터
- 일정한 기준 이상의 데이터를 제외시킴으로서 에러를 제거

- 데이터의 자기 상관성

- 일정한 상관관계에 있는 데이터의 성질을 이용하여 상관관계에서 일정한 범위이상의 값으로 벗어나는 데이터를 제거함으로서 오류를 제거하는 방법

- 장기 트랜드와 주기성을 이용

- 장기간의 변화 경향이나 주기적으로 반복적인 성질을 나타내는 데이터에서 트랜드나 주기성을 벗어나는 자료를 제거함으로서 정확도를 높이는 방법

■ 데이터 베이스

- 데이터 베이스 개요

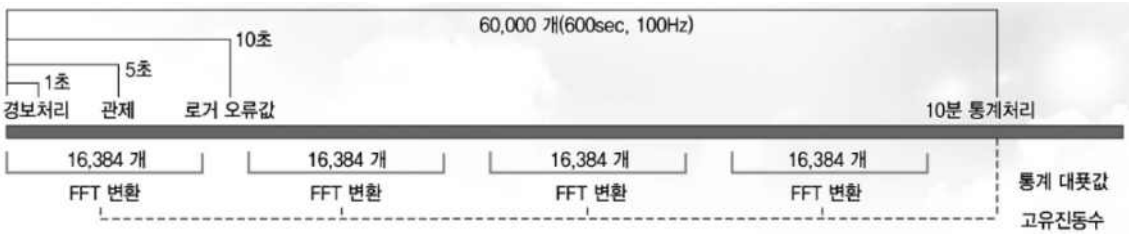
- 분석 시스템에는 다수의 데이터 베이스를 통하여 데이터를 관리하는데 시설물 정보 및 센서 정보를 관리하는 사용자가 접근할 수 있는 데이터 베이스와 계측 결과, 통계 결과 및 분석 결과를 관리하는 데이터 베이스로 구성됨.

< 데이터 베이스 종류 >

DB 구분	저장 내용	기능
시설물 정보	시설물 일반 정보 설계 및 해석 정보 유지관리 정보	관리 대상 시설물의 일반 관리 정보와 계측기 부착 정보를 저장. 유지관리를 위한 설계 및 해석 정보 저장
계측 센서 정보	계측기 위치 초기값 및 임계값	계측기의 부착 및 시설물의 보수보강 관리 이력에 해당하는 초기값과 임계값 저장
계측 자료	계측기 출력값	계측기의 출력 값을 저장. 요구되는 기간에 대한 계측 값 출력.
통계 자료	기본 통계 결과	계측기의 출력 값을 요구되는 통계 기준에 맞춰서 작성한 기본 통계 자료
분석 자료	분석 결과 예측 결과	계측기 출력 값의 분석 결과 및 장기 예측 결과를 관리.

- 계측 값의 통계 처리

- 방대한 양의 계측데이터를 분석하기 위하여 실제 분석에 필요한 데이터를 통계학적인 기준에 의해서 정해진 주기마다 원시데이터를 계산하여 정/동적 물리량의 통계를 DB화하여 기록함으로써 효율적인 분석을 실시
- 계측 값의 다양한 통계처리를 위하여 여러 가지 주기에 대해서 원시 데이터를 계산하여 통계처리된 값을 데이터 베이스에 저장하여 활용하고자 함.
- 통계처리의 기준이 되는 주기는 1초, 5초, 10초, 1분, 10분, 1시간, 6시간, 24시간 등이며 필요에 의해서 추가할 수 있도록 계획
- 각각의 주기에 대한 개념과 통계처리 기준은 아래의 그림과 같음.



< 원시 데이터의 통계처리 기준 >

- 데이터 베이스 설계 및 구조

- 계측 결과 분석 시스템의 데이터 베이스에서 사용되는 기본적인 레코드 형식과 각 레코드별 필드명 및 구성 요소는 다음의 표와 같음.
- 각 레코드는 데이터 베이스에 공통적으로 사용됨.

< 데이터 베이스의 레코드 및 구성 필드 >

레코드구분	필드명	변수명	필드 사이즈	샘플
포트정의	라인명	Lname	int * 4	10.206.57.58
	체널번호	Cnum	int * 1	1, 2, 3
	포트명	Pname	string 16	계측기 ID
날짜	날짜	Date	int * 3	yyyymmdd
자료유무	파일개수	Fcount	int	1
	일간(10m)	FDCount	int * 144	144
	데이타시점	FDTime	real * 144 * 2	288
가공자료	일간(s)	DS	real * 86,400 * 4	345600
	일간(10s)	DS10	real * 8,640 * 4	34560
	일간(min)	DM	real * 1,440 * 4	5760
	일간(10m)	DM10	real * 144 * 4	576
	일간(hr)	DH	real * 24 * 4	96
자료평가	일간(s)	AS	real * 10 * 10	100
	일간(10s)	AS10	real * 10 * 10	100
	일간(min)	AM	real * 10 * 10	100
	일간(10m)	AM10	real * 10 * 10	100
	일간(hr)	AH	real * 10 * 10	100

- 계측 결과는 다양한 방식으로 빅데이터로 전송되어 오는데 이러한 계측 결과를 모두 저장하여서 처리하는 것은 비효율적이므로 수집된 자료를 기본적인 통계처리를 거친후에 저장하여 분석 자료로 활용

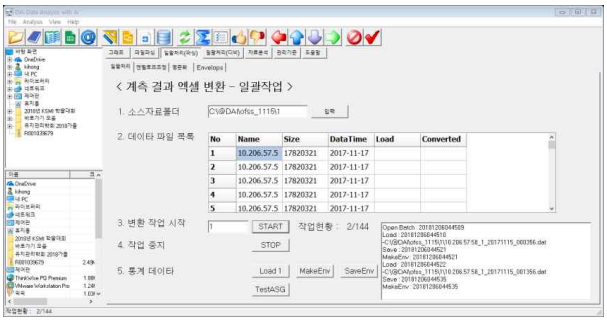
< 센서 데이터와 통계 데이터의 구분 >

데이터 구분	센서 데이타	통계 데이타
전송/저장 방식	포트명, Sampling rate, Time Length	포트명, 일간 자료, 통계 자료, 평가 결과 자료
예제	가속도 : 100 HZ/sec 변형율 : 2 HZ/min 균열폭 : 2 HZ/min	각 계측기 값(가속도, 변형율, 균열폭)을 1초, 10초, 1분, 10분, 1시간, 24시간 기준으로 통계 처리하여 저장 (평균, 최대, 최소 값 및 중앙 값 등)

■ 데이터 수집 및 통계

- 데이터 수집

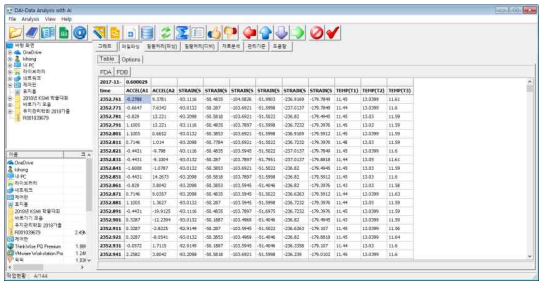
- 오프라인으로 확보된 계측기 출력 파일은 데이터 제공자에 의해서 일정한 형식의 텍스트 파일로 제공되며 이러한 텍스트 파일을 수치 형식으로 입력 받아서 바이너리로 변환하여 프로그램 내부에서 사용되는 숫자 형식으로 저장하여 계측 결과를 관리
- 이때 텍스트 파일은 용량이 크며 개수가 많아서 일일이 수작업으로 변환하는 것은 불가능하며 일괄 변환이 가능한 배치 작업 프로그램으로 개발
- 아래 그림은 게이트 웨이별로 10분간 데이터가 취합되는 형식의 텍스트 파일을 일괄 변환 시켜서 수치정보를 확보하는 과정



< 계측 결과의 일괄 변환 >

- 계측기 데이터 저장

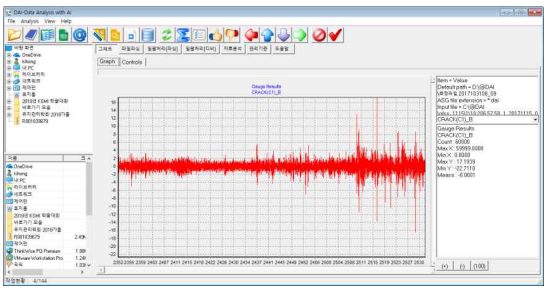
- 아래의 그림은 게이트 웨이 별로 10분간 취합되어 저장되는 텍스트 파일에서 수치정보를 추출하여 포트 별로 하루 분량의 데이터 파일을 생성하는 과정



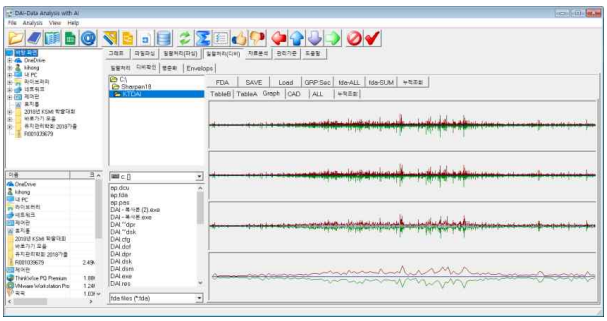
< 포트별 일일 데이터 파일 생성 >

- 데이터 가시화

- 아래의 그림은 포트의 계측 자료 데이터 파일을 가시화한 화면이며 그림 8은 계측 자료의 통계 자료 파일을 가시화한 화면이다. 가시화의 자료의 대상 범위는 계측 자료, 통계 자료 및 분석 자료



< 포트의 계측 자료 가시화 >



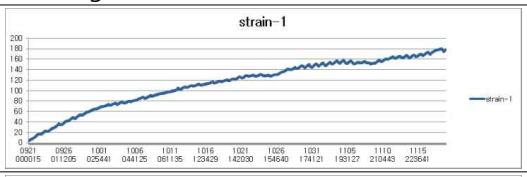
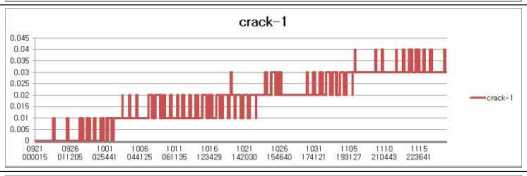
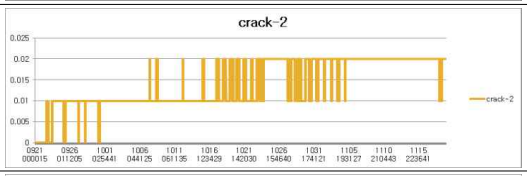
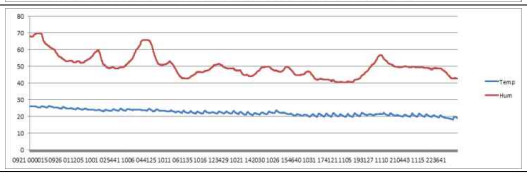
< 포트의 통계자료 가시화 >

- 데이터 확인

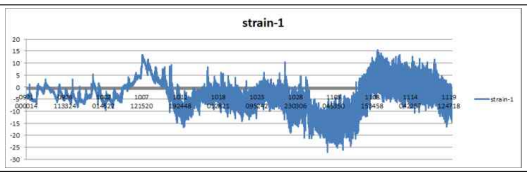
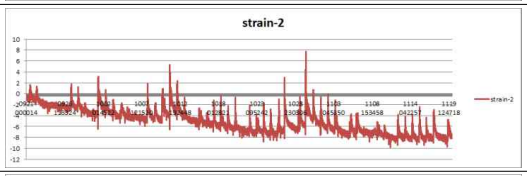
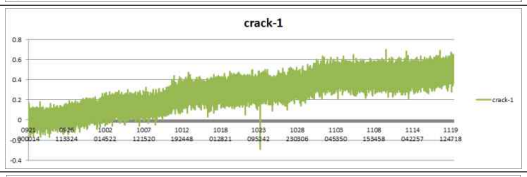
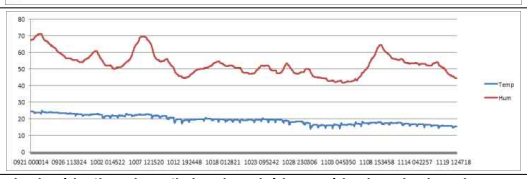
- 과업과 관련하여 확보된 계측 값은 실시간으로 획득 되므로 그 분량이 크며 실제 획득 된 값을 항상 사용하는 것이 아니므로 계측 값을 통계처리하여 그 특성치를 저장하여 활용
- 계측 값과 통계처리 된 값들을 이용하여 시설물의 구조적 거동을 이해하기 쉽도록 그래프를 이용하여 도시화 하면 다음과 같음

- 변형율과 균열

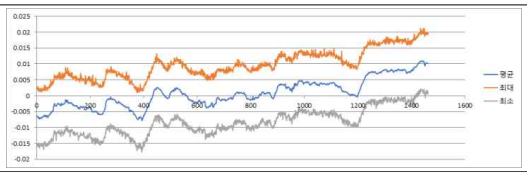
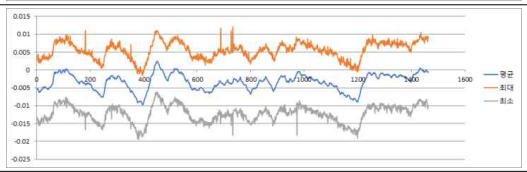
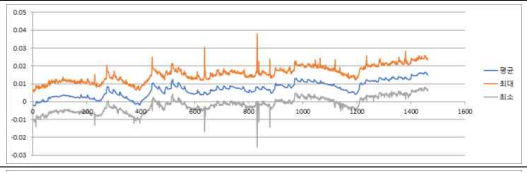
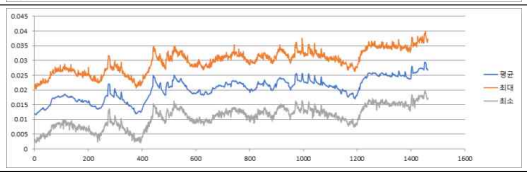
- 00 본부, 2018/09/21~11/19

gw203 – 00 본부 09/21~11/19




- 계측기간 동안 변형율1 이 180정도 증가. 증가속도가 급격하며 계측기 점검 필요. - 균열1이 0.03mm 이상 급격히 증가. 현장 점검 필요. - 균열2는 0.01mm 범위에서 증감이 발생. - 온도와 습도는 참조용

- 00 박물관, 2018/09/21~11/19

gw204 – 00 박물관 09/21~11/19




- 변형율1의 변동성이 점점 확대 됨. 계측기 정확도 확인 점검 필요. - 변형율2는 일일변동으로 예상되는 일간 변동이 확인됨. 하중 및 현장 점검 필요. - 균열1은 일일변동 0.3mm 범위에서 증감이 발생. 변동범위가 크며 현장 점검 필요.

- 가속도계 계측 자료 : 가속도계, 2018/09/21~11/19

00 본부 & 00 박물관 09/21~11/19




- 00본부 가속도1의 값의 범위가 증가하고 있음. 계측기 점검 필요. - 00본부 가속도2의 값은 -0.005 기준으로 큰 변동성이 없음. - 00박물관 가속도1의 값의 범위가 약간 증가하고 있음. 장기 분석 필요. - 00박물관 가속도2의 값은 가속도1의 경향과 유사함. 장기 분석 필요.

■ 상용센서 기반 학교 건축물 스마트 모니터링 네트워크 구축 기술개발

- 모니터링 시스템의 범위

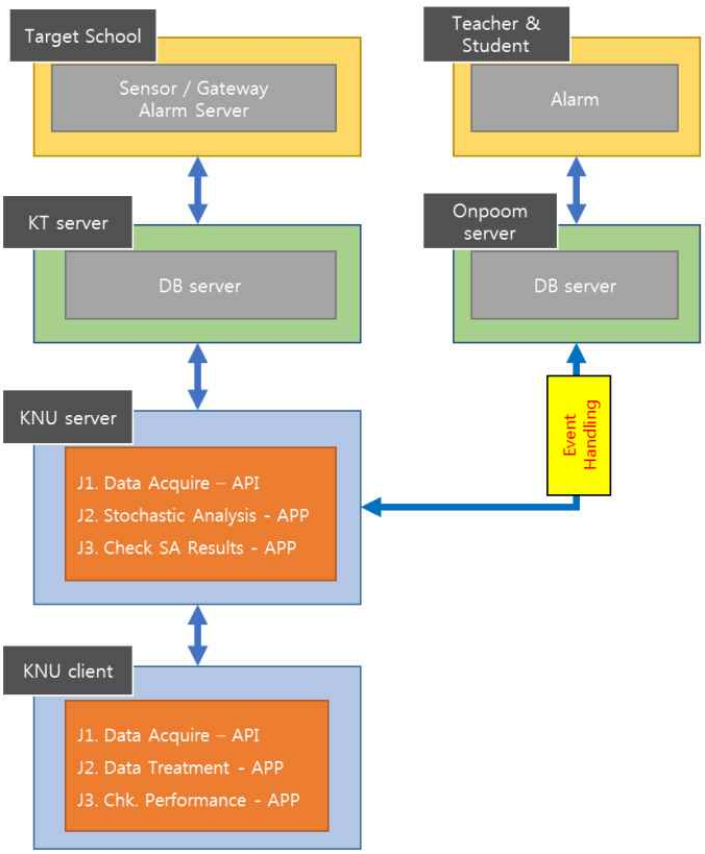
- 최근 사회적인 안전에 대한 요구에 부응하여 다양한 안전관리 시스템이 개발되어 운용되어지고 있지만 운영 시스템과 장비의 사용성 측면을 고려하면 특정 목표 대상에 적합한 맞춤식의 경제적인 시스템의 개발이 필요
- 본 연구에서는 다수의 건물로 이루어진 중소규모의 시설물인 노후학교에 대하여 시설물의 유지관리 및 안전관리를 목표로 요구되는 규모에 적절한 시스템을 개발하여 사용성이 높은 스마트 모니터링 시스템을 구축하여 학교 건물에 대한 안전하고 경제적인 관리를 도모하고자 함.
- 모니터링 시스템은 개별 모듈과 모듈을 연결하는 네트워크로 구성됨.

- 모니터링 시스템의 구성

- 모니터링 시스템은 데이터 획득 모듈과 데이터 분석 모듈 및 대피 경보 모듈로 구성되며 각 단위 모듈 시스템은 개별 연구 기관에서 독자적으로 개발
- 각각의 시스템은 인터넷을 통하여 유기적으로 연결되어야 하므로 개별 시스템을 연결하

는 네크워크 시스템의 구현은 본 연구의 핵심임.

- 본 연구에서 사용되는 상용센서는 위탁연구기관인 KT에서 설치 및 시공하는 것으로 계획하였으며 센서 설치 및 센서 데이터 획득 및 저장 시스템까지 담당함.
- 상용센서는 테스트베드인 포항 장성 초등학교와 경일대학교에 설치함.
- 상용센서에서 획득된 계측기 센서의 신호는 KT에서 관리하는 여러 가지 시스템을 통하여 KT 본사에 있는 데이터 베이스에 저장됨.
- 주관기관에서는 데이터 획득 및 분석 모듈을 개발하였으며 이때 데이터 획득은 KT에서 제공하는 서비스를 활용하여 수행함.
- 획득된 데이터는 주관기관의 데이터 베이스에 저장되고 전통적인 통계적 방법을 기반으로 하여 최근 다양한 연구가 이루어지고 있는 빅데이터 분석과 인공지능 분석 등을 통한 다양한 가공 및 분석을 기반으로 데이터 분석을 수행함.
- 스마트 모니터링 도중에 관리기준을 초과하는 신호가 발생한 경우 이를 경보시스템을 담당하고 있는 온품에 알려주는 기능을 수행함.
- 온품에서는 주관기관에서 발생시킨 위험도 단계 평가에 의한 신호를 받아서 다양한 방법으로 사용자에게 전파함으로써 시설물을 사용하는 다수의 사용자에게 경보를 보내고 이에 대한 회신을 받게 개발함.



< 모니터링 시스템 개요 >

- 시스템의 네트워크 구성

- 모니터링 네트워크 시스템에는 데이터를 취득 및 저장하는 KT와 저장된 데이터를 획득하여 분석 및 평가함으로써 이벤트를 발생시켜주는 주관 기관과 발생된 이벤트를 통하여 대피 관련 안내 방송을 수행하는 온품의 세 개의 기관이 참여함.

< 모니터링 시스템의 데이터 흐름 >

모듈구분	모듈구성	연결대상
센서 데이타 저장	데이터 저장장비	KT 관제시스템
데이터 획득	주관기관 서버	KT 데이터베이스
데이터 분석	주관기관 분석장비	주관기관 서버
이벤트 관리	주관기관 서버	온품 데이터베이스

- 센서 데이터의 획득

- 계측기의 센서 데이터는 KT의 데이터 베이스에 저장되며 주관기관에서 직접 KT의 데이터 베이스에서 원하는 데이터를 획득하여 처리한다. 아래는 관련 API에 대한 개요를 보여줌.

1. 기본 정보

항목	내용	비고
서비스명	rawdata	
HTTP 호출 방식	POST	
URI	http://{{sensing.data.domain}}/sensing/rawdata	
연동주기	실시간	
연동방향	외부 -> 웹 서버 -> 서비스P 호출	
비고		

2. 입력 정보

항목	설명	타입	길이	NULL	비고
HEADER					
API-KEY	Api key				32자리
QUERY PARAM					
offer	청약 명	String	64	N	포항시지진국
sensorId	센서ID (디바이스ID)	String	64	N	S001000001
time	요청 데이터 시간	String	14	N	yyyyMMddHHmmss Ex) 20181108243200

3 .센서Raw 데이터조회(Example)

```
1. Request Example
[POST]
http://{{sensing.data.domain}}/sensing/rawdata?of
fer=포항시지진국
&sensorId=S001000001&time=20181108122400

Header
API-KEY : 11111111111111111111111111111111

Body

2. Response Example
Header
Content-Type : application/json;charset=utf-8
Body
{
 "sensorId " : "S001000001 ",
 "count"  : 2,
 "data"  : [
```

< API를 이용한 센서 ROW 데이터 조회 >

- 이벤트 발생 정보의 관리

- 주관기관의 분석 장비에서 발생된 이상신호는 주관기관의 서버에서 온품의 데이터베이스

에 이벤트를 기록하는 절차로 이벤트 전달을 수행하며 이때 상호간의 자료 전달시 사용되는 테이블의 레코드 규약은 아래의 표와 같음

< 이벤트 데이터 송수신 데이터 규약 >

순서	항목	내용	비고
1	이벤트ID	고유 이벤트 ID (중복불가)	str64
2	센서ID	센서 ID - 센서에 할당된 ID	
3	이벤트구분	붕괴, 화재 구분을 위함	붕괴/화재
4	위험단계	주의, 심각단계 구분을 위함	주의/심각
5	발생/해제시각	이벤트 발생 시각 (년월일시분초)	단일센서
6	상황구분	이벤트의 발생, 해제 구분	발생/해제
7	ref ID	해제의 경우 발생 이벤트ID	

- 모니터링 시스템 개발 기준

- 개별 기능은 각 기관에서 자유롭게 개발.
- 기관별로 개발된 다양한 시스템을 하나의 시스템으로 연결하는 스마트 네트워크 구축.
- 계측기의 계측결과는 계측데이터를 획득 및 유지관리하는 KT 서버로 전송
- 주관기관에서는 계측기의 계측결과인 원시자료를 KT 서버에서 확보
- 원시자료의 전처리, 통계분석 및 안전도 평가는 주관기관의 서버에서 수행
- 전처리, 통계분석 및 안전도 평가 결과는 별도의 컴퓨터에서 수행
- 안전도 평가 결과에 따른 경보 이벤트는 주관기관서버에서 A&D 서버로 전달

- 연결 네트워크의 다양화

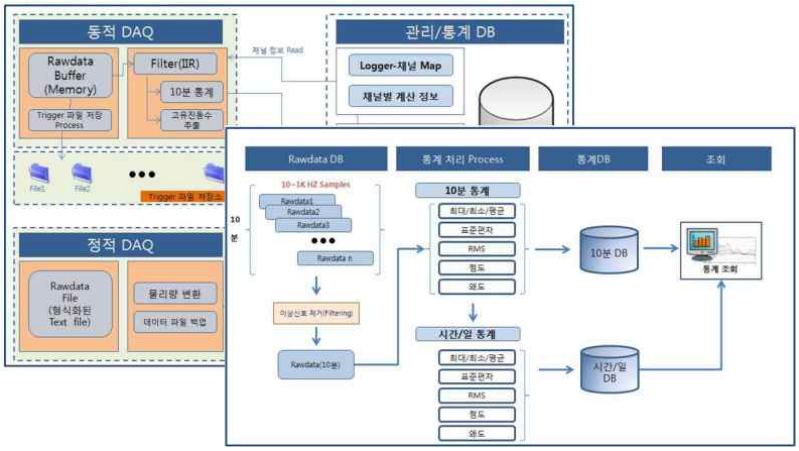
- 각 기관별 개별 시스템의 개발 기준이며 전체 모니터링 시스템에서는 이러한 개별 시스템을 하나의 시스템으로 연결할 수 있는 네트워크 시스템을 구축함.

< 기관별 개발환경 및 데이터 베이스 >

기관구분	운영시스템	개발환경	데이타베이스	비고
주관기관	리눅스/윈도우	파이썬	mySQL	
KT	리눅스	JAVA	HADOOP	
온품	윈도우	JAVA, C++	ORACLE	

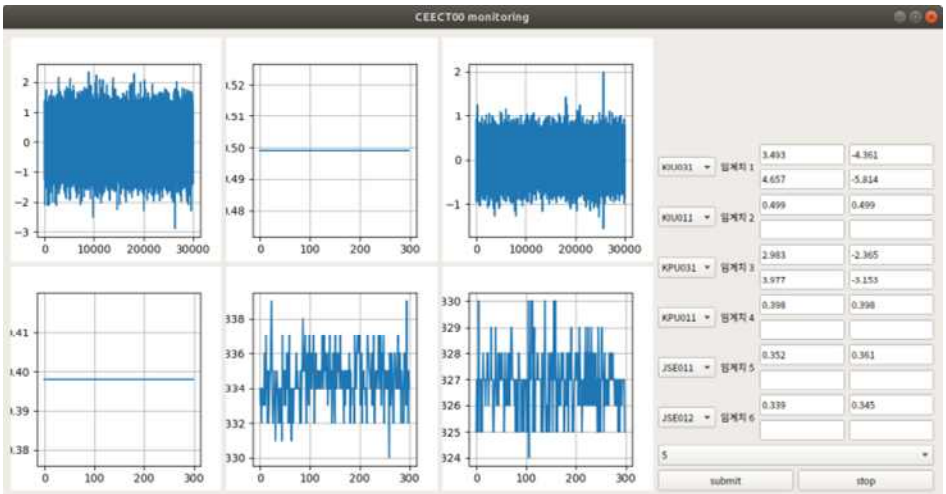
- 주관기관의 데이터 처리

- 주관기관에서는 KT에서 확보한 자료를 다양한 방법으로 저장 및 분석하여 빅데이타 분석을 통하여 시스템의 노후도를 기준으로 장래 노후도의 추이를 평가할 수 있는 방법을 제안함.
- 또한 인공지능 기법을 적용할 수 있는 방법도 제안하였다. 짧은 연구기간동안 데이터 축적이 불가하여 실제적인 사용성을 평가할 수는 없었지만 추가적인 데이터 확보 및 분석을 통하여 제안된 방법들의 타당성을 평가할 수 있을 것으로 사료됨.
- 데이터 획득, 분석 및 처리를 위한 개념적인 흐름도는 아래그림과 같음



< 데이터 획득, 분석 및 저장 흐름도 >

- 아래는 본 연구에서 개발된 모니터링 시스템의 일부이다.



< 센서 데이터 모니터링 >

- 아래는 현재 KT에서 운용중인 시설물 안전관리 모니터링 시스템의 일부이다.

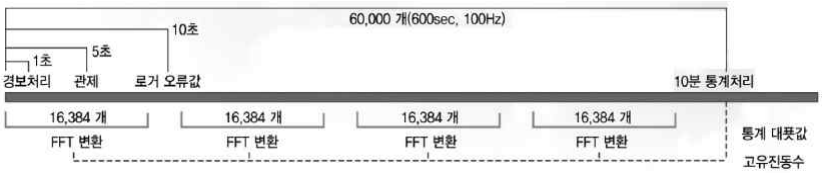
< 센서 데이터 모니터링 (KT Giga Safe SOC) >

■ 센서 데이터 관리

- 센서 데이터를 활용하여 목적으로 하는 각종 결정의 판단근거를 확보하기 위하여 데이터의 저장과 분석에 대한 각종 관리 기준을 정립함.

■ 센서 데이터의 획득 및 저장

- 센서 데이터는 일정한 기준 및 절차에 의하여 획득 및 저장되며 별도의 분석 서버에 의해서 분석이 수행됨.
- 계측 값의 다양한 통계처리를 위하여 여러 가지 주기에 대해서 원시 데이터를 계산하여 통계처리된 값을 데이터 베이스에 저장하여 활용함.
- 통계처리의 기준이 되는 주기는 1초, 5초, 10초, 1분, 10분, 1시간, 6시간, 24시간 등이며 필요에 의해서 추가할 수 있다. 각각의 주기에 대한 개념과 통계처리 기준은 아래의 그림과 같음.



■ 데이터 활용 기준에 따른 데이터 구분

- 데이터의 활용은 크게 안전 모니터링과 안전도 진단 분야로 나누어지며 안전 모니터링은 일반 적인 통계 분석에 의해서 진행되며 안전도 진단 분야는 센서 데이터의 빅데이터 분석을 통하여 획득된 자료를 이용하여 예방적 차원의 안전도 진단 분야에 활용함.

<데이터 분석 방법의 종류>

데이터 분석 기법	데이터 분석 방법
ㅇDescriptive analysis - 기술적 통계량 분석 ㅇExploratory analysis - 탐색적 데이터 분석 ㅇInferential analysis - 추정 통계 분석 ㅇPredictive analysis - 예측 분석 ㅇCausal analysis - 인과관계분석 ㅇMechanistic analysis - 역학분석	ㅇ Linear regression ㅇ Logistic regression ㅇ Ridge regression ㅇ Lasso regression ㅇ Decision Tree ㅇ Random forest ㅇ K-means clustering ㅇ Cross-validation ㅇ Artificial Neural Network ㅇ Ensemble learing ㅇ Naïve Bayesian Classifier ㅇ Collaborative filtering

■ 안전 모니터링을 위한 센서 데이터

- 확보된 센서 데이터를 통계적 분석을 통하여 분석 결과를 확보하여 관리기준과 비교하여 현재 상황을 판단하여 안전 모니터링에 활용함.

■ 안전 모니터링의 관리기준

- 통계적 분석은 아래의 기준에 의해서 수행하며 노후학교 안전 모니터링의 관리 기준은 아래 표와 같음.

센서종류	입력치	출력치	출력 결과 설명	비고
가속도	가속도 계기값	특성 추정식 고유 진동수	결과의 수치분석 구조물의 고유 진동수	주파수 분석
변형율	변형율 계기값	특성 추정식	결과의 수치분석	주파수 분석 *고유 진동수
균열	균열 계기값 균열 초기치	특성 추정식	결과의 수치분석	
온도	온도 계기값	특성 추정식	결과의 수치분석	

평균	최대	최소
$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X(t_i)^2}{N}$	$X_{max} = Max\{x(t_i)\}$	$X_{min} = Min\{x(t_i)\}$
	$X_{Acc\_max} = Max\{x(t_i)\} - \overline{X}$	$X_{Acc\_min} = Min\{x(t_i)\} - \overline{X}$

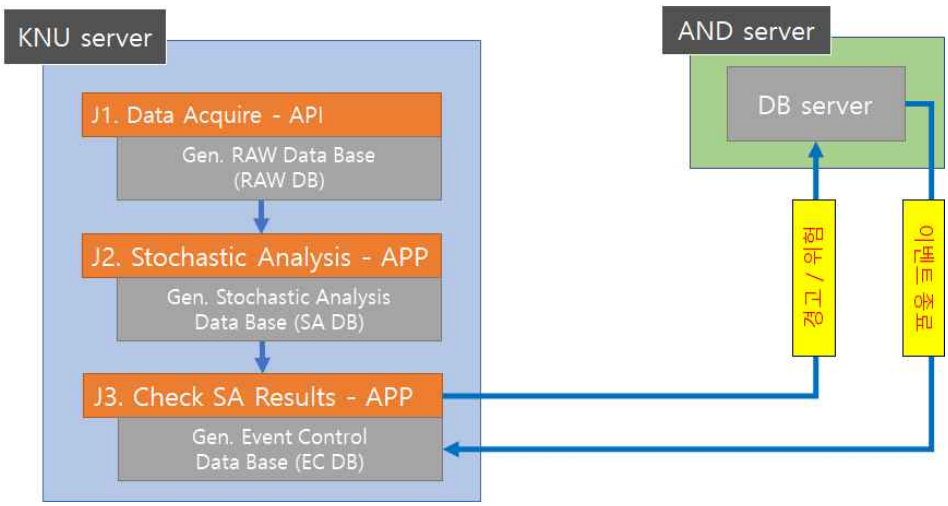
< 원시 데이터의 통계처리 수식 >

< 상시계측 시스템의 주요 계측항목별 관리기준치 >

구분	계측항목	적용센서	관리기준
응력	콘크리트 응력	변형률계	초기응력 고려 허용 응력 비교,활하중대상
	강재 응력		
온도	거더 온도	온도계	관리기준 없음
진동	진동	가속도계	관리기준 없음
	지진	지진계	
기타	균열폭	균열게이지	허용균열폭

- 안전 모니터링 절차 및 데이터 구조

- 센서 데이터를 활용한 안전 모니터링의 판단 결과는 아래와 같은 절차로 경보 및 대피안내 시스템에 통보되며 이때 사용되는 데이터는 아래와 같음.



< 안전 모니터링 절차 >

< 이벤트 데이터 송수신 데이터 규약 >

순서	항목	내용	비고
1	이벤트ID	고유 이벤트 ID (중복불가)	str64
2	센서ID	센서 ID - 센서에 할당된 ID	
3	이벤트구분	붕괴, 화재 구분을 위함	붕괴/화재
4	위험단계	주의, 심각단계 구분을 위함	주의/심각
5	발생/해제시각	이벤트 발생 시각 (년월일시분초)	단일센서
6	상황구분	이벤트의 발생, 해제 구분	발생/해제
7	ref ID	해제의 경우 발생 이벤트ID	

■ 안전도 진단을 위한 센서 데이터

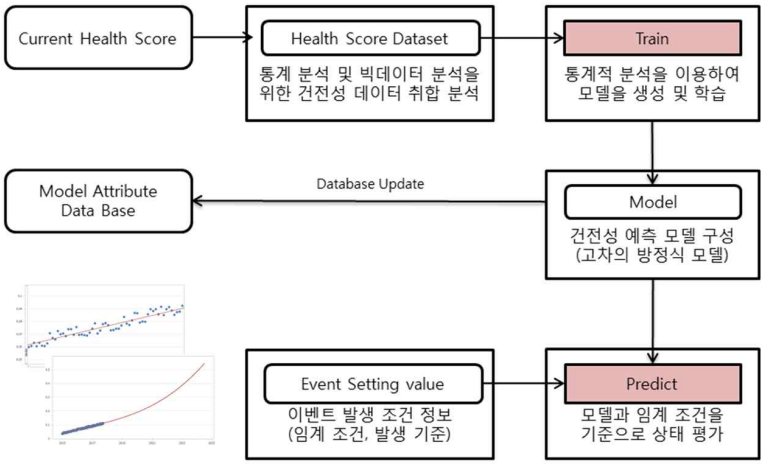
- 노후 학교의 안전도 진단을 위하여 활용되는 센서 데이터는 요구되는 통계 분석을 수행하여 저장된 통계 데이터의 빅데이터 분석을 통하여 확보한다. 센서 데이타의 현재 경향를 기반으로 장래의 경향울 추정하여 예방적 안전도 진단을 수행할 수 있도록 활용

■ 안전도 진단의 분석 및 판단 기준

- 안전도 진단을 위하여 아래의 절차에 의해서 수행된 빅데이터 분석의 결과를 활용하여 예방적인 유지관리 및 안전도 평가를 할 수 있도록 추정하는 분야에 활용

■ 안전도 진단의 절차 및 데이터 구조

- 센서 데이터를 활용한 안전도 진단의 결과는 아래와 같은 절차로 활용된다. 이때 분석 결과로 확인할 수 있는 데이터는 아래와 같음.



< 학습에 의한 추이 분석을 통한 안전도 진단 기법 >

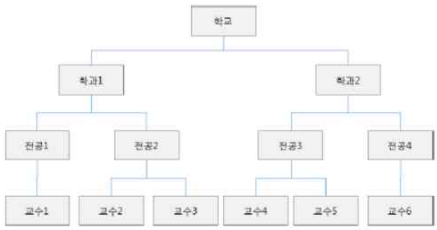
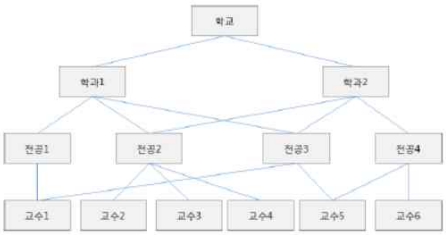
< 안전도 진단 데이터 송수신 데이터 규약 >

순서	항목	내용	비고
1	이벤트ID	고유 이벤트 ID (중복불가)	str64
2	센서ID	센서 ID - 센서에 할당된 ID	
3	이벤트구분	붕괴, 화재 구분을 위함	붕괴/화재
4	위험단계	주의, 심각단계 구분을 위함	주의/심각
5	발생/해제시각	이벤트 발생 시각 (년월일시분초)	단일센서
6	상황구분	이벤트의 발생, 해제 구분	발생/해제
7	ref ID	해제의 경우 발생 이벤트ID	

■ 데이터 베이스 설계

- 파일시스템
  - 파일에 이름을 부여하고 데이터의 저장이나 검색을 위해 파일의 구조를 설계 및 구현하여 관리하는 데이터베이스 전 단계의 데이터 관리 방식
  - ISAM(Indexed Sequential Access Method): 자료 내용은 주 저장부, 자료의 색인은 자료가 기록된 위치와 함께 색인 부여 기록되는 시스템. 인덱스를 보고 정보를 찾아가는 것
  - VSAM(Virtual Storage Access Method): 대형 운영 체계에서 사용되는 파일 관리시스템

< 데이터 베이스의 종류 >

구분	구조
계층형 HDBMS (Hierarchical)	
망형 NDBMS (Network)	
관계형 RDBMS (Relational)	

- 계층형 데이터베이스 관리시스템(HDBMS: Hierarchical Database Management System)
  - 트리구조
- 망형 데이터베이스 관리시스템(NDBMS: Network Database Management System)
  - 굉장히 안정적이지만 매우 비쌈, 설계가 복잡함

- 관계형 데이터 베이스 관리시스템(RDBMS: Relational Database Management System)
  - 가장 보편화된 데이터베이스 관리시스템 (표) 테이블의 형태. Oracle, SQL Server, MySQL,

Maria DB 등 다수의 데이터 베이스 시스템이 있음.

< 데이터 베이스의 유형 및 특징 >

구분	설명	예제
관계형 DBMS (Relational DBMS)	- 테이블의 구조(스키마)를 정의하고 테이블 간의 관계를 정의하여 데이터를 관리 - 가장 광범위 하게 쓰이는 DBMS - 비관계형 부분까지 확장하여 관리 범위를 넓힌 형태의 관계형 DBMS 출시	Oracle MySQL MS SQL Server PostgreSQL DB2 Maria DB
문서 저장 DBMS (Document store)	- 관계형 DBMS와는 달리 스키마 구조 필요 없음 - 일관된 구조가 필요 없음 - 칼럼은 하나 이상의 값을 가질 수 있음 - Client단에서 후처리 필요	Mongo DB Amazon Dynamo DB Couchbase MS Azure cosmos DB
그래프 DBMS (Graph DBMS)	- 노드와 에지로 특징되는 요소 특화 - 노드 간 관계를 구조화하여 저장	Neo4j MS Azure cosmos DB OrientDB ArangoDB
키값 DBMS (Key-value DBMS)	- 가장 간단한 형태의 DBMS - 임베디드 시스템과 같은 간단한 시스템에 적합	Redis Amazon Dynamo DB Memcached

- 데이터베이스 관리시스템 특징

- 데이터 무결성: 동일한 내용에 대하여 서로 다른 데이터가 저장되는 것을 허용하지 않음
- 데이터 일관성: 삽입, 삭제, 갱신, 생성 후에도 저장된 데이터가 변함없이 일정
- 데이터 회복성: 장애가 발생하였을 시 특정 상태로 복구되어야 하는 성질
- 데이터 보안성: 불법적인 노출, 변경, 손실로부터 보호되어야 하는 성질
- 데이터 효율성: 사용자, 소프트웨어, 시스템 등의 요구 조건을 만족 시켜야하는 성질

- 데이터 베이스 시스템 선정

- 데이터 베이스 시스템은 상용 데이터베이스 관리시스템 및 오픈소스 기반 데이터 베이스 관리시스템이 있으며 이번 연구에서는 협력기관의 개발 조건을 고려하여 상용 데이터 베이스 시스템인 Oracle 시스템으로 구축함.

- 상용 데이터베이스 관리시스템

- 특정 회사에서 유료로 판매함. 유지 보수와 지원이 원활함
- 상용 데이터베이스 관리 프로그램: Oracle, MYSQL 등

- 오픈소스 기반 데이터베이스 시스템:

- 오픈소스 라이선스 정책을 준용하는 범위 내에서 사용이 자유로움. 최근 사용비중 증가
- 오픈소스 기반 데이터베이스 관리 프로그램: MYSQL, MongoDB 등

- 오픈소스 라이선스 정책: MIT, BSD, 아파치, MPL, Eclipse, GPL, LGPL 등

■ 데이터 베이스의 기능 정의 및 설계

• 데이터 베이스의 기능

- 센서 데이터의 저장 : 각종 센서 데이터를 저장
- 센서 데이터의 관리 : 센서 데이터를 활용하여 요구 데이터 셋 작성 및 관리
- 분석 데이터의 관리 : 데이터 셋의 분석 결과의 저장 및 관리
- 이상 데이터의 관리 : 관리치 초과하는 이상 데이터의 저장 및 관리

< 센서 종류별 입력 및 출력치 >

센서종류	출력 결과 설명	활용범위
가속도	계측결과의 수치분석 구조물의 고유 진동수	주파수 분석 내하성능 평가
변형율	결과의 수치분석	주파수 분석 *고유 진동수
균열	결과의 수치분석	유지관리
온도	결과의 수치분석	화재 경보

< 센서별 계측 빈도 및 저장 기준>

구분	샘플링 주파수 (hz)	계측 목적	계측 빈도	송수신 방법	비고
정적	1~2	실시간 모니터링	상시계측	실시간 전송	경보기능
		설계검증 및 공학적 자료 확보	4회 이상/1일, 1회당 60초 이상 계측	주 1회~월 1회 전송	
동적	50~100	실시간 모니터링	상시계측	실시간 전송	경보기능
		설계검증 및 공학적 자료 확보	4회 이상/1일, 1회당 60초 이상 계측	주 1회~월 1회 전송	

• 데이터 베이스 파일명 및 필드 계획

- 요구되는 각각의 기능을 구현하기 위하여 데이터 베이스의 구조 및 데이터 흐름은 아래와 같다. 데이터의 종류에 따라서 파일명을 구성하며 날짜를 기준으로 파일명을 부여하였다. 파일의 이름은 세부적으로 필요한 기능에 따라서 할당된다.

- 로우 데이터 구조 : 센서에서 획득된 데이터로서 포트별, 날짜별로 저장

< 로우 데이터 파일 구성 >

순서	필드명	내용	비고
1	DateTime	데이터의 발생 시각	datetime
2	Value	센서 데이터	
파일명	"RWDB" + 센서ID(str8) + Date(str8) + type ID		

- 통계 데이터 구조 : 로우 데이터를 일차 통계 분석을 통하여 저장

< 통계 데이터 레코드 구성 >

순서	필드명	내용	비고
1	DateTime	데이터의 발생 시각	datetime
2	Value	통계 데이터	float(8,144)
파일명	"STDB" + 센서ID(str8) + Date(str8) + type ID		

- 분석 데이터 구조 : 통계 데이터를 활용하여 각종 분석을 수행하여 결과를 저장

< 분석 데이터 레코드 구성 >

순서	필드명	내용	비고
1	DateTime	데이터의 발생 시각	datetime
2	Value	통계 데이터	float(16,144)
파일명	"ARDB" + 센서ID(str8) + Date(str8) + type ID		

- 이상 데이터 구조 : 이벤트 발생시 이벤트 정보를 저장

< 이상 데이터 레코드 구성 >

순서	필드명	내용	비고
1	EventID	고유 이벤트 ID (중복불가)	str64
2	SsnsorID	센서 ID - 센서에 할당된 ID	
3	EventType	붕괴, 화재 구분을 위함	붕괴/화재
4	EventCase	주의, 심각단계 구분을 위함	주의/심각
5	EventTime	이벤트 발생 시각 (년월일시분초)	단일센서
6	EventStatus	이벤트의 발생, 해제 구분	발생/해제
파일명	"EVDB" + 센서ID(str8) + type ID		

- 데이터 베이스 추가 설계

- 본 연구에서는 로우 데이터, 통계 데이터, 분석 데이터 및 이상 데이터에 대한 기본적인 데이터 관리를 위하여 데이터 베이스를 설계하였으며 상용적인 개발을 위하여서는 추가적인 기능에 대하여 데이터 베이스의 개선 및 추가 설계가 필요하다.

■ 요구 기능 정의

- 안전 모니터링과 안전도 진단을 위한 센서 데이터의 구축을 위하여 필요한 센서 데이터의 데이터 베이스는 자료 저장, 자료 관리 및 분석결과의 저장이 필요하여 저장된 데이터의 외부 시스템과의 연계 또는 시스템 개선을 위하여 데이터 이미그레이션 기능이 필요하다.

< 센서 데이터와 통계 데이터의 구분 >

데이터 구분	센서 데이타	통계 데이타
전송/저장 방식	포트명, Sampling rate, Time Length	포트명, 일간 자료, 통계 자료, 평가 결과 자료
예제	가속도 : 100 HZ/sec 변형율 : 2 HZ/min 균열폭 : 2 HZ/min	각 계측기 값(가속도, 변형율, 균열폭)을 1초, 10초, 1분, 10분, 1시간, 24시간 기준으로 통계 처리하여 저장 (평균, 최대, 최소 값 및 중앙 값 등)

- 자료 저장

- 센서 데이터는 센서에서 획득하는 데이터의 주파수 별로 데이터 분량이 100배 차이가 발생하므로 주파수를 고려하여 로우 데이터를 저장할 수 있는 테이블 구조를 다양하게 구성하여야 한다.

- 자료 관리

- 기본적으로 획득한 로우 데이터에 대한 노이즈 제거를 수행하여야 하며 노이즈가 제거된 자료에 대하여 요구되는 조건을 고려하여 통계 자료를 획득하여 저장 및 관리하여야 하며 아래와 같은 테이블 및 데이터 필드로 구성하였다.

- 분석결과 저장

- 통계자료를 기반으로 안전 모니터링과 안전도 진단을 위한 데이터 분석을 수행하며 분석결과를 저장하는 데이터 베이스가 요구된다. 분석 결과를 저장하는 데이터의 데이터 필드와 테이블은 다음과 같다.

- 데이터 이미그레이션

- 시스템의 개선을 위한 데이터 이미그레이션 기능은 추후 데이터 베이스의 확장을 대비하여 필요한 기능이며 이미그레이션에 필요한 기본적인 기능을 용이하게 수행할 수 있도록 개선기능을 고려하여 데이터 베이스 시스템을 설계하였다.

■ 데이터 베이스 설계

- 데이터 베이스를 구성하는 파일명 작성 기준과 기능별 데이터의 종류별 필드 구성은 아래의 표와 같다.

< 데이터 베이스 파일명 작성 기준 >

구분	필드구분	필드명	필드 사이즈	샘플
포트정의	라인명	Lname	int * 4	10.206.57.58
	체널번호	Cnum	int * 1	1, 2, 3
	포트명	Pname	string 16	계측기 ID
날짜	날짜	Date	int * 3	yyyymmdd
자료유무	파일개수	Fcount	int	1
	일간(10m)	FDCount	int * 144	144
	데이타시점	FDTime	real * 144 * 2	288

< 데이터 베이스의 레코드 및 구성 필드 >

구분	필드구분	필드명	필드 사이즈	샘플
날짜시간	날짜시간	DateTime	datetime	yyyymmdd
가공자료	일간(s)	DS	real * 86,400 * 4	345600
	일간(10s)	DS10	real * 8,640 * 4	34560
	일간(min)	DM	real * 1,440 * 4	5760
	일간(10m)	DM10	real * 144 * 4	576
	일간(hr)	DH	real * 24 * 4	96
자료평가	일간(s)	AS	real * 10 * 10	100
	일간(10s)	AS10	real * 10 * 10	100
	일간(min)	AM	real * 10 * 10	100
	일간(10m)	AM10	real * 10 * 10	100
	일간(hr)	AH	real * 10 * 10	100

• 자료 저장

- 자료 저장을 위해서 하루에 생성된 센서 데이터를 한 개의 파일에 저장하는 방식을 기준으로 설정하였다. 센서에서 확보된 로우 데이터는 센서의 특성에 따라서 초당 100개 또는 1개의 데이터가 전송되므로 100hz와 1hz의 데이터의 저장에 적합하도록 데이터 베이스를 설계한다. 데이터 베이스의 설계에 대한 기본 조건은 아래와 같다.
- 획득갯수 : 초당 100개 또는 1개
- 필드구성 : 시간(date, time, ms), 센서 값으로 구성
- 저장기준 : 파일 한 개에 1일 데이터를 모두 저장

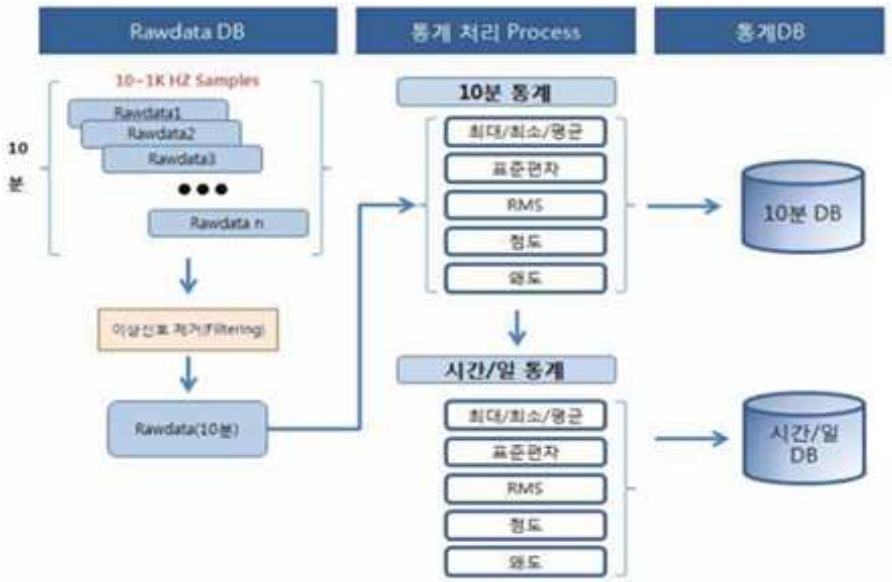
- 파일이름 : 센서의 포트명과 날짜를 기준으로 부여

• 자료 관리

- 확보된 로우 데이터를 일정한 통계 분석을 적용하여 저장한다. 통계 분석에서 확보된 통계 자료는 최대치, 최소치, 평균치 및 중앙값으로 구성된다. 데이터 베이스의 설계에 대한 기본 조건은 아래와 같다.
- 처리기준 : 1초(경보처리), 5초(관제전달), 10초(오류조정) 및 10분(기본구성)으로 작성
- 필드구성 : 시간(date, time, ms), 데이터 개수, 최대치, 최소치, 평균치, 중앙값
- 저장기준 : 처리기준별로 파일 저장
- 파일이름 : 센서의 포트명과 날짜 및 통계기준에 따라 부여

• 분석결과 저장

- 확보된 통계 자료를 기준으로 추가적인 빅데이터 분석과 인공지능 분석을 통하여 장래 추이에 대하여 추정할 수 있도록 추가 분석을 수행하여 분석 결과를 저장한다. 데이터 베이스의 설계에 대한 기본 조건은 아래와 같다.
- 처리기준 : 기본 분석, 조건별 분석(밴드 폭 기준)
- 필드구성 : 시간(date, time, ms), 분석조건(방법, 기준), 분석결과 (float*64)
- 저장기준 : 파일 한 개에 1일 데이터를 모두 저장
- 파일이름 : 센서의 포트명과 날짜 및 분석 기준에 따라 부여
- 전체 데이터 베이스의 구성과 개략적인 데이터 처리 기준 및 흐름은 아래와 같다.



< 데이터 베이스의 구성 및 데이터 흐름 >

(4) 센서 데이터 기반 위험단계 판단 알고리즘 개발

■ 위험도 판단 기준 조사

- 상시계측시스템의 위험도 판단 기준인 관리기준에 대해서 다수의 시스템을 조사하였으며 관리기준을 초과하는 신호의 발생에 대한 판단 여부를 결정하는 신호 처리기준에 대해서 조사하여 본 연구에서 적용할 판단 기준을 수립하였다.

■ 주요 기관별 위험 단계 기준

케이블 장력 관리방안	1차관리기준 미만	1차관리기준 이상	2차관리기준 이상	3차관리기준 이상	비고
한강교량 온라인 안전감시 시스템	전년도 평균값 2σ 이내	전년도 평균값 2σ 초과	상한·허용장력 95%이상 하한· 전년평균값의 80% 이하	상한·허용장력 100%이상 하한· 전년평균값의 60% 이하	기존
	-	상한·허용장력 95%이상 하한· 전년평균값의 80% 이하	상한·허용장력 100%이상 하한· 전년평균값의 60% 이하	해당 케이블 손상 발생 확인 (긴급점검 결과)	2018년 변경
한강교량 대형사고 현장조치 행동매뉴얼	-	관심	주의 (긴급점검 실시)	경계	
문자메세지발송	-	교량안전과 담당자, 유지관리업체	교량안전과, 유지관리업체		

< 국내 교량 계측 시스템 및 안전도 관리 방안 >

< 상시계측 시스템의 주요 계측항목별 관리기준치 >

구분	계측항목	적용센서	관리기준
응력	콘크리트 응력	변형률계	초기응력 고려 허용 응력 비교,활하중대상
	강재 응력		
온도	거더 온도	온도계	관리기준 없음
진동	진동	가속도계	관리기준 없음
	지진	지진계	
기타	균열폭	균열게이지	허용균열폭

- 시설물이 구조적으로 복잡하여 안전관리 및 유지관리에 많은 노력이 필요한 경우에는 관리 기준 및 위험 단계 설정에 대한 더 복잡하고 세밀한 계획이 수행되어야 하지만 노후 학교 건물은 그 구조물의 규모에 비해 구조 부재의 종류가 단순하며 거동의 분석이 용이하므로 실제 사용성 향상을 위하여 위험단계를 축소하는 것이 적절한 것으로 연구됨.

■ 위험 단계 기준 수립

- 본 연구에서는 노후 학교의 관리 기준을 주의와 심각의 두가지 위험 단계로 계획하였으며 각 재해의 위험 단계별 관리기준의 산정 기준은 아래와 같음.

- 안전도 진단의 결과는 주의와 심각, 두 가지로 구분함.
- 균열과 화재를 제외한 구조적 안전 관련 계측항목에 대해 다음의 관리기준 적용
- 주의는 구조해석 결과, 최대 값의 80%를 적용
- 심각은 구조해석 결과, 최대 값의 100%를 적용

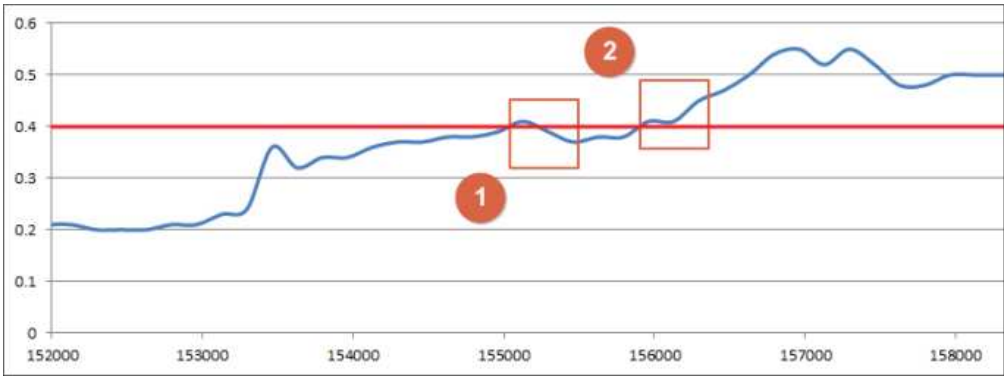
- 균열은 구조물 유지관리 기준 적용하여, 주의는 0.2mm, 심각은 0.3mm로 적용.
- 화재는 주의는 50℃, 심각은 70℃로 적용.

■ 위험 단계 판단 알고리즘

- 센서 데이터의 입력치가 관리기준을 상회하는 값으로 입력되었을 때 매번 위험 경고를 보내는 것은 적절하지 않음.
- 실제 관리기준을 초과하는 현상으로 인정받기 위해서는 최소한의 신호 유지기간이 필요하다. 이러한 유지기간은 각 센서별로 입력되는 물리량과 샘플링 레이트에 따라 결정되며 위험 단계인지 판별하는 주요한 기준이됨.

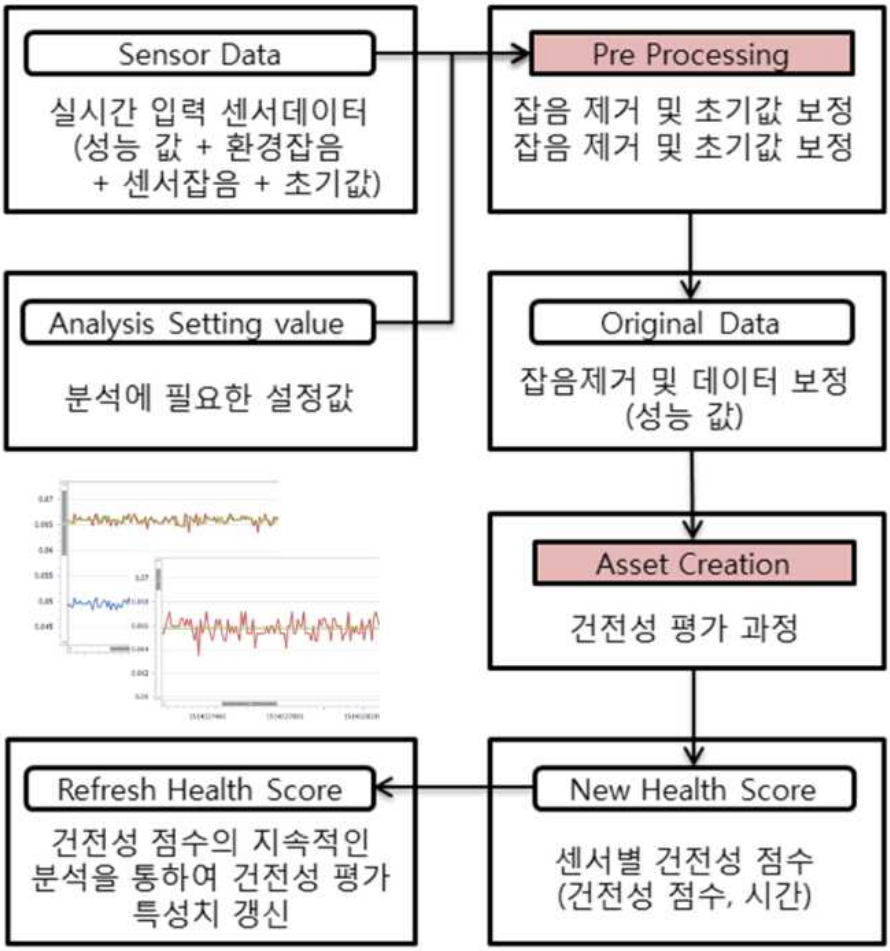
■ 통계적 분석에 의한 위험 판별

- 센서의 데이터 획득 조건에 따라서 유효신호 판단여부를 결정
- 일반적으로 100 hz일 때는 최소한의 유지기간을 1초로 가정하였으며 그밖의 경우에는 1분을 유지기간으로 적용
- 계측 값이 유지기간동안 관리기준을 초과한 경우에만 실제 관리기준 초과로 판단, 경보 시스템이 작동
- 또한 초당 2hz 이하의 신호를 발생시키는 계측기에 대해서는 센서 물리량의 변화가 100 hz 신호를 주는 물리량보다는 변화가 급하지 않으므로 1분간의 신호를 평균하여 그 평균치가 관리기준을 상회하는 경우에 경보 시스템을 가동하도록 설계함.



< 위험판단 알고리즘 도시화 - 통계적 분석 방법 >

- 처음 1번 위치에서 임계치를 넘었지만 이후 일정시간의 변동을 분석하여 기준치를 넘지 않으므로 이벤트는 발생하지 않고 2번 위치에서 임계치를 넘고 일정시간동안 증가추세이므로 이벤트를 발생시킴.



< 위험단계 판단 >

- 다음은 계측센서별 센서 출력값과 활용 범위이다.

< 센서 종류별 입력 및 출력치 >

센서종류	출력 결과 설명	활용범위
가속도	계측결과의 수치분석 구조물의 고유 진동수	주파수 분석 내하성능 평가
변형율	결과의 수치분석	주파수 분석 *고유 진동수
균열	결과의 수치분석	유지관리
온도	결과의 수치분석	화재 경보

- 빅데이터 분석에 의한 위험 판별

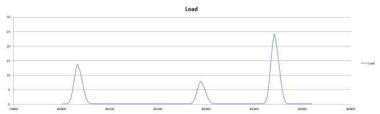
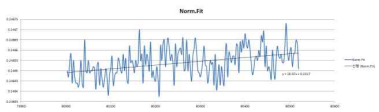
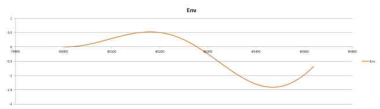
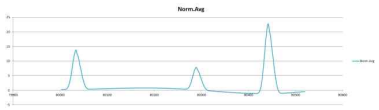
- 노후 학교의 구조적 거동을 검측할 수 있는 센서 데이터는 구조물 자체의 성능 감소에 따른 거동 변화와 재하 하중에 의한 구조적 거동 변화 그리고 온도, 습도, 일조량, 강우량 등의 주변 환경에 의한 환경적 거동변화를 포함하여 구성되므로 센서 데이터에서 주변 환경에 의한 환경적 거동변화를 적절하게 제거할 수 있다면 정확한 구조적 거동변화를 추정할 수 있을 것으로 예상됨.
- 빅데이터 분석에 의한 위험판별은 균열 계측결과를 이용하여 별도의 분석 모듈에서 수행하였으며 분석 결과를 관리자에게 알려주는 방식으로 사용된다. 즉 실시간 모니터링이 아닌 장기적인 거종에 대한 분석결과를 유지관리의 목적으로 활용하게 계획
- 빅데이터 분석을 통한 구조적 거동 변화를 위하여 아래와 같은 가정을 포함하여 데이터 분석을 수행

- 구조적 거동 분석을 위한 기본가정

- 탄성거동 : 모든 시설물은 탄성거동 범위에서 거동. 시설물에 실제 손상이 발생한 이후에도 탄성거동을 가정하여 구조물의 거동을 추정.
- 활하중 배제 : 활하중의 영향이 제거된 상태의 센서 결과를 기본 자료로 이용하여 시설물의 상태 특성을 분석.
- 지속하중 배제 : 장기하중의 영향을 배제하고 시간변화에 해당하는 구조물의 응답 특성으로 구조물의 상태 특성 분석
- 단독 계측 : 계측기의 최소화와 계측기 센서 값의 상호 분석의 최소화를 통하여 독립적이고 신속한 구조물 상태 분석.

- 균열 계측 값의 분석

- 균열 계측 값은 하중에 의한 탄성 균열 확장과 주변 환경에 의해서 주기적으로 변화되는 환경 영향에 의한 균열 확장 및 구조물의 성능 저하로 발생되는 균열 확장으로 구분되며 아래 그림4와 같다.
- 따라서 구조물의 성능 저하로 발생되는 확장 균열을 찾아내기 위해서는 센서 계측 값에서 하중에 의한 균열과 환경요인에 의한 균열을 제거하여 성능 저하로 발생되는 균열을 찾을 수 있으며 장기적인 거동의 분석에 활용 가능함.
- 균열 계측 값은 하중에 의한 하중 균열, 주변 환경에 의한 환경 균열 및 성능 저하에 의해서 발생하는 성능 균열로 구별됨.
- 센서의 계측값(Cr_S)=하중균열(Cr_L)+환경균열(Cr_E)+성능균열(Cr_F)로 정의

구분	그래프 형상	구분	그래프 형상
하중 균열 (Cr_Load)		성능 균열 (Cr_Fit)	
환경 균열 (Cr_Env)		센서 계측 값 (Cr_Sense)	

< 장기거동 분석을 위한 균열 특성 가정 >

< 실측 자료에 대한 정보 >

구분	데이터	비고
데이터 블록 크기	센서 개수 * 6만개 약 10메가	포트 당 6만개
밴드 최소 시간	1초 * 600개	밴드 폭 계산
밴드 오버랩	0%, 50%	데이터 중첩 정도
밴드 개수	10분*60초/1초=600개 600*50%/100%=1200개	밴드 600개/1200개
유효 밴드	최소 밴드 폭 정렬	최소폭 밴드 선택
노이즈 제거	계측기의 노이즈 제거	데이터 분석으로 노이즈 제거

- 실측 자료를 이용한 균열 추정

- 실측 자료를 분석하여 구조물 노후도 추세 평가 및 균열 확장 예측에 적용할 수 있는 추세선 자료를 도출.
- 일회에 처리하는 데이터는 현재 수신되는 데이터 블록의 크기로 설정하여 한 블록에 대하여 데이터를 분석하여 노후도 추세선 자료를 도출.
- 다음의 표에서는 계측기 데이터를 이용하여 성능 균열의 추정에 사용되는 단위 추세선 정보를 산정하는 기준을 확인

- 하중 영향을 제외한 성능 균열 도출

- 계측된 균열 자료에서 하중 영향 제거의 기준은 최소 밴드 폭으로 정의.
- 밴드 폭이 최소인 시점의 데이터는 하중 영향이 없는 성능 균열로 가정.
- 균열 데이터의 유효 데이터는 밴드의 폭이 제일 적은 데이터만 적용.

- 노이즈 제거 및 추세선 계산

- 선택된 데이터의 노이즈 제거
- 노이즈가 제거된 데이터를 이용해서 균열 데이터의 추세선 작성

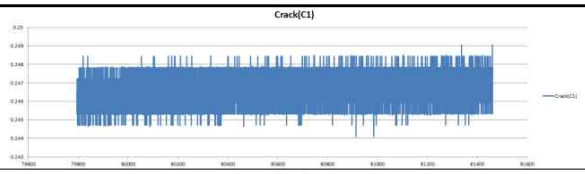
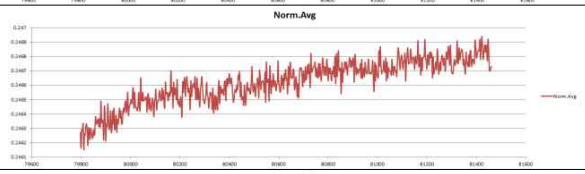
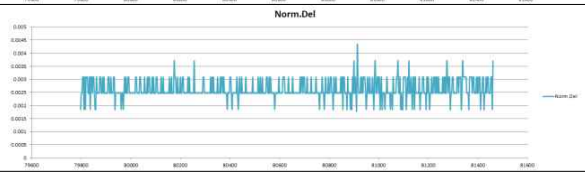
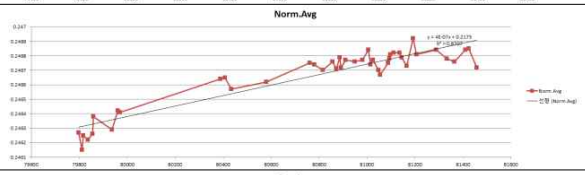
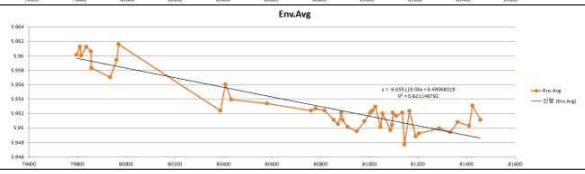
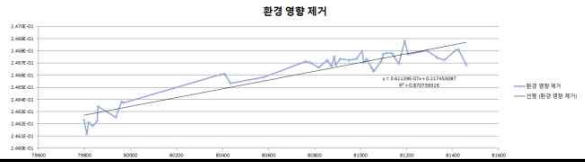
- 환경 균열 제거된 성능 균열 추출

- 계측 자료의 환경 균열 추세와 성능 균열의 추세의 상관 관계 산출.
- 환경 균열과 성능 균열 상관 관계 변화 추이가 고려된 성능 균열 추출

- 성능 균열 추출 및 변화 추이 확인

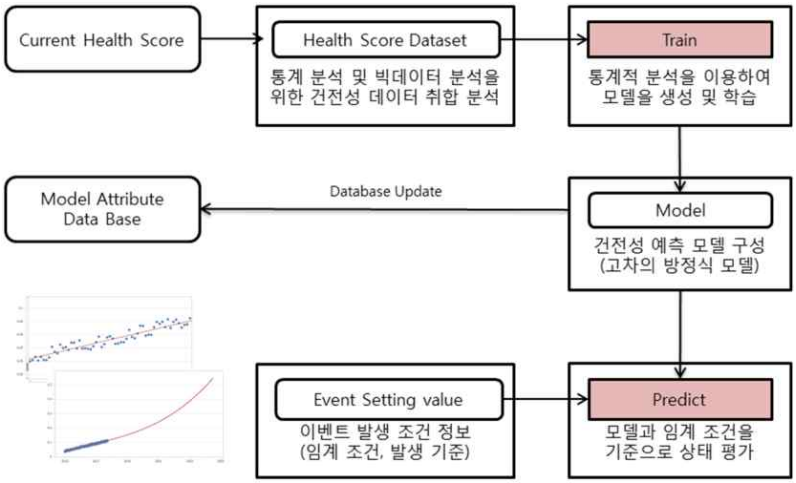
- 환경 변화를 고려한 성능 균열의 추세선 작성
- 본 연구에서는 센서 데이터에서 구조적 응답 그리고 환경적 응답을 제거하여 실제 성능 감소에 대한 응답을 추정할 수 있도록 빅데이타를 이용한 구조물의 성능 감소 추세에 대한 추정을 수행함.
- 또한 인공지능 기법을 추가하여 추정 기법을 다양화하였다. 다음의 표에서는 빅데이터를 가공하여 성능변화추세를 추정하는 기법에 대한 절차를 소개함.

< 빅데이터를 이용한 성능변화추세 추정기법 >

구분	그래프 형상
1. 계측기 출력	
2. 밴드 처리	
3. 밴드 폭 확인	
4. 유효 밴드 선택	
5. 환경 영향 평가	
6. 성능 균열 변화 추세	

- 인공신경망 기법을 적용한 분석 기법 개발

- 본 연구에서 수행한 빅데이터를 이용한 구조적 거동 추이 분석 방법을 개선하기 위하여 다양한 시도를 하였으며 인공신경망 기법을 적용하여 분석 기법을 보완함.
- 이러한 추정을 위해서는 장기간의 계측자료가 필요하고 다양한 분석방법을 통하여 성능 검증을 수행하여야 하지만 계측결과가 충분하지 않기 때문에 계측결과를 이용하여 위험 단계별 관리기준을 추정 및 검증하는 것에 한계가 있었으며 지속적인 자료 분석을 통한 사용성 개선이 필요함.



< 학습에 의한 추이 분석을 위한 인공지능 기법 >

■ 노후학교 스마트 모니터링 시스템의 실측보고서

- 실측 보고서 개요

- 연구 개발의 최종적인 성과 확인을 위하여 실제 계측기의 운영으로 확보된 계측 자료와 개발된 알고리즘을 활용한 활용 결과의 확인 및 추가적인 활용 방안 도출을 위하여 실측 보고서를 작성하여 모니터링 시스템의 효용성과 활용 방안을 모색하고자함.

- 계측기 부착 현황 (센서부착 개수와 위치도)

- 장성초등학교와 경일대학교에 대한 센서 부착 개수 및 위치 선정 결과는 다음과 같음.

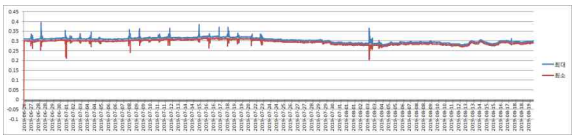
학교 구분	센서id(KT)	센서종류	센서모델	설치위치
장성 초등학교	CO03000032	1축가속도센서1	FBG-AC-310	1층
	CO03000033	1축가속도센서2	FBG-AC-310	1층
	CO02000004	변형률센서1	FBG-ST-310	1층
	CO02000005	변형률센서2	FBG-ST-310	3층
	CO02000006	변형률센서3	FBG-ST-310	3층
	CO01000031	균열센서1	FBG-DI-310	1층
	CO01000032	균열센서2	FBG-DI-310	3층
	CO12000022	온도센서1	FBG-TE-310	1층
	CO12000023	온도센서2	FBG-TE-310	1층
	CO12000024	온도센서3	FBG-TE-310	1층
	CO12000025	온도센서4	FBG-TE-310	3층
	CO12000026	온도센서5	FBG-TE-310	3층
	CO12000027	온도센서6	FBG-TE-310	3층
경일 대학교	CO03000031	1축가속도센서	FBG-AC-310	1층
	CO01000030	균열센서	FBG-DI-310	1층
경북 대학교	CO03000030	1축가속도센서	FBG-AC-310	2층
	CO01000029	균열센서	FBG-DI-310	2층

- 계측 결과 확인

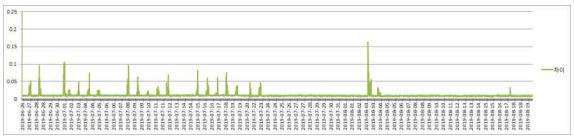
- 계측기의 결과를 장기 거동과 일일 거동 등의 중장기 거동에 대해서 계측 결과를 취합하여 검토 분석함.

- 장기 거동 확인

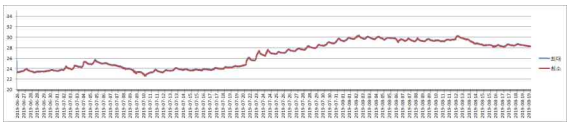
- 아래는 장성초등학교의 장기 거동에 대한 계측 결과임.
- 계측시작(2019년 6월 19일)부터 테스트 베드 시작이전(2019년 8월 19일)까지의 계측 결과를 도시화함.



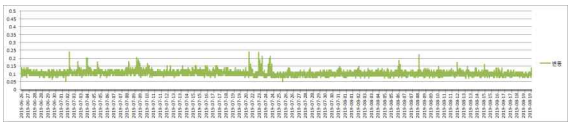
<균열 변화 (최대, 최소) (CO01000031)>



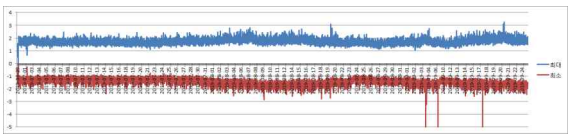
<균열 변화폭 (최대-최소) (CO01000031)>



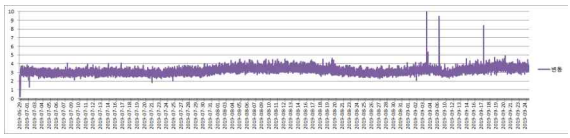
<온도 변화 (최대, 최소) (CO12000027)>



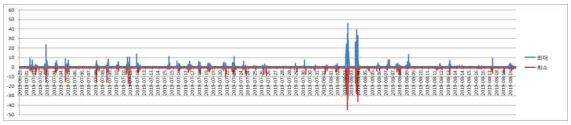
<온도 변화폭 (최대-최소) (CO12000027) >



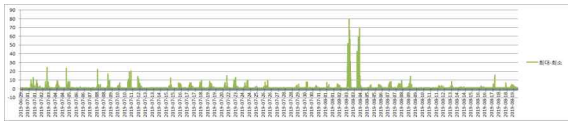
<가속도 변화 (최대, 최소) (CO03000031)>



<가속도 변화폭 (최대-최소) (CO03000031)>



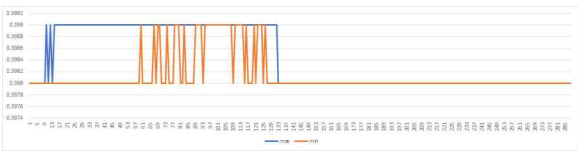
<가속도 변화 (최대, 최소) (CO03000032)>



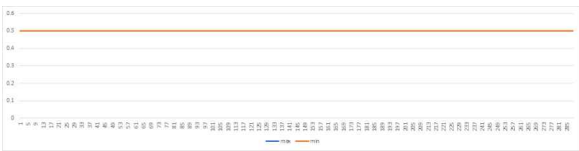
<기속도 변화폭 (최대-최소) (CO03000032)>

- 일일 거동 확인

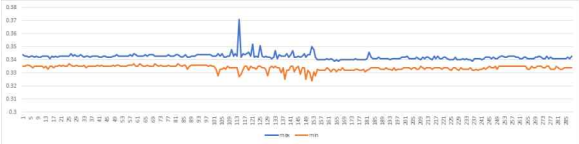
- 아래는 장성초등학교의 가속도 계측기에서 최대 값을 나타낸 9/4일에 대한 전체 계측기의 결과 값을 도시화한 결과는 아래와 같음



< CO01000029 >

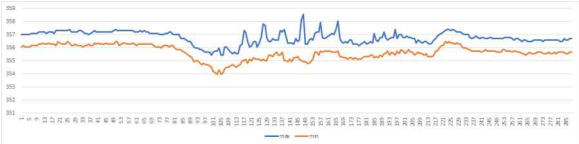


< CO01000030 >

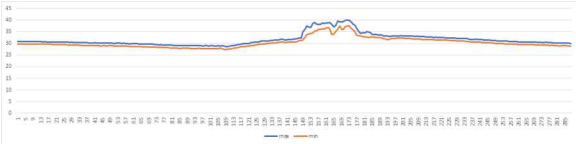


< CO01000031 >

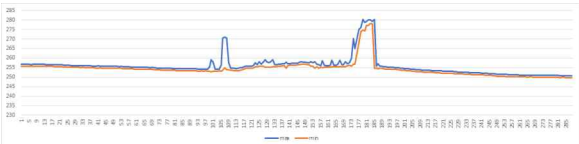
< CO01000032 >



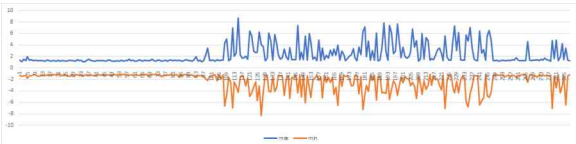
< CO02000004 >



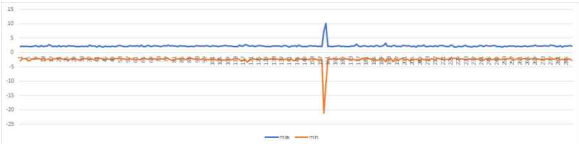
< CO02000005 >



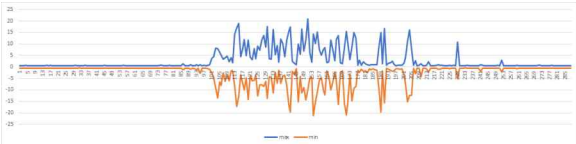
< CO02000006 >



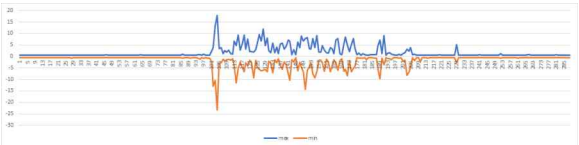
< CO03000030 >



< CO03000031 >



< CO03000032 >



< CO03000033 >

< CO12000022 >

< CO12000023 >

< CO12000024 >

< CO12000025 >

< CO12000026 >

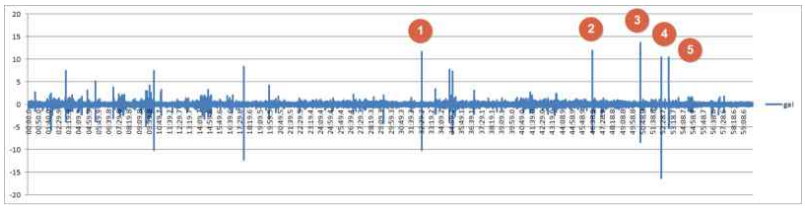
< CO12000027 >

- 위험도 판단 결과 확인

- 위험도 판단에 대한 이벤트가 발생하지 않았기 때문에 실제 이벤트의 발생에 대한 검증은 불가하였으며 현재 이벤트 발생 알고리즘에 근거하여 기존의 자료를 시뮬레이션하는 방식으로 이벤트 발생 여부를 확인함.
- 실제 이벤트 발생에 대해서는 장기간 거동을 확인하여 정확한 관리 기준을 추정하여 관리하는 것이 타당하며 현재로서는 취득된 자료의 미비로 인하여 제한된 범위에서 검증을 수행함.

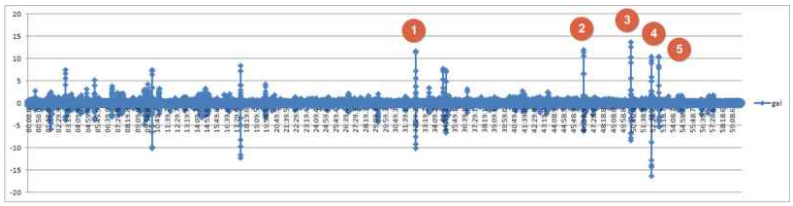
- 가속도 변동성을 통한 위험도 단계 검증

- 가속도계의 주의단계 관리기준을 10gal로 입력하여 위험도 단계 검증을 수행하였으며 순간 가속도가 10gal이 넘는 위치가 5곳이었으나 1번과 3번 및 4번에서만 이벤트가 발생하였으며 2번과 5번에서는 발생하지 않음.



<가속도 계측기 결과 (9월 4일 13:00~14:00)>

- 이러한 이유는 아래의 빈도를 포함한 그래프에서 확인할 수 있듯이 발생 빈도가 이벤트 발생에 기준이 되기 때문이다. 즉 발생 빈도가 많아야 평균치가 임계치를 넘어서서 이벤트가 발생하기 때문이다.



<가속도 계측기 결과 (발생빈도 포함)>

- 가속도 변동성 확인을 위한 그래프 세분화

- 아래 그림은 위의 그래프를 더 세분화 하여서 확인한 결과임.

<가속도 계측기 9/4일 14시 00~15분>

<가속도 계측기 9/4일 14시 15~30분>

<가속도 계측기 9/4일 14시 30~45분>

<가속도 계측기 9/4일 14시 45~60분>

- 계측 결과 분석
  - 아래 표는 가속도 계측기의 값이 최대 값을 나타낸 9월 4일에 대한 전체 계측기의 통계분석 결과임.
  - 독자적으로 사용하기에는 한계가 있으며 추가적인 분석 후 구조물의 거동의 추이를 추정하는 자료로 사용할 수 있을 것으로 판단됨.

<계측결과의 일일 거동 분석 (2019년 9월 4일)>

계측기 구분	상한(통계분석의 최대값)			하한(통계분석의 최소값)		
	최대값	최소값	변동치	최대값	최소값	변동치
CO01000029	0.399	0.398	0.001	0.399	0.398	0.001
CO01000030	0.499	0.499	0	0.499	0.499	0
CO01000031	0.371	0.339	0.032	0.337	0.324	0.013
CO01000032	0.335	0.331	0.004	0.328	0.325	0.003
CO02000004	358.5467	355.4413	3.1054	356.4764	353.9922	2.4842
CO02000005	40.0098	28.53	11.4798	37.5016	27.3724	10.1292
CO02000006	280.1873	250.6885	29.4988	278.1826	249.6384	28.5442
CO03000030	8.7364	1.0833	7.6531	-1.0933	-8.3245	7.2312
CO03000031	10.0728	1.91	8.1628	-1.956	-21.0528	19.0968
CO03000032	20.957	0.4861	20.4709	-0.4841	-21.2572	20.7731
CO03000033	17.9126	0.482	17.4306	-0.4742	-23.418	22.9438
CO12000022	25.2677	23.245	2.0227	25.1787	23.1559	2.0228
CO12000023	23.715	22.8397	0.8753	23.625	22.7753	0.8497
CO12000024	23.8602	23.2299	0.6303	23.7317	23.1011	0.6306
CO12000025	23.9454	23.6276	0.3178	23.8564	23.5385	0.3179
CO12000026	23.9684	23.5936	0.3748	23.878	23.5289	0.3491
CO12000027	23.8541	23.5233	0.3308	23.7651	23.4342	0.3309

(5) 데이터 정합성 확보를 위한 시스템 시공·운영 가이드라인

■ 시스템 시공 및 운영 가이드라인

• 계측 시스템의 시공 및 설치

- 계측센서의 설치

: 균열

순서	구 분	상세 내용
1	사용자재,계기반입	- 당일 반입자재 확인 및 검수(감독,감리,계측담당)
2	설치위치 선정	- 경사계 설치위치 확인 (페인트마커로 설치위치 표시)
3	설치면 고르기	- 설치면을 그라인더나 기타 장비로 면을 고르게 한다.
4	초기값 확인	- 균열의 초기값을 기록한다.
5	설치위치 상세 표시	- 설치 방향 및 위치를 고려하여 정밀하게 위치를 표시한다.
6	지그 고정용 앵커볼트 설치	- 센서 고정용 지그 설치를 위하여 설치위치에 앵커볼트를 설치한다.
7	센서 고정용 지그 설치	- 센서 고정용 지그를 앵커볼트 위치에 설치하고 너트로 고정한다.
8	센서 설치	- 센서 고정용 지그에 균열계를 고정한다. (센서 축방향 주의하여 설치)
9	보호박스 설치	- 센서설치가 완료되면 주변을 정리하고 보호박스를 설치한다. - 보호박스 주변에 실리콘를 도포하여 방수처리한다.
10	명판설치	- 설치센서의 구분을 위하여 상세사항이 기입된 명판을 설치한다.

: 변형률계

순서	구 분	상세 내용
1	사용자재,계기반입	- 당일 반입자재 확인 및 검수(감독,감리,계측담당)
2	설치위치 선정	- 변형률계 설치위치 확인 (페인트마커로 설치위치 표시)
3	설치면 고르기	- 설치위치에 이물질 등을 제거한다.
4	설치위치 상세 표시	- 센서고정용 지그 설치위치를 정확하게 표시한다.
5	센서 고정용 지그 용접	- 설치위치에 센서 고정용 지그를 용접하여 부착한다. - 용접부에 방청제를 도포하여 마무리한다.
6	센서설치	- 변형률계를 센서고정용 지그에 육각렌치를 이용하여 고정한다.
7	보호박스 설치	- 센서설치가 완료되면 주변을 정리하고 보호박스를 설치한다. - 보호박스 주변에 실리콘를 도포하여 방수처리한다.

: 가속도계

순서	구 분	상세 내용
1	사용자재,계기반입	- 당일 반입자재 확인 및 검수(감독,감리,계측담당)
2	설치위치 선정	- 가속도계 설치위치 확인 (페인트마커로 설치위치 표시)
3	설치면 고르기	- 설치면을 그라인더나 기타 장비로 면을 고르게 한다.
4	설치위치 상세 표시	- 설치 방향 및 위치를 고려하여 정밀하게 위치를 표시한다.
5	센서 고정용 지그 설치	- 센서 고정용 지그를 스터드볼트 위치에 설치하고 너트로 고정한다.
6	센서 설치	- 센서 고정용 지그에 가속도계를 고정한다. (센서 축방향 주의 설치)
7	보호박스 설치	- 센서설치가 완료되면 주변을 정리하고 보호박스를 설치한다. - 보호박스 주변에 실리콘를 도포하여 방수처리한다.
8	영점조정	- 현 설치 상태에서 영점조정을 실시한다. (육각렌치 및 멀티메터 사용) - 설치방향이 연직방향 센서에 한하여 실시한다.
9	신호선 결선	- 데이터로거까지 연장된 신호선과 센서단의 lead wire를 결선한다.
10	명판설치	- 설치센서의 구분을 위하여 상세사항이 기입된 명판을 설치한다.

: 경사계

순서	구 분	상세 내용
1	사용자재,계기반입	- 당일 반입자재 확인 및 검수(감독,감리,계측담당)
2	설치위치 선정	- 경사계 설치위치 확인 (페인트마커로 설치위치 표시)
3	설치면 고르기	- 설치면을 그라인더나 기타 장비로 면을 고르게 한다.
4	설치위치 상세 표시	- 설치 방향 및 위치를 고려하여 정밀하게 위치를 표시한다.
5	지그 고정용 앵커볼트 설치	- 센서 고정용 지그 설치를 위하여 설치위치에 앵커볼트를 설치한다.
6	센서 고정용 지그 설치	- 센서 고정용 지그를 앵커볼트 위치에 설치하고 너트로 고정한다.
7	센서 설치	- 센서 고정용 지그에 경사계를 고정한다. (센서 축방향 주의하여 설치)
8	보호박스 설치	- 센서설치가 완료되면 주변을 정리하고 보호박스를 설치한다. - 보호박스 주변에 실리콘를 도포하여 방수처리한다.
9	영점조정	- Read-Out 장비를 이용하여 경사계의 영점조정을 실시한다.
10	신호선 결선	- 데이터로거까지 연장된 신호선과 센서단의 lead wire를 결선한다.
11	명판설치	- 설치센서의 구분을 위하여 상세사항이 기입된 명판을 설치한다.

: 온도계

순서	구 분	상세 내용
1	사용자재,계기반입	- 당일 반입자재 확인 및 검수(감독,감리,계측담당)
2	설치위치 선정	- 온도계 설치위치 확인 (페인트마커로 설치위치 표시)
3	설치면 고르기	- 설치위치에 이물질 등을 제거한다.
4	센서 고정용 스터드볼트 용접 및 센서 설치	- 온도계 고정을 위하여 스터드볼트를 용접한다. - 용접부에 방청제를 도포하여 마무리 한다. - 온도계를 스터드볼트에 너트를 이용하여 고정한다.
5	보호박스 설치	- 센서설치가 완료되면 주변을 정리하고 보호박스를 설치한다. - 보호박스 주변에 실리콘를 도포하여 방수처리한다.
6	신호선 결선	- 데이터로거까지 연장된 신호선과 센서단의 lead wire를 결선한다.
7	명판설치	- 설치센서의 구분을 위하여 상세사항이 기입된 명판을 설치한다.

- 계측장비의 설치

: 지진전용로거

순서	구 분	상세 내용
1	사용자재,계기반입	- 당일 반입자재 확인 및 검수(감독,감리,계측담당)
2	설치위치 선정	- 로거 설치위치 확인 (페인트마커로 설치위치 표시)
3	설치면 고르기	- 설치면을 그라인더나 기타 장비로 면을 고르게 한다.
4	설치위치 상세 표시	- 정밀하게 위치를 표시한다.
5	로거보호용 박스 설치	- 로거 보호용 박스를 설치한다.
6	센서 설치	- 로거 보호용 박스에 로거를 고정시킨다.
7	배관	- 센서와 로거까지 신호선을 결속한 후, 배관 한다.
8	명판설치	- 설치로거의 구분을 위하여 상세사항이 기입된 명판을 설치한다.

: cRIO-정 · 동적로거

순서	구 분	상세 내용
1	사용자재,계기반입	- 당일 반입자재 확인 및 검수(감독,감리,계측담당)
2	설치위치 선정	- 로거 설치위치 확인 (페인트마커로 설치위치 표시)
3	설치면 고르기	- 설치면을 그라인더나 기타 장비로 면을 고르게 한다.
4	설치위치 상세 표시	- 정밀하게 위치를 표시한다.
5	로거보호용 박스 설치	- 로거 보호용 박스를 설치한다.
6	센서 설치	- 로거 보호용 박스에 로거를 고정시킨다.
7	배관	- 센서와 로거까지 신호선을 결속한 후, 배관 한다.
8	명판설치	- 설치로거의 구분을 위하여 상세사항이 기입된 명판을 설치한다.

- 계측 시스템의 운영

: 계측 시스템의 운영을 위하여 계측 센서 및 계측 장비의 운영 및 관리 방안은 아래의 예제 및 활용 방법을 참조하여 수행하여야 한다.

- 계측 센서

- 가속도계의 예

(1) 장비의 목적

품목	가속도계	제조회사	미국
목적	- 보강형 및 주탑의 진동가속도 측정 - 보강형 및 주탑 구조계 변화의 개략적 감지		

(2) 장비의 작동 이론

작동이론	평형력 가속도계(force balance accelerometer)의 원리는 검전기(position detector)의 자기장에 한 질점(mass)이 놓여 있는데, 감지장치가 위치변동을 일으키면 질점(mass)위치가 변화하여 중력의 작용 방향으로 기울어지게 되며 이로 인하여 검전기에 전류의 변화가 일어나게 되고 이것은 서어보 진폭기(servo amplifier)를 통해 복원코일(restoring coil)로 feed-back된다. 이때 질점(mass)은 초기상태의 영점 위치로 복원하고자하는 동일한 전자기력을 반대방향으로 가지게 되므로 평형이 이루어져서 움직이지 않는다. 전류가 저항기를 통과할 때의 전압을 측정할 수 있으며 이 전압은 질점(mass)을 평형상태로 유지하려는 힘과 정비례한다.

(3) 설치와 사용에 필요한 부대장비 목록

부대장비	Recorder 또는 노트북, A/D변환카드, 멀티미터, 육각렌치, 전원공급장치

(4) 교체부품 및 수급방법

교체부품	신품 센서 (센서 이상 발생 시 대체품으로 교체하고 수리요청)
수급방법	용역사에서 신품센서 보관 또는 판매사 및 A/S 지점에서 구매

(5) 점검 및 유지보수계획

점검 및 유지보수 계획	계측센서의 점검은 정기적으로 실시하는것을 원칙으로 하며 측정 데이터의 분석 후 이상이 발생된 경우에는 즉시 점검을 실시한다. 점검 방법은 아래 항에서 기술한 방법으로 실시한다.

(6) 점검방법

(7) 계기의 A/S 및 기술지원을 위한 국내 업체의 주소와 전화번호 및 담당자

(8) 장비의 카다로그 및 사용자 설명서

(9) 장비의 설치 위치도

- 변형률계의 예

(1) 장비의 목적

품목	변형률계	제조회사	일본
목적	- 보강형의 상시응력상태변화 추이분석 - 보강형과 가로보 접합부의 피로분석		

(2) 장비의 작동 이론

작동이론	재료에 인장력(또는 압축력) P가 가해지면, 이것에 대한 응력 σ이 재료내부에 발생한다. 이 응력에 비례한 인장 Strain(압축 Strain)이 발생하고, 길이 L의 재료는 L+ΔL(또는 L- ΔL)로 변형한다. 이때의 L과 ΔL의 비율을 변형률(Strain)이라고 하며, 측정대상물에 변형률이 발생하면 Strain Gage의 Base를 경유해서 저항선에 Strain이 전달되어 오고, 이에 상응하는 저항 변화가 발생하게 된다. 하지만, 이 저항 변화값은 미소하기 때문에 휘스톤 브릿지 회로를 이용해서 전압으로 변환하여 이를 Digital로 표시하거나 Analog 출력 등으로 측정한다.

(3) 설치와 사용에 필요한 부대장비 목록

부대장비	TC-31K, 멀티미터, 육각렌치

(4) 교체부품 및 수급방법

교체부품	신품 센서 (센서 이상 발생 시 대체품으로 교체하고 수리요청)
수급방법	용역사에서 신품센서 보관 또는 판매사 및 A/S 지점에서 구매

(5) 점검 및 유지보수계획

점검 및 유지보수 계획	계측센서의 점검은 정기적으로 실시하는것을 원칙으로 하며 측정 데이터의 분석 후 이상이 발생된 경우에는 즉시 점검을 실시한다. 점검 방법은 아래 항에서 기술한 방법으로 실시한다.

(6) 점검방법

(7) 계기의 A/S 및 기술지원을 위한 국내 업체의 주소와 전화번호 및 담당자

(8) 장비의 카다로그 및 사용자 설명서

(9) 장비의 설치 위치도

- 경사계의 예

(1) 장비의 목적

품목	경사계	제조회사	미국
목적	- 주탑 기울기 추세 측정 - 기울기와 케이블 장력 및 보강형 응력과의 관계 파악		

(2) 장비의 작동 이론

작동이론	용액에 갇혀 있는 기포는 항상 중력 방향에 대하여 수평을 유지하는 성질을 이용하여, 센서가 기울였을 때, 전해질 용액의 메니스커스(meniscus, 모세관 현상에 의해 관 속의 액면(液面)이 형성하는 곡면(曲面)) 주위로 움직이는 기포(gas bubble)가 이동하면 pick-up electrode와 각각의 excitation electrode 사이의 AC 저항이 선형으로 변하게 되며 이 저항의 변화치를 각도로 변환한다. 전체 각 범위는 excitation electrode과 센서의 곡률반경과의 함수이다.

(3) 설치와 사용에 필요한 부대장비 목록

부대장비	READOUT기(771 Digital Readout), 멀티미터, 전원공급장치

(4) 교체부품 및 수급방법

교체부품	신품 센서 (센서 이상 발생 시 대체품으로 교체하고 수리요청)
수급방법	용역사에서 신품센서 보관 또는 판매사 및 A/S 지점에서 구매

(5) 점검 및 유지보수계획

점검 및 유지보수 계획	계측센서의 점검은 정기적으로 실시하는것을 원칙으로 하며 측정 데이터의 분석 후 이상이 발생된 경우에는 즉시 점검을 실시한다. 점검 방법은 아래 항에서 기술한 방법으로 실시한다.

(6) 점검방법

(7) 계기의 A/S 및 기술지원을 위한 국내 업체의 주소와 전화번호 및 담당자

(8) 장비의 카다로그 및 사용자 설명서

(9) 장비의 설치 위치도

- 계측 장비

- 데이터로거 (지진전용) 의 예

(1) 장비의 목적

품목	지진 전용 로거	제조회사	
목적	- 지진계 데이터 취득		

(2) 교체부품 및 수급방법

교체부품	신품 센서 (센서 이상 발생 시 대체품으로 교체하고 수리요청)
수급방법	용역사에서 신품센서 보관 또는 판매사 및 A/S 지점에서 구매

(3) 점검 및 유지보수계획

점검 및 유지보수 계획	로거의 점검은 정기적으로 실시하는것을 원칙으로 하며 측정 데이터의 분석 후 이상이 발생된 경우에는 즉시 점검을 실시한다. 점검 방법은 아래 항에서 기술한 방법으로 실시한다.

(4) 점검방법

점검방법	육안점검	- 보호케이스의 파손 여부 확인 - 보호케이스의 시건 상태 확인 - 배선의 결선 상태 확인 (단선 및 누락) - 먼지 및 누수 등으로 인한 오염여부 확인
	상세점검	- 전원 공급 상태 확인 - 신호 분석을 통해 이상여부 확인 - 네트워크 상태 확인

(5) 계기의 A/S 및 기술지원을 위한 국내 업체의 주소와 전화번호 및 담당자

(6) 장비의 카다로그 및 사용자 설명서

(7) 장비의 설치 위치도

- 정 · 동적로거의 예

(1) 장비의 목적

품목		제조회사	
목적	- 정적, 동적 데이터 취득		

(2) 교체부품 및 수급방법

교체부품	신품 센서 (센서 이상 발생 시 대체품으로 교체하고 수리요청)
수급방법	용역사에서 신품센서 보관 또는 판매사 및 A/S 지점에서 구매

(3) 점검 및 유지보수계획

점검 및 유지보수 계획	로거의 점검은 정기적으로 실시하는것을 원칙으로 하며 측정 데이터의 분석 후 이상이 발생된 경우에는 즉시 점검을 실시한다. 점검 방법은 아래 항에서 기술한 방법으로 실시한다.

(4) 점검방법

점검방법	육안점검	- 보호케이스의 파손 여부 확인 - 보호케이스의 시건 상태 확인 - 배선의 결선 상태 확인 (단선 및 누락) - 먼지 및 누수 등으로 인한 오염여부 확인 - 랜 케이블 손상여부 확인
	상세점검	- 전원 공급 상태 확인 - 신호 분석을 통해 이상여부 확인 - 네트워크 상태 확인

(5) 계기의 A/S 및 기술지원을 위한 국내 업체의 주소와 전화번호 및 담당자

구 분	구매 및 A/S 업체	기술지원업체
업 체 명		
주 소		
전화번호		
담 당 자		

(6) 장비의 카다로그 및 사용자 설명서

(7) 장비의 설치 위치도

- 통신장비 및 전산장비

- 운전 요령

: 운전 전 점검사항

① 서버에 외부전원이 연결되어 있는지 확인한다.

② 주변장치 (모니터, 키보드, 마우스 등)가 연결되어 있는지 확인한다.

: 운전 설명서

1) 켜기

① 설치 안내서에 따라 컴퓨터와 주변장치를 연결한다.

② 모니터와 주변장치 (프린터 등)를 켠다.

③ 컴퓨터의 전원버튼을 누르면 컴퓨터가 켜진다.

2) 끄기

① 작업 표시줄의 단추를 클릭한 후, 컴퓨터 끄기를 클릭한다.

② 시스템 종료 창에서 끄기를 클릭하면 컴퓨터가 종료된다. 만일 컴퓨터가 종료되지 않을 때는 전원 버튼을 5초 정도 누르면 컴퓨터가 강제 종료된다.

3) 파티션과 포맷하기

① BIOS SETUP : CD 롬 드라이브로 부팅하기 위해서는 컴퓨터의 바이오스 (BIOS) 상에서 부팅 순서를 변경해야 한다. 부팅할 때 DEL 키를 눌러주면 바이오스 메뉴에 들어갈 수 있다. 'Advanced BIOS Features'라는 항목을 선택한 후, 'First Boot Device'를 CDROM으로 선택하고 바이오스를 빠져 나온다.

② 파티션 : 파티션은 하드디스크에서 하드디스크 드라이브명이 되는 구간이다. 새로운 파티션은 하드디스크 전체를 잡아도 되고, 아니면 적당한 용량대로 나누어 주어도 된다. 대체적으로 큰 용량의 하드디스크라면 적당한 용량대로 분할해서 사용하는 것이 좋다. 파티션의 크기는 MB(메가 바이트) 단위로 이루어진다. 따라서 하드디스크 용량을 지칭하는 GB(기가바이트)로 환산하기 위해서는 1024를 곱해줘야 한다. 하드디스크의 크기는 이론상의 계산에 의한 정확한 크기가 나오지 않는다. 실제 크기는 이론상 계산에 의한 크기보다 작다.

③ 포맷 : 파티션을 설정하고 난 후에는 만들어진 파티션을 포맷을 해야 운영체제가 설치된다. 포맷 방식에는 NTFS 파일 시스템과 FAT 파일 시스템 의 두 가지 방식의 포맷이 있다. NTFS 파일 시스템은 윈도우 2000과 윈도우 XP에서 지원되는 파일 시스템으로 윈도우 98이나 윈도우 Me에서 사용하는 FAT 파일시스템보다 안정성이 뛰어나고 보안 기능이 제공되는 등 뛰어난 기능을 제공하는 파일 시스템이다. 포맷 방식을 선택하고 나면 지정된 파티션이 포맷이 이루어지며, 설치에 필요한 파 일 복사되고, 설치에 필요한 준비작업을 한 후 자동으로 리부팅 된다.

④ OS설치 : 국가코드, 사용자 정보, CD키, 컴퓨터 이름, 암호설정, 날짜 시간, 네트워크 설정의 부분에 입력 및 설정을 단계적으로 하면 설치가 완료 된다. 네트워크 설정의 부분에 입력 및 설정을 단계적으로 하면 설치가 완료 된다.

- 유지관리용 서버 점검 방법 및 점검 사항

1) 컴퓨터 내부에 먼지가 쌓이지 않도록 청소해준다.

2) CD-ROM은 자주 여닫게 되면 손상이 많이 가게 되며, 세균이 많은 부분이므로 클리너를 이용해서 닦아 낸다.

3) 프로그램 사용 중 연산 오류

① 프로그램의 호환성

특정 프로그램의 실행시에만 발생하는 연산오류라면 그 프로그램 자체의 문제를 의심해야 한다. 프로그램이 실행되는데 필요한 파일이 깨져 프로그램 실행에 문제가 발생하며, 이런 경우에는 프로그램을 다시 설치하면 된다. 하지만 만일 이 프로그램이 다른 프로그램과 충돌한다면, 즉 호환성에 문제가 있다면 우선 어떤 프로그램과 충돌하는지 확인해야 한다. 사실 이 확인 작업이 어려운 경우가 많지만 이런 경우에는 어쩔 수 없이 윈도우를 재설치한 후에 해당 프로그램을 가장 먼저 설치하면 그런 문제가 발생하지 않는다.

② 운영체제의 심각한 오류

윈도우 자체에 오류가 발생한 경우에는 윈도우 재설치로 문제를 해결하는 수밖에 없다. 윈도우 에러는 그 원인이 다양하며, 드라이버 문제로 발생하기도 하고 윈도우 실행에 반드시 필요한 특정 파일의 에러나 레지스트리 오류로 인해 발생하기도 한다. 이런 문제는 일반 사용자가 그 원인을 찾기에는 무리가 많기 때문에, 시간이 오래 걸리고 번거롭겠지만 이런 경우에는 윈도우 재설치가 가장 효율적인 방법이다.

- 고장원인과 고장 시 보수 및 대처 방안

항 목	내 용	문제발생 시 조치사항
전원이 들어오지 않음	전원코드가 제대로 연결되었는지 확인	전원코드를 접지된 콘센트와 서버에 연결한다.
키보드가 작동하지 않음	키보드 케이블이 올바로 연결되었는지 확인	케이블을 올바른 커넥터에 연결한다.
	키보드가 깨끗하고 눌려진 키가 없는지 확인	모든 키들이 같은 높이에 있고 눌려져 있지 않은지 확인한다.
	키보드 자체에 결함이 없는지 확인	작동이 잘 되는 키보드로 교체하거나 키보드를 다른 서버에 연결해 본다.
전원 공급시 자체 검사 (POST) 중 오류 발생	Setup 프로그램의 설정 값을 확인	서버를 켜거나 다시 시작한다. Press F2 to enter Setup 메시지가 표시될 때 F2 키를 누름.
전압의 불균일	컴퓨터의 다운	균일전압의 공급
이물질 첨가	컴퓨터의 다운	에어건 또는 붓으로 내부 청소
프로그램 오류	데이터 취급 불능	프로그램 재설치 또는 컴퓨터 포맷

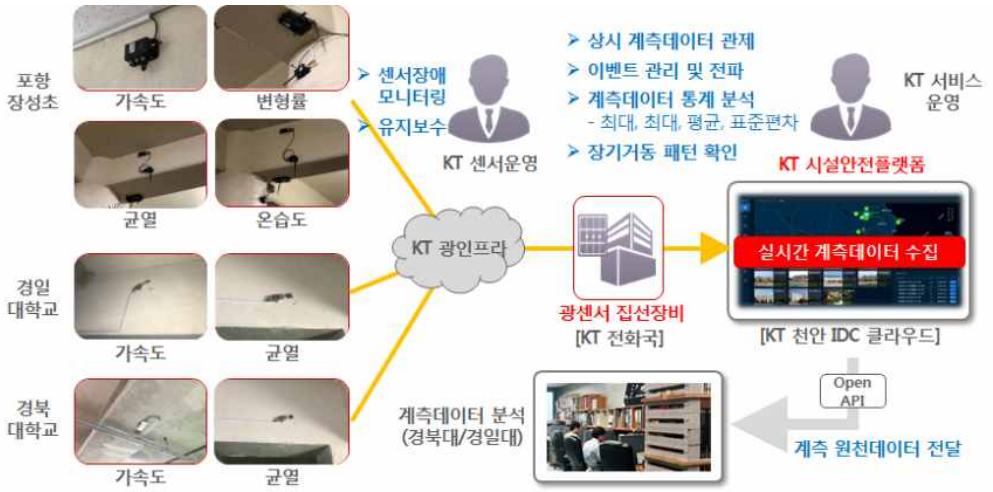
(6) 테스트베드 구축 및 시스템 설치

■ 설치 위치

- 경북대, 경일대, 포항 장성초

■ 설치 내역

품명	경북대	경일대	장성초
1축 가속도센서	1set	1set	2set
변형률센서	-	-	3set
균열센서	1set	1set	2set
온도센서	-	-	6set
합계	2set	2set	13set



■ 테스트 베드 구축 방법

- KT의 위탁연구기관 참여하여 KT가 기존에 자체적으로 구축, 운영중인 시설물안전관리 특화 플랫폼 서비스인 GiGAsafe SOC서비스 ‘ 플랫폼을 활용한 테스트 베드 운영

■ 구축 내역

- 시설계측용 광센서

  - 설치 일정

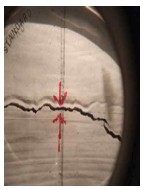
    : 노후학교 건축물 재난대응 모니터링을 위한 계측대상 시설물물 대상시설 개소, 시설물

계측 방향 협의(‘19.3월)

: 설치 센서 종류 및 수량 확정 및 센서 생산(‘19.4월)

: 현장 방문 및 센서 설치 위치 실사(‘19.5월)

: 현장 계측센서 설치(‘19.6.5 ~ ’ 19.6.24)

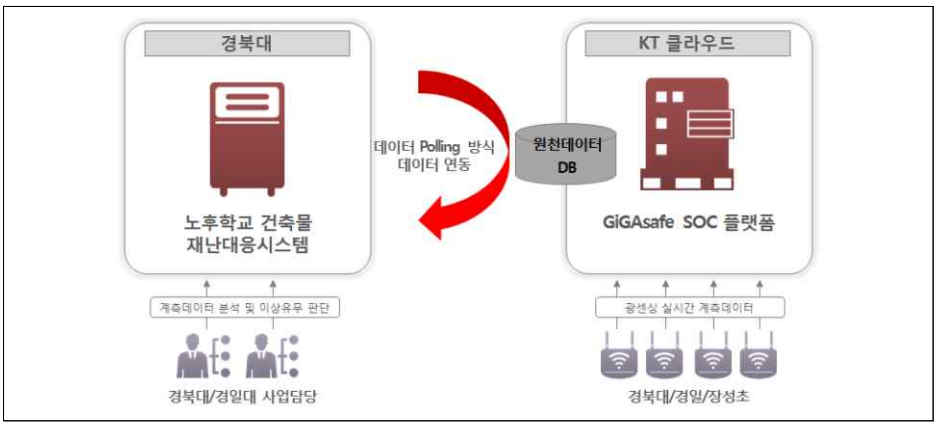
			

- 데이터 연동

: KT 클라우드 플랫폼(GiGAsafe SOC 서비스) 내 연동 기능 구현(‘19.5월)

: KT 클라우드 플랫폼 - 경북대 시스템간 데이터 연동(‘19.7월 ~)

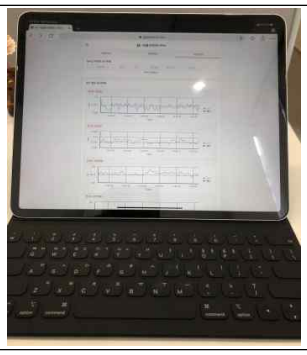
: 경북대 노후학교 건축물 재난대응 시스템 연동데이터 분석 및 활용(‘19.8월 ~)



■ 테스트 베드

• 테스트 베드 환경 구축

- PC 기반 웹서비스 접속 및 모바일 서비스 접속 가능
- 모바일 태블릿 활용 실시간 계측데이터 확인
- PC(노트북 활용) 실시간 데이터 수신상황 확인 및 플랫폼 커스터마이징, 기능개선 진행

- 테스트 베드 실시간 모니터링

- 경북대, 경일대, 장성초 설치 대상 17개 센서 실시간 계측 모니터링

- 계측데이터 통계

- 경북대학교 센싱데이터 통계(센싱데이터 평균)

광균열센서 – 경북대	센서 ID : CO01000029
	센서 타입: 광균열센서 통계기간 : 08.01 ~ 10.27 계측내역 : 구분 / 계측값 / 계측일시 최대값 / 0.3990 / 08.01 00:00:00 최소값 / 0.3979 / 08.25 12:40.00 평균 / 0.3985 / 08.01 ~ 10.27 이벤트 내역 : 없음
광 1축가속도센서 – 경북대	센서 ID : CO03000030
	센서 타입: 광 1축가속도 통계기간 : 08.01 ~ 10.27 계측내역 : 구분 / 계측값 / 계측일시 최대값 / 4.1741 / 08.01 07:20:00 최소값 / 0.2171 / 10.03 21:30.00 평균 / 0.2575 / 08.01 ~ 10.27 이벤트 내역 : 없음

- 경일대학교 센싱데이터 통계(센싱데이터 평균)

<table>
<tr><th>광균열센서 – 경일대</th><th>센서 ID : CO01000030</th></tr>
<tr><td> </td><td>센서 타입: 광균열센서
통계기간 : 08.01 ~ 10.27
계측내역 :
<table><tr><th>구분</th><th>계측값</th><th>계측일시</th></tr><tr><td>최대값</td><td>0.4990</td><td>08.01 17:30:00</td></tr><tr><td>최소값</td><td>0.4979</td><td>08.01 00:00:00</td></tr><tr><td>평균</td><td>0.4989</td><td>08.01 ~ 10.27</td></tr></table>이벤트 내역 : 없음</td></tr>
<tr><th>광1축가속도센서 – 경일대</th><th>센서 ID : CO03000031</th></tr>
<tr><td> </td><td>센서 타입: 광1축가속도센서
통계기간 : 08.01 ~ 10.27
계측내역 :
<table><tr><th>구분</th><th>계측값</th><th>계측일시</th></tr><tr><td>최대값</td><td>0.5571</td><td>08.07 13:50:00</td></tr><tr><td>최소값</td><td>0.3402</td><td>08.27 08:20.00</td></tr><tr><td>평균</td><td>0.4294</td><td>08.01 ~ 10.27</td></tr></table>이벤트 내역 : 없음</td></tr>
</table>

- 포항 장성초 센싱데이터 통계(센싱데이터 평균)

<table>
<tr><th>광균열센서#1 – 장성초</th><th>센서 ID : CO01000031</th></tr>
<tr><td> </td><td>센서 타입: 광균열센서
통계기간 : 08.01 ~ 10.27
계측내역 :
<table><tr><th>구분</th><th>계측값</th><th>계측일시</th></tr><tr><td>최대값</td><td>0.3457</td><td>10.06 09:30:00</td></tr><tr><td>최소값</td><td>0.2739</td><td>08.12 18:00.00</td></tr><tr><td>평균</td><td>0.3227</td><td>08.01 ~ 10.27</td></tr></table>이벤트 내역 : 없음</td></tr>
<tr><th>광균열센서#2 – 장성초</th><th>센서 ID : CO01000032</th></tr>
<tr><td> </td><td>센서 타입: 광균열센서
통계기간 : 08.01 ~ 10.27
계측내역 :
<table><tr><th>구분</th><th>계측값</th><th>계측일시</th></tr><tr><td>최대값</td><td>0.3575</td><td>08.22 09:30:00</td></tr><tr><td>최소값</td><td>0.3175</td><td>08.05 15:40.00</td></tr><tr><td>평균</td><td>0.3329</td><td>08.01 ~ 10.27</td></tr></table>이벤트 내역 : 없음</td></tr>
<tr><th>광변형률센서#1 – 장성초</th><th>센서 ID : CO02000004</th></tr>
<tr><td> </td><td>센서 타입: 광변형률센서
통계기간 : 08.01 ~ 10.27
계측내역 :
<table><tr><th>구분</th><th>계측값</th><th>계측일시</th></tr><tr><td>최대값</td><td>443.55</td><td>08.04 15:30:00</td></tr><tr><td>최소값</td><td>282.67</td><td>10.24 16:40.00</td></tr><tr><td>평균</td><td>362.95</td><td>08.01 ~ 10.27</td></tr></table>이벤트 내역 : 없음</td></tr>
<tr><th>광변형률센서#2 – 장성초</th><th>센서 ID : CO02000005</th></tr>
</table>

센서 타입: 광변형률센서
통계기간 : 08.01 ~ 10.27
계측내역 :

구분	계측값	계측일시
최대값	146.88	08.05 16:50:00
최소값	-58.41	10.21 07:50.00
평균	40.20	08.01 ~ 10.27

이벤트 내역 : 없음

광변형률센서#3 – 장성초

센서 ID : CO02000006

센서 타입: 광변형률센서
통계기간 : 08.01 ~ 10.27
계측내역 :

구분	계측값	계측일시
최대값	424.57	08.05 09:50:00
최소값	165.92	10.20 07:30.00
평균	279.36	08.01 ~ 10.27

이벤트 내역 : 없음

광1축가속도센서#1 – 장성초

센서 ID : CO03000032

센서 타입: 광1축가속도센서
통계기간 : 08.01 ~ 10.27
계측내역 :

구분	계측값	계측일시
최대값	46.015	08.03 13:50:00
최소값	0.304	09.24 03:10.00
평균	0.799	08.01 ~ 10.27

이벤트 내역 : 없음

광1축가속도센서#2 – 장성초

센서 ID : CO03000033

센서 타입: 광1축가속도센서
통계기간 : 08.01 ~ 10.27
계측내역 :

구분	계측값	계측일시
최대값	50.172	08.03 15:20:00
최소값	0.2756	09.27 22:50.00
평균	0.6293	08.01 ~ 10.27

이벤트 내역 : 없음

광온도센서#1 – 장성초

센서 ID : CO12000022

센서 타입: 광온도센서
통계기간 : 08.01 ~ 10.27
계측내역 :

구분	계측값	계측일시
최대값	29.568	08.12 15:50:00
최소값	17.752	10.18 14:10.00
평균	23.513	08.01 ~ 10.27

이벤트 내역 : 없음

광온도센서#2 – 장성초

센서 ID : CO12000023

센서 타입: 광온도센서
통계기간 : 08.01 ~ 10.27
계측내역 :

구분	계측값	계측일시
최대값	31.256	08.01 16:50:00
최소값	17.371	10.16 09:30.00
평균	23.578	08.01 ~ 10.27

이벤트 내역 : 없음

광온도센서#3 – 장성초

센서 ID : CO12000024

센서 타입: 광온도센서
통계기간 : 08.01 ~ 10.27
계측내역 :

구분	계측값	계측일시
최대값	30.293	08.01 16:30:00
최소값	17.470	10.16 09:40.00
평균	23.506	08.01 ~ 10.27

이벤트 내역 : 없음

광온도센서#4 – 장성초

센서 ID : CO12000025

센서 타입: 광온도센서
통계기간 : 08.01 ~ 10.27
계측내역 :

구분	계측값	계측일시
최대값	30.929	08.12 14:30:00
최소값	18.001	10.21 08:10.00
평균	24.336	08.01 ~ 10.27

이벤트 내역 : 없음

광온도센서#5 – 장성초

센서 ID : CO12000026

센서 타입: 광온도센서
통계기간 : 08.01 ~ 10.27
계측내역 :

구분	계측값	계측일시
최대값	31.306	08.02 17:10:00
최소값	18.105	10.21 08:30.00
평균	24.237	08.01 ~ 10.27

이벤트 내역 : 없음

광온도센서#6 – 장성초

센서 ID : CO12000027

센서 타입: 광온도센서
통계기간 : 08.01 ~ 10.27
계측내역 :

구분	계측값	계측일시
최대값	30.365	08.02 17:20:00
최소값	18.190	10.21 08:30.00
평균	24.078	08.01 ~ 10.27

이벤트 내역 : 없음

(7) 재난모사 피난실험 실시 및 현장실증

■ 1차 대피실험을 통한 효율성 검증

- 실험의 개요

- 1차 대피실험은 본 과제의 테스트베드인 장성초등학교에서 실시함.
- 대피실험은 개인이 대피하는 상황을 가정하여 수행되었으며, 8월 19일부터 20일까지 이틀에 걸쳐 총 20명의 피실험자를 대상으로 실시함.
- 모든 피실험자는 현장에 도착하여 30분간 건물의 구조에 대한 학습을 실시하였으며, 실험 이전 모든 피실험자에게 건물의 평면도를 배포하여, 건물의 구조를 인지하도록 하고 실험에 참가함.

[1차 실험 대상지]

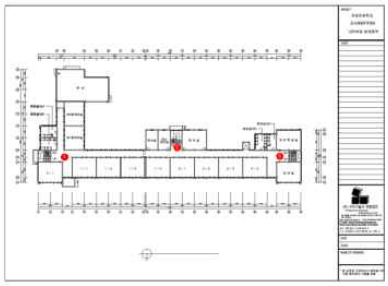
- 실험 일시 : 방송장비 설치 완료 이후부터 ~ 8월 20일 19시 이전
- 실험 장소 : 장성초등학교 4층부터 1층까지
- 실험 방법 : 한명의 피실험자는 앱을 사용하지 않을 때(1번)와 사용 할 때(2번)의 두 번의 대피실험에 참가함.
  : 1번 실험은 방송 및 앱으로 정보를 알려주지 않으며 실험시나리오(위험, 이동불가지역)만 제시 - 실험스탭의 지시에 따라 대피를 시작함.
  : 2번 실험은 방송 및 앱으로 정보를 전달해주며, 실험시나리오(위험, 이동불가지역)을 제시
- 실험순서 : 피실험자 그룹은 실험시작 30분 전 현장에 도착하여, 실험에 대한 간단한 설명과 주의사항을 들음.
  : 모든 피실험자가 대기공간에 도착하면, 실험 시나리오(위험지역)을 설정한다.
  : 4층의 대기공간에 도착한 피실험자는 액션캠을 착용하고 실험에 참가함. (이때 방송 및 앱은 작동하지 않음)
  : 1번 실험에 참가한 피실험자는 실험종료 후 실험스탭의 안내(액션캡 전원 버튼 종료)를 받아 1층(1층 대기공간)에서 대기

: 한 그룹의 1번 실험이 종료되면, 실험스탭은 실험 시나리오를 재 설정

: 피실험자는 스탭 1의 안내에 따라 4층으로 이동

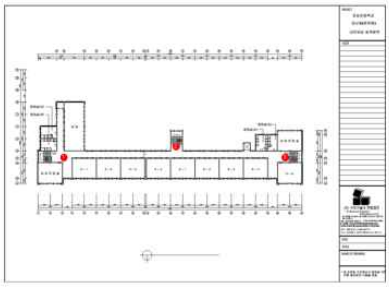
: 각 피실험자는 방송과 앱을 활용하여, 2번 실험에 참가하며 실험 종료 시 실험은 끝나게 됨.

1층



2층

3층



4층

< 장성초등학교 센서 위치 >

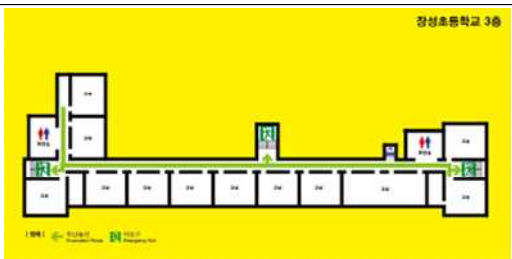
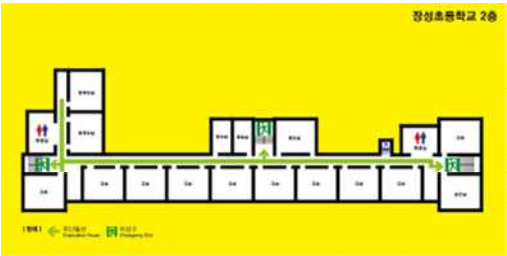
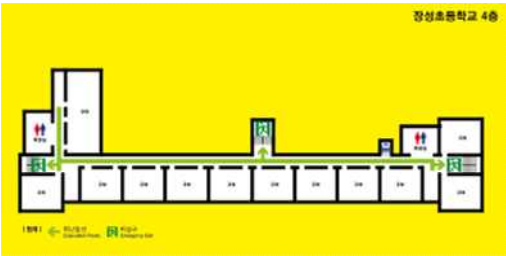
- 실험시나리오

< 1차 대피실험 Case 구분 >

시나리오	앱, 방송설비 사용	작동센서(층-번호)	기타
1	사용 안함	4-3, 3-1, 2-2, 1-3	동일
2	사용	4-1, 3-3, 2-2, 1-1	

- 모든 피실험자는 대피안내시스템의 사용유무에 따른 2번의 실험에 참가함.
- 이때 두 번의 시나리오는 좌우로 대칭이동하여 총 대피동선의 길이는 동일하게 실시함.

< 장성초등학교 피난안내도 >

1층		3층	
2층		4층	

- 평가 및 기록 & 실험장비

- 피실험자용 핸드폰 - 온품의 핸드폰을 빌려서 사용하거나 공기계를 사용한다.
- CCTV 촬영 - 3층 중앙현관에 설치
- 액션캠 활용 - 4개의 액션캠 활용

< 장성초등학교 대피실험 활용장비 >

- 대피실험 결과

< 장성초등학교 대피실험 결과 >

- 장성초등학교에서 1차 대피실험을 실시하고 결과분석을 수행한 결과는 위 그림과 같음
- 대피안내시스템을 사용하여 대피할 때(case 1)의 대피시간(132.0초)은 대피안내시스템을 사용하지 않고 대피할 때(case2) 대피시간(165.5초))에 비해 20.25% 감소하는 것으로 나타남.
- 또한 위험 지역을 진입하는 빈도는 case 1에서 2.58회, case 2에서 1.25회로 나타남.
- 즉 대피안내시스템은 대피시간의 감소와 위험지역 진입 감소에 효율적인 것으로 나타남.

■ 2차 대피실험을 통한 효율성 검증

• 실험의 개요

- 경일대학교에서 2차 대피실험을 실시함.
- 2차 대피실험의 군집이 대피하는 상황을 가정하여 수행되었으며, 총 71명 (case 1 : 35명, case 2 : 36명)의 피실험자를 대상으로 실험을 실시하였다. 대피안내시스템의 사용여부에 따른 대피실험을 실시하였으며, 대피안내시스템 사용여부에 따른 대피시간의 차이를 검증함.
- 실험 일시 : 2019년 9월 26일 (목) 16:00 - 16:30
- 실험 장소 : 경일대학교 3층부터 1층까지
- 실험 방법 : 대피안내시스템의 사용 유무에 따른 대피실험으로 2개의 그룹의 피실험자가 대피실험을 실시 (그룹 1 - 대피안내시스템 사용하지 않음, 그룹 2 - 대피안내시스템 사용)
  : 작동 센서 : 1-1, 1-2, 1-3, 2-1, 2-2 (총 5개의 센서에 화재위험단계의 동시신호 발생)
- 실험 순서 : 실험스탭의 신호에 따라 1차 대피실험 실시
  : 대피실험 종료 후 그룹 1 피실험자가 다시 건물로 들어오지 못하도록 조치
  : 2차 실험준비가 완료되면 김기홍박사님과 온품의 대피알람과 함께 2차 대피실험 실시

• 실험시나리오

< 실험 시나리오 >

시나리오	피실험자		사고 /신호발생	작동센서 (층-1번호)	이동금지구역
	앱 사용	앱 미사용			
1		O	동시	1-1, 1-2, 1-3, 2-1, 3-1	3층 중앙계단 2층 좌측계단
2	O		동시	1-1, 1-2, 1-3, 2-1, 3-1	

< 2차실험 대상지 (경일대학교) 전경 >

<작동 센서의 위치 및 카메라 설치 위치>

- 평가 및 기록 & 실험장비
  - 총 13대의 CCTV 카메라를 활용하여 대피시간을 측정

- 대피실험 결과

<경일대학교(2차) 대피실험>

<경일대학교 대피실험 결과>

- 경일대학교에서 2차 대피실험을 실시하고 결과분석을 수행한 결과는 위 그림과 같다.
- 대피안내시스템을 사용하여 대피할 때(case 1)의 대피시간(263.0초)은 대피안내시스템을 사용하지 않고 대피할 때(case2) 대피시간(211.0초))에 비해 19.77% 감소하는 것으로 나타남
- 즉 대피안내시스템은 대피시간의 감소에 효율적인 것으로 나타남.

나. 실시간 재난 대응을 위한 스마트 재난 경보 및 대피안내 시스템 구축

(1) 사용주체 특성을 고려한 맞춤형 통합경보시스템 설계

■ 통합경보시스템 SOA 및 사용주체에 따른 적정 경보시스템 형태 도출

- 통합경보시스템 SOA

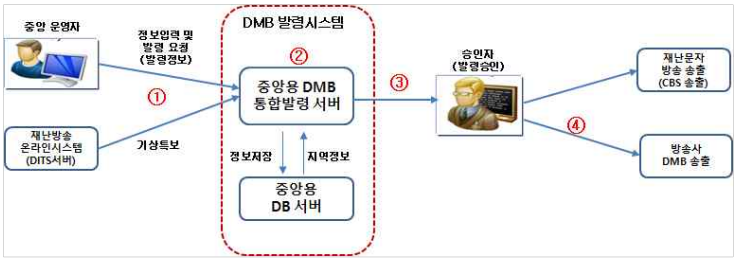
  - 서비스 지향성 아키텍쳐(SOA) 설계
  - 앱(push), 웹/DB, 통합경보, 옥내방송 서비스 아키텍쳐 설계

- 사용주체별 맞춤형 적정 경보시스템 도출

  - 사용자(관리자, 교직원, 학생)을 대상으로 대피안내가이드를 제공하는 스마트폰 앱 설계

  - 지진, 붕괴, 화재 등으로부터 건물의 위험단계를 판단하기 위해 센서 정보를 수집 및 판단하는 시스템과 연계하여 자동으로 대상 학교의 교내방송시스템과 연계하고 경보방송을 수행 하도록 설계
  - 재난상황발생 시 지역별, 학교별 재난경보방송 수행 가능하도록 설계
  - 사용주체에 따른 적정 경보방송을 수행 가능하기 위해 국토부에서 제공하는 V-World 기반의 GIS맵을 활용하여 경보시스템 설계
  - 그룹별 맞춤형 발령 가능하도록 시스템 설계

- 기존 재난경보방송 시스템

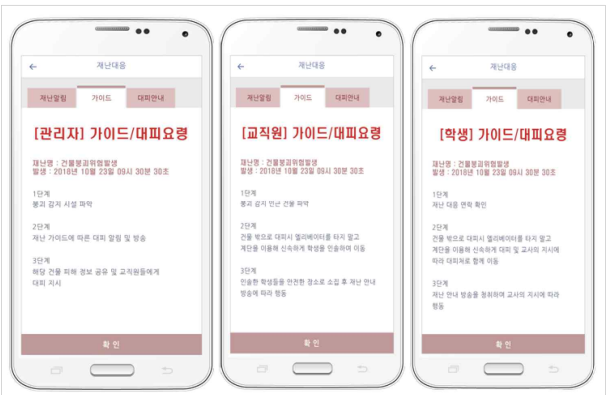


<DMB 재난경보방송>

- 기존 재난경보방송시스템은 재난상황발생 시 운영자의 판단에 의해 방송을 수행하는 시스템으로 센서정보와 연계하여 자동으로 경보방송이 이루어지지 않음
- 기존 경보시스템으로는 민방위경보시스템, DMB재 난방송시스템, CBS 재난문자시스템 등이 있음

■ 사용자 맞춤형 경보 및 피난유도 구현을 위한 대상 분류별 UI/UX 설계

- 스마트폰 앱 UI(UX) 설계
  - Xamarin 아키텍처를 활용으로 안드로이드, iOS 운영 앱 개발 가능
  - 대피안내화면, 재난대응가이드화면, 재난정보표시화면 설계
- 사용자 맞춤형 경보 및 피난유도 대피안내 메시지 표출을 위한 UI/UX 설계



- 관리자용 앱은 학교관리자, 학교 건물 관리자를 대상으로 건물 변동 정보를 수신하여 건축물 유지관리 및 재실자 대피안내 가이드 제공
- 교직원용 앱은 스마트폰을 소지 하고 있지 않은 학생들 또는 자발적인 대피능력이 부족한 학생들을 대상으로 피난유도 및 안내를 도울 수 있는 최적화된 재난상황에 따른 대피안내 가이드 제공

- 학생용 앱은 재난상황 발생 시 자발적으로 대피가 가능하도록 재난상황에따라 대피 안내 가이드 제공
- 스마트폰 앱을 통한 피난유도

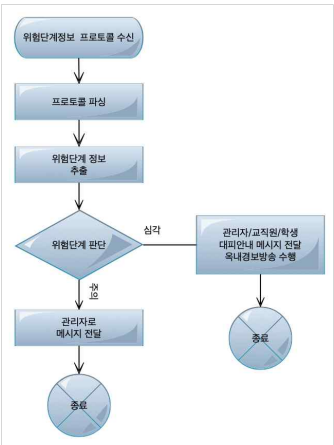
■ 경보체계 위계설정 등, 재난경보 의사결정 및 경보발령 프로세스 작성

• 경보체계 위계설정(위험단계판단설정)

- 통합안전관리시스템의 건물변동데이터와 연동하여 재난 위계 정보 수신 및 활용 설계
- 주의, 심각 단계 정보 및 센서 정보 수신
- 운영자 대피안내결정을 통한 재난대피 및 안내메시지 전송 설계

• 대피안내시스템(의사결정) 방안 설계

- 대피안내시스템 결정 방안 설계
- 대피안내 결정(의사결정) 프로세스 설계
- 발령/조작/관리 화면 및 이력조회 화면 설계

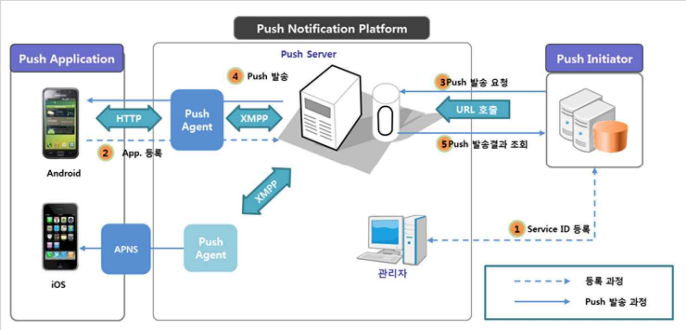


■ 다-매체 재난경보 전파 시스템 요소 모듈 설계 (경보, 피난유도시스템 APP, 옥내 외 경보시스템 등)

• 다매체 재난경보 전파시스템 요소모듈 설계

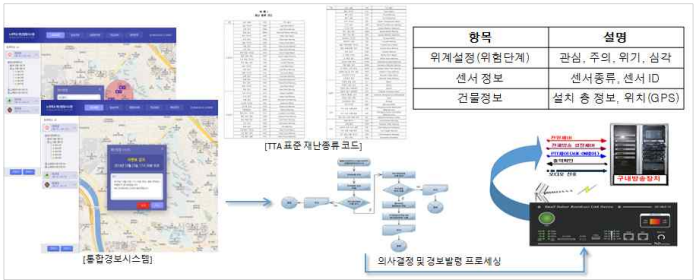
- 스마트폰 앱

: Push 서비스(이동통신망): 재난경보. 관리자 및 재실자의 스마트폰 앱을 통하여 재난경보 및 대피안내메시지를 전파 하도록 설계

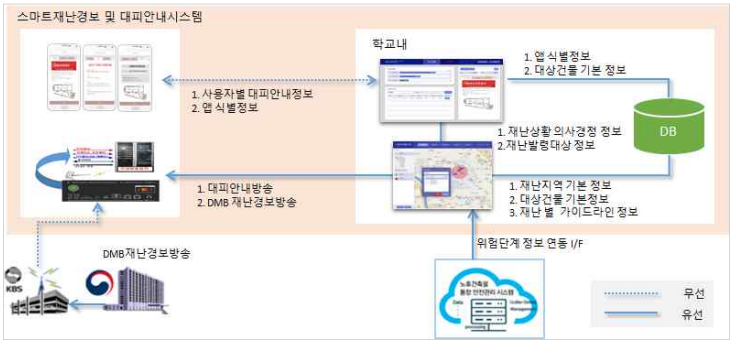


- 옥내경보시스템

: 이더넷 발령: 건물 내 재난경보 방송. 로컬에서 재난경보발령 시 이더넷을 추가로 활용하여 다매체 경보발령이 가능하도록 설계



: DMB 발령: 재난경보방송. 재난상황실의 DMB시스템과 연계하여 DMB을 활용한 재난경보방송이 가능하도록 설계



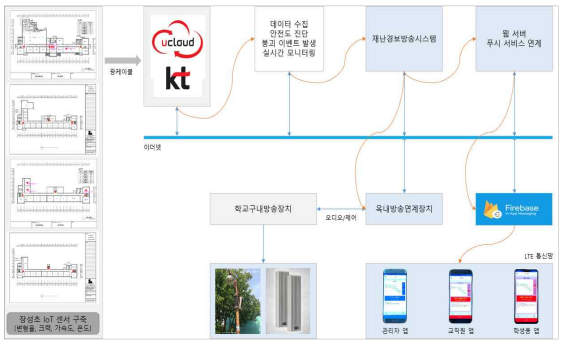
: 재난경보발령시스템을 활용한 학교 내 방송시스템 연계 설계

- 웹 서버, 재난경보발령시스템 연계를 통한 재난대피안내 방송 설계
  - 웹 서버를 활용한 스마트폰 앱 대피안내정보 전달

(2) 실시간 스마트 모니터링 기반 스마트 대피안내 시스템 구현

■ 다매체 통합경보시스템 구현 및 적용

- 통합경보시스템 개발
  - 시스템 구성도



: KT 클라우드 서버는 수집한 건물 내 센서정보를 수집/분석하여 붕괴/화재에 대한 이벤트 발생

: 재난경보방송시스템은 이벤트 정보를 웹서버 및 옥내방송연계장치로 전달

: 웹서버는 푸시 서비스를 이용하여 건물 내 스마트폰 사용자에게 알림메시지 전달

: 스마트폰 앱은 관리자용, 교직원용, 학생용을 구분하여 사용자에 적합한 대피안내 메시지 표출

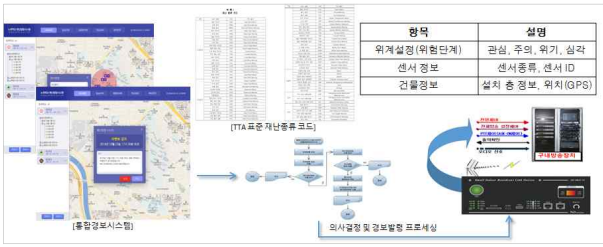
- 통합경보시스템 구현

: 평상시 주의, 심각 단계 정보 및 센서 정보 수신

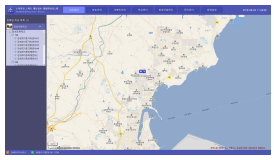
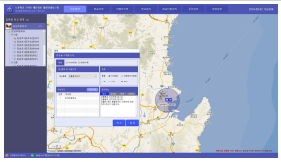
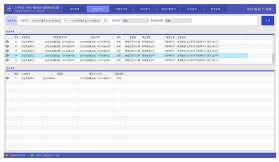
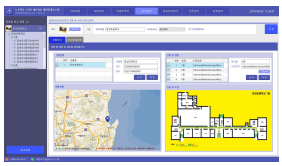
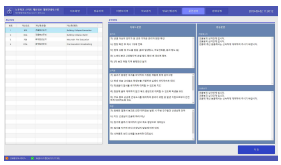
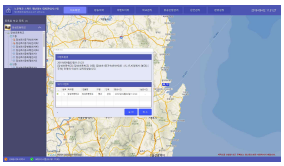
: 관리자 대피안내결정을 통한 재난대피 및 안내메시지 전송 구현

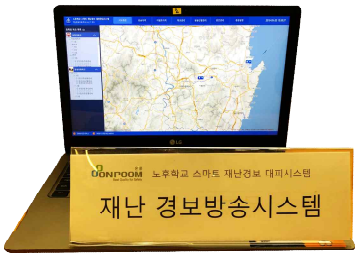
: DMB 매체를 선택하여 행정안전부 DMB 재난방송 시스템을 통한 DMB 발령도 가능

: 행정안전부 DMB 재난방송시스템에서 방송한 내용이 학교 내에 연동한 구내방송연계장치를 통하여 방송됨을 시험함



- 구현된 주요 프로그램 모습

	
[초기화면]	[재난경보발령 화면]
	
[이력조회]	[학교관리]
	
[문안관리]	[승인 관리]



<재난경보방송시스템>

<웹 시스템>

- 스마트폰 앱 개발

- 스마트폰 앱 UI(UX) 구현

: Xamarin 아키텍처를 활용으로 안드로이드, iOS 운영 앱 개발 구현

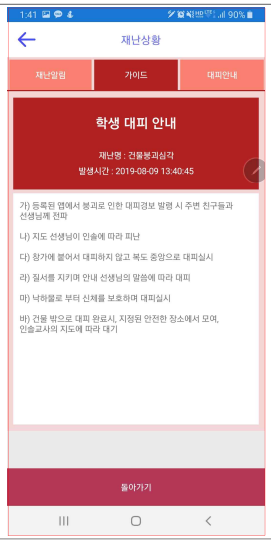
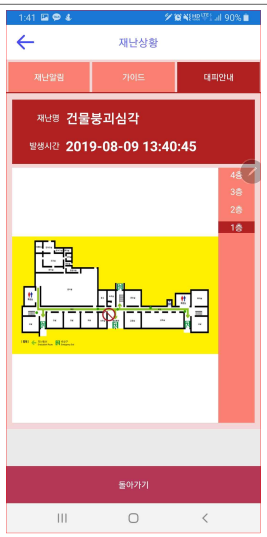
: 대피안내화면, 재난대응가이드화면, 재난정보표시화면 구현

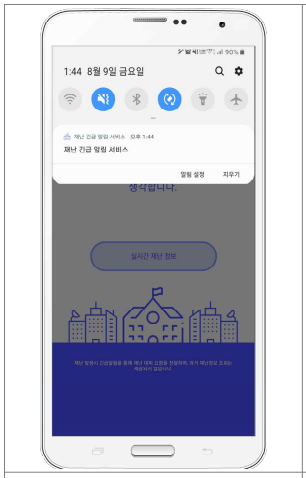
- 스마트폰 앱(사용주체 구분)

스마트폰 앱(관리자용)		스마트폰 앱(교직원용)	
[주의단계]	[심각단계]	[주의단계]	[심각단계]

스마트폰 앱(학생용)	
[주의단계]	[심각단계]

- 스마트폰 앱 주요화면

			
[재난알림]	[대피가이드]	[대피안내(심각)]	[대피안내(주의)]



[푸시 알림]

[관리자 승인(주의)]

- 테스트베드 탑재 및 시험

- 테스트베드 설치 모습

[주의단계]

[심각단계]

: 테스트베드 탑재 후 기능 시험 완료

: 시스템 연계 시험 완료

[주의단계]

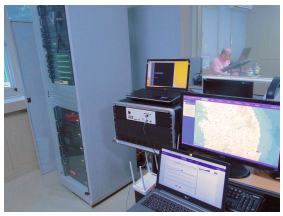
[심각단계]

: 재난알림 푸시 메시지 수신 및 정보 확인

: 대피안내 지도 및 대피 가이드 정보 확인

- 현장 시험 및 검증

- 다매체 통합경보 시스템 현장 검증

	
[포항 장성초등학교]	[경일대학교]

: 현장 실험을 위한 시스템 현장 설치(재난경보방송 시스템, 웹시스템, 시험용 스마트폰)

: 현장 구내방송 연계시험을 위한 방송연계장치 설치

: 건물 내 재난상황 이벤트 수신 후 스마트폰으로 푸시메시지 전송 및 구내방송시스템 연계하여 재난방송 전파 확인 및 검증

: 현장 시험 및 검증 자료 결과 제출

- App 작성 여부 수신율 99%

: 관리자, 교직원, 학생용 App 개발 App 수신율 100%

: 성과달성 확인서는 주관기관에 제출하였으며, 달성 확인은 제출된 동영상으로 확인 가능

:

2) 성과점검 기준

핵심 성과물 (CTE)	단위 성과물		성과점검기준					
			질적 성과지표	목표치	달성치	측정 방법	검증 방법	해당 기관
실시간 재난 대응을 위한 스마트 재난 경보 및 대피안내 시스템 구축	실시간 스마트 모니터링 기반 스마트 대피안내 시스템 구현	①	재난정보 대피안내 APP 도달율	99%	100%	실측 검증	실측 보고서	㈜은품
		②	다매체 대피안내 재난방송 전송시간	5초 이내	3.8	실측 검증	실측 보고서	

① 재난정보 대피안내 APP 도달율 측정방법

- 대피실험 참가한 피실험자를 대상으로 앱을 설치하고 대피안내 메시지를 보낼 때 응답하는 앱의 수를 웹 시스템에서 비교

- (앱 응답 수/앱 설치 수)*100 = 100%

<수신율 달성 확인>

- 시스템 구현여부 재난방송 전송/표출 시간(5초 이내)

: 재난방송시스템, 웹서버시스템 구현 재난방송 전송시간 약 3.8초

: 성과달성 확인서는 주관기관에 제출하였으며, 달성 확인은 제출된 동영상으로 확인 가능

2) 성과점검 기준

핵심 성과물 (CTE)	단위 성과물	성과점검기준						
		질적 성과지표		목표치	달성치	측정 방법	검증 방법	해당 기관
실시간 재난 대응을 위한 스마트 재난 경보 및 대피안내 시스템 구축	실시간 스마트 모니터링 기반 스마트 대피안내 시스템 구현	①	재난정보 대피안내 APP 도달율	99%	100	실측 검증	실측 보고서	㈜온품
		②	다매체 대피안내 재난방송 전송시간	5초 이내	3.8	실측 검증	실측 보고서	

① 재난정보 대피안내 APP 도달율 측정방법

- 대피실험 참가한 피실험자를 대상으로 앱을 설치하고 대피안내 메시지를 보낼 때 응답하는 앱의 수를 웹 시스템에서 비교
- (앱 응답 수/앱 설치 수)*100 = 100%

② 다매체 대피안내 재난방송 전송시간 측정방법

- 재난 이벤트 발생 동영상 촬영(붕괴/화재, 주의/심각). 스톱워치 사용
- 재난 이벤트 발생 수신 시작부터 방송연계장치 동작 시작 시점까지 스톱워치를 포함한 영상 촬영(동영상 화면에 초 단위 시간 카운팅)
- 최종 결과 확인 방법 : 동영상 3.8 s

<전송시간 달성 확인>

다. 노후 학교건축물 특성을 고려한 재난 대응 가이드라인 작성

(1) 재난대응가이드라인 검토 및 개선안 제시

■ 학교 건축물의 재난대응 매뉴얼의 개선방안 도출

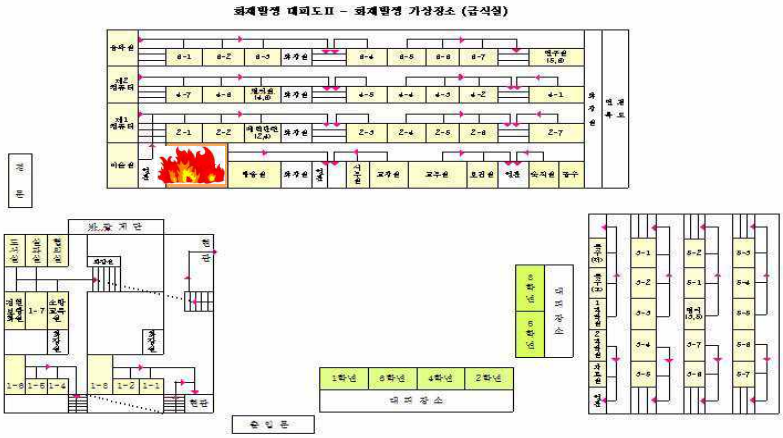
- 학교 건축물의 안전관리 매뉴얼 및 재난 대응 매뉴얼의 문제점 분석

- 국내에서 각 지방교육청에서 재난관리 행동 매뉴얼을 제작하여 배포하고 있고, 이외에 학교시설관리매뉴얼, 시설물 유지관리 지침서, 교육시설 안전점검 매뉴얼, 학교 안전점검 종합 매뉴얼, 학교시설물 유지관리 요령, 유치원 시설안전관리 매뉴얼, 교육시설 운영관리 표준 매뉴얼 등 다양한 형태의 매뉴얼이 개발되어 활용되고 있음.
- 현재 국내의 학교시설 관련 매뉴얼과 내용적으로 포함하고 있는 주요 사항을 당해연도 연구에서 분석하여 아래의 표와 같이 정리하였음.

<국내 학교시설 관련 매뉴얼과 내용>

구분 \ 내용	내용
학교시설관리 매뉴얼	건축, 토목, 기계, 전기, 통신, 소방 분야별 유지관리 요령 및 보수기법, 안전점검 방법
시설물 유지관리 지침서	일반인 상황에서 학교 시설을 관리하기 위해 건축, 토목, 조경, 전기, 정보통신, 소방, 기계, 어린이놀이 시설 등의 분야에 대한 안전점검 및 시설 유지관리 방법
교육시설 안전점검 매뉴얼	화재나 각종 재난사고를 대비하여 전기, 기계, 소방, 가스시설에 대한 안전점검 방법과 조치방법에 대한 내용
학교 시설물 유지관리 및 안전관리 매뉴얼	학교시설의 유지관리 요령과 해당 시설 별 담당자 및 법적 규정, 사례 및 점검표에 대한 전반적인 내용
교육시설 재난관리 행동 매뉴얼	재난 유형별 전반적인 위험요소, 상황보고 체계 및 관련 앱과 정보 취득방법 등에 대한 내용
교육시설 운영관리 표준 매뉴얼	건축물의 균열, 누수, 기계적 결함 및 설비의 이상에 대해 조치하기 위한 정비방법 및 시설 관리 점검표

- 개발된 매뉴얼의 종류에 따라 중점적으로 다루는 내용은 상이하지만 몇몇의 유형의 경우 동일한 체계와 내용을 구성하고 있음.
- 교육시설 재난관리 행동 매뉴얼의 경우 재난상황의 대응에 있어 지역이나 물리적 현황에 대한 고려 없이 일원화 되어 있는 경우가 많음.
- 일부 사례에서는 해당 건축물에 대하여 실제 대피동선을 제공하여 유효성을 찾아 볼 수 있는 사례도 존재함.



<실제 건축물의 동선을 행동 매뉴얼에 기재한 예시자료>

- 그러나 이러한 사례 역시 실제 대피에 유효한 동선을 추출하기 위한 정량적인 근거는 부재할 수 밖에 없는 실정임.
- 과거에는 학교시설 재난 대응 매뉴얼에서 요구되었던 사항이 관리자들이 재난 상황을 보고하거나 기록할 수 있는 양식의 부재라는 연구결과가 있었으나 현재 재난대응 매뉴얼이나 관리 지침에서는 각 기관별로 일정한 양식을 제작하여 활용하고 있음을 확인하였음.
- 그러나 이러한 사례 역시 실제 대피에 유효한 동선을 추출하기 위한 객관적인 근거는 부재할 수 밖에 없는 실정임.
- 그동안 재난안전대응 매뉴얼에 대한 개선에 따라 매뉴얼 상에 예방-대비-대응-복구의 4단계에서의 행동지침을 규정하고 대응단계에서는 재난유형별로 관심, 주의, 경계, 심각의 4단계로 재구성하여 행동요령을 명시하고 있음.
- 현재 사용되는 학교 지진 대응 매뉴얼의 경우 1단계(4.0 미만), 2단계(4.0~4.9 미만), 3단계(5.0이상) 총 3단계로 지진 규모별 학교 조치기준을 명시하고 있음.

지진 규모별 학교 조치 기준

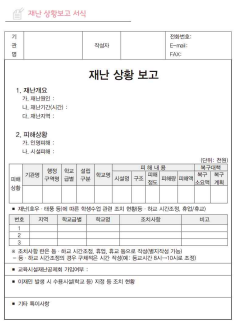
구분			1단계	2단계	3단계
규모 및 진도도			4.0 이만(해역 5, 0이상) 또는 지역최대진도 V	4.0 ~ 4.9(해역 5.0~5.9) 또는 지역최대진도 V	5.0 이상(해역 6.0이상) 또는 지역최대진도 VI 이상
근무 형태	주간		• 정상 근무 • 상황 관리	• 전교직원 근무 • 대응조직 활동	• 전교직원 근무 • 대응조직 활동
	야간 · 주말	비상연락체계	• 카톡(모바일) 사용하고 • 상황매뉴얼 참조, 전화	• 전교직원 복귀 • 대응조직 소집 • 상황매뉴얼 참조, 전화	• 상황반 근무 • 카톡(모바일) 복귀 • 대응조직 소집 • 상황매뉴얼 참조, 전화
상황반 설치			• 미설치	• 설치유명무실 (일부 이유로는 학교장 판단)	• 설치유명무실 • 홈페이지 관리 • 교육 활동 중지
교육 활동			• 정상 운영	• 교육 활동 중지	• 임시휴업 조치 (지역 일제조)
학생 안전 조치			• 대피 이후 학교 판단 • 학생 보호시기 변동될 노인 분리, 장애인 분리등 임시대피 안전	• 대피 실시	• 대피 및 귀가 실시 • 안내소 방법에 안전하게 등 학생 인솔방법 미리 실시
정서위기 조치			• 정서 · 심리적 안정 및 보호	• 대피장소 지원인력 동행 • 정서 · 심리적 안정 및 보호	• 대피장소 지원인력 동행 • 정서 · 심리적 안정 및 보호
보호자 연락 방법			• 가능한 문자수신 시 (규모 3.0 이상)	• 조치 사항 안내	• 조치 사항 안내
보고			• 상황일지 작성 • 상황 종료 후 학부모사항 보고	• 상황일지 작성 • 상황 종료 후 학부모사항 보고	• 상황일지 작성 • 상황 종료 후 학부모사항 보고

< 지진 규모별 학교 조치 기준>

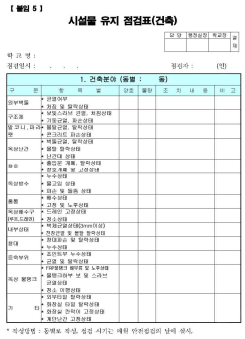
- 규모 4.0미만의 경우에는 학교 자체 판단을 통해 대피여부를 판단하도록 하고 있으며 이

상부터는 대피를 실시하는 것으로 명시하고 있음.

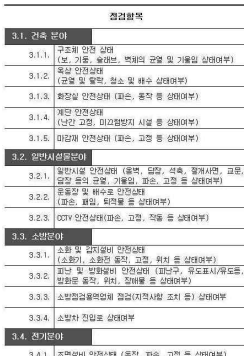
- 따라서 본 연구를 통해 개발된 매뉴얼은 피난이 필요한 규모 4.0이상인 경우와 자체적으로 피난이 필요한 상황에서 적용할수 있음.
- 그러나, 이 또한 노후학교에 내재된 재난취약특성을 대응 매뉴얼에서 포함하고 있지는 않음. 예를 들면 주의 단계에서 재해 위험요소 점검이 필요한데 노후 학교건축물에서 재해 위험요소가 될 수 있는 부분은 신축학교랑 상이 할 수 밖에 없고 그에 대한 위치와 취약특성을 명확히 규정할 필요가 있음.



<재난상황 보고 양식 예시>



<학교 시설물 유지 점검 양식예시>



<안전진단 점검항목 예시 사례>

- 이에 따라 관리자가 주의 신호를 수신하였을 때 시설물을 단순점검 해야 하는지, 작동중지가 필요한지, 접근 금지를 해야 하는지 명확한 행동지침을 명시할 필요가 있을 것으로 판단됨.
- 학교 시설물 안전점검 매뉴얼 또는 기준에서는 주로 예방과 복구의 관점에서 정밀안전진단과 연계하여 구체적인 이상여부 확인 지침을 제시하고 있음.
- 그러나, 비전문가가 이상을 확인하기에는 어려운 문제들이 있으며, 노후학교 건축물의 경우 다수의 생활 손상으로 인해 이상 징후를 파악하기에는 어려움이 상대적으로 더 크다고 할 수 있음.

- 또한 정밀안전진단이나 작동기능 점검 등은 그 시기가 정해져 있어 인지하지 못한 외력의 발생이나 이상 징후 발생 시에는 즉각적인 대응에 어려움이 있음.
- 따라서 안전 검검 매뉴얼에서는 학교시설 관리자가 가시적으로 인지할 수 있는 위험 경보를 알려주고 이에 따른 체크리스트의 마련이 적절할 것으로 판단됨.
- 즉 아래의 표와 같이 건축물의 노후화에 대한 개념이 포함된 점검지표가 제시되고 있으나, 사용자 입장에서 지속적인 모니터링, 육안관찰 등에 따른 점검이 필요하다고 제시하고 있음.
- 이미 학교시설의 노후화가 진행되고 있는 상태에서 이러한 육안관찰 모니터링의 방법은 그 효율성을 기대할 수 없고 IoT센서 기술을 이용한 진단지침의 마련이 필요할 것으로 보임.
- 따라서 본 연구에서 개발한 실시간 모니터링 시스템을 접목하게 되면 규모와 별개로 피난이 요구되는 정도의 이상 신호를 센서가 감지하고 매뉴얼에 따라 대응을 실시함.

■ 재난대응 매뉴얼상 반영이 필요한 노후학교 건축물의 재난 취약 특성 분석

• 노후학교 건축물 재난 취약특성 분석

- 일반적인 학교 건축물과 달리 노후학교 건축물은 자체의 내구성이 저하됨에 따라 지진, 붕괴, 화재 등의 재난에 특히 취약하며, 구조부나 건축요소 별로 각기 다른 위험특성을 나타낼 수 있음.
- 화재, 노후로 인한 붕괴 및 파손 그리고 지진 등의 상황을 감안하였을 때 노후 학교건축물에서 피난이나 위험요소를 건축적 측면과 구조적 측면으로 구분할 수 있음.
- 이 외에 노후 학교 건축물의 건축적, 구조적 재난특성 외에도 학교건축물의 기본적인 배치특성은 ㄱ자형, ㄷ자형, ㅁ자형, F자형 등 12가지 유형으로 분류되는데 2개 이상의 배치형태를 조합한 결합형이 중, 고등학교 배치 형태에서 자주 나타나는 것을 확인할 수 있음.

<건축적 취약특성>

내용 / 요소	취약특성	취약 재난 유형
계단부	논슬립 재료의 내구성 저하	화재, 붕괴, 지진
복도부	전통적인 편복도 방식, 중복도 방식 적용에 따른 피난 인구 집중	화재, 붕괴, 지진
유리창	대부분의 학교가 3mm두께의 유리를 사용하고 있음에 따라 외력에 의한 파손	붕괴, 지진
문	미서기창이 대부분을 차지하여 화재시 연기의 배출과 피난속도 저하	화재, 붕괴, 지진
외장재	치장 벽돌을 사용하여 균열 및 탈락현상	붕괴, 지진

- 두 개의 유형이 조합되는 경우 건축물 간을 연결하는 방법으로 스카이브릿지가 주로 사용

되고, 노후학교 건축물의 경우 구조적 위험성이 내재되어 있음.

- 건축적 측면에서 발생할 수 있는 노후학교 건축물의 공통적인 재난 취약특성을 정리하면 표와 같음.
- 건축적 측면에서 노후학교 건축물의 재난 취약특성을 살펴보면 계단부의 논슬립 재료의 내구성이 저하되어 피난에 영향을 미치는 등의 문제가 발생함.
- 그리고 복도부의 경우 노후학교건축물은 대부분 편복도 방식과 중복도 방식을 적용하고 있어 특정 지점에서의 피난 병목현상이 발생할 위험성이 있다.
- 유리창의 경우 대부분의 노후 학교시설이 현대식의 학교 건축물보다 얇은 유리를 사용하고 있어 붕괴나 지진 등의 상황에 위협요소가 될 있음.
- 즉 매뉴얼 상에서 대피 방법에 대한 기본적인 지침으로 적용될 필요가 있음.
- 또한 문의 경우 노후 학교 건축물의 경우 미서기 창 형식의 교실문을 사용하는데 이는 화재 시 연기의 배출과 지진 등의 상황에서 문이 뒤틀리거나 피난 속도를 현저하게 저감시킬 수 있음.
- 이러한 위험성 역시 위급 시에 문을 강제로 개방하는 요령이나 지침이 포함되어 있어야 할 것임.
- 외장재의 경우 70-80년대에 지어진 건축물이 외장재로 치장벽돌을 사용하는데 이러한 경우 지진 등의 발생으로 인해 탈락되어 낙하물의 위험상황이 발생할 수 있음.

<구조적 취약특성>

내용 / 요소	취약특성	취약 재난 유형
슬래브	상하부의 규칙적인 균열과 변형(기둥 주변융기, 중앙부 처짐)	붕괴, 지진
기둥	경사균열과 수평균열, 피복 콘크리트 터짐, 주철근 노출, 변형	화재, 붕괴, 지진
보	단부 사인장 균열, 중앙부 휨 균열, 처짐	화재, 붕괴, 지진
축벽,옹벽	수평이동, 침하, 기울어짐, 균열과 변형(배부름) 등	붕괴, 지진
지반	기울음, 외벽 경사균열, 바닥 포장 부위 침하 및 균열	붕괴, 지진
자재	각부의 균열, 누수, 백화나 습율(결로)등, 철재부식, 폭열	`화재, 붕괴, 지진

- 구조부에 대한 재난위험 특성은 위의 표와 같이 정리할 수 있는데 대표적으로 노후로 인한 기둥이나 보의 균열 처짐 등과 같은 문제가 내제되어 있음.
- 이러한 경우 지진이나 화재가 발생하게 되면 기본적으로 내구성이 저하되어 있어 쉽게 파손되어 피난에 심각한 장애를 발생시킬 수 있음.
- 당해연도에 이와 같은 분석 결과에 따라 가이드라인의 방향성을 정립하였으며, 센서 설치를 통해 취득할 수 있는 값이 취약성에 대한 정량적인 값을 단계적으로 정리 될 필요성이

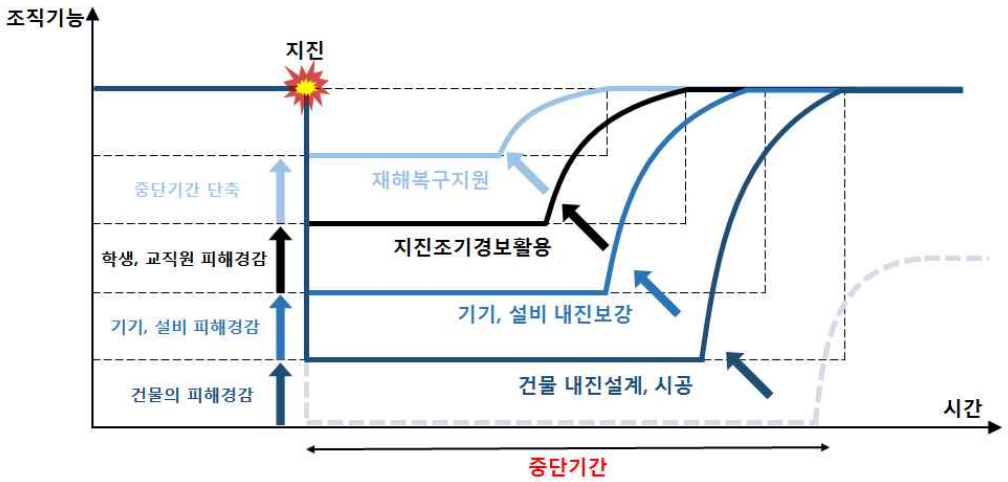
있음.

- 즉 관리자의 입장에서는 센서에서 전송된 수치와 경보가 어느 수준 대응을 요구하는 지에 대한 명확한 정리와 함께 가이드라인에서는 행동절차에 대한 연구가 병행되어야 직관적인 대응 가이드라인의 마련이 가능할 것임.

■ 학교 시설 안전확보를 위한 가이드라인의 방향 명확화

• 학교 시설 안전확보를 위한 가이드라인의 방향성 정립

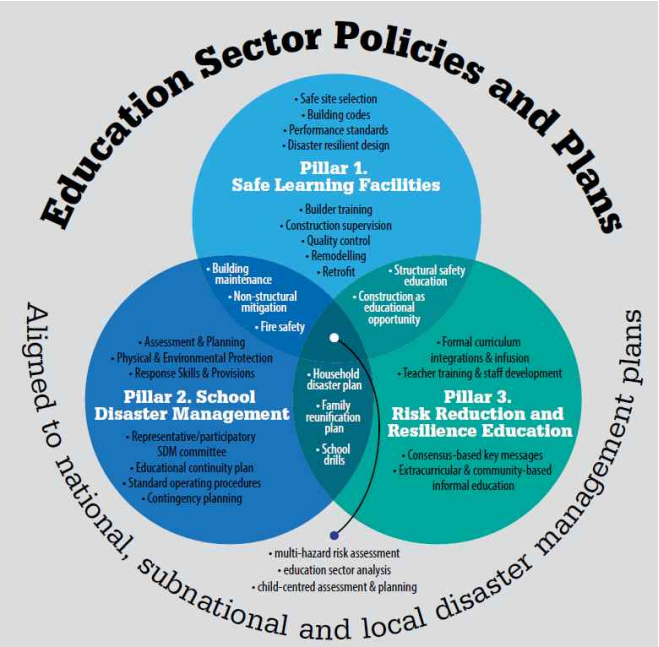
- 학교시설은 교육의 공간뿐만이 아니라 재난 상황 시 대피시설로의 역할도 수행하는 바 그 역할의 연속성을 유지할 수 있는 리질리언스의 개념도 가이드라인에 적용되어 야 할 것임.



<리질리언스 향상을 위한 지진대책 (출처 : 이호준, 2018)>

- 학교시설의 리질리언스 능력을 보유하고 있다는 것은 그만큼 피해의 경감과 교육 및 학교 공간의 연속성을 영위할 수 있다는 의미로 귀결됨.
- UNISDR 외(2014)는 학교의 안전확보를 위해 아래의 그림과 같이 3가지 핵심요소를 제시하였다. 1) 학교재난안전 관리(안전한 곳에 학교배치 및 재난대비 설계, 개조 및 교체, 대피계획, 교육연속성을 위한 대체시설 계획 등), 2) 안전한 학습시설(위험요소 식별, 조기경보 및 조기행동 시스템 계획, 정기적인 훈련, 각 학교의 특정 환경에 맞는 표준운영절차 등), 3) 위험저감 및 회복 교육(학생 및 교사를 위한 양질의 교육 및 학습자료 개발, 지역사회와의 효과적 통합을 위한 참여확대 전략 개발 등)
- 하지만 현재까지 국내에서는 학교시설의 교육연속성을 확보하기 위한 연구가 지극히 미비한 실정으로 교육연속성을 위해 가이드라인에서 제시할 수 있는 지표의 개발은 추가적으로 수행되어야 할 것으로 판단됨.
- 위에서 기술한 노후학교 건축물의 재난취약성을 기반으로 리질리언스를 확보할 수 있는

지표를 개발하고 적정성에 대한 검증을 6차년도 목표로 설정



<종합적인 학교안전을 위한 3가지 핵심요소 (출처 : UNISDR 외. 2014)>

■ 노후학교 건축물의 피난 및 화재관련 제도적 취약성 도출

- 건축 관련 법규 비교를 통한 건축물의 피난장애 요소 및 재난대응 지체능력의 시대별 차이점 도출

- 노후 학교건축물이 건축되었을 당시에는 해당 용도의 건축물이 스프링클러 설비가 법정 규정에 해당하지 않기 때문에 대부분 초기소화설비가 설치되어 있지 않음.
- 이 외에도 피난과 화재에 관련된 법규가 정비됨에 따라 최근의 학교건축물과 비교하면 노후학교건축물은 건축물의 재난대응에 있어 자체적인 문제점이 내재되어 있음을 확인하였음.
- 노후학교 건축물의 피난 및 화재와 관련하여 제도적으로 취약성이 내제된 부분을 도출하기 위해 10년 단위로 법, 규정 등의 법규코드의 변화를 분석하였음.
- 따라서 피난과 관련된 법률은 대표적으로 건축물의 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙을 중점적으로 검토하였고, 화재와 관련된 법률은 NFSC(National Fire Standard Code)와 소방시설 설치 유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령을 분석하여 과거에 적용된 규정에서 나타나는 노후학교 건축물의 위험요인을 파악하였음.

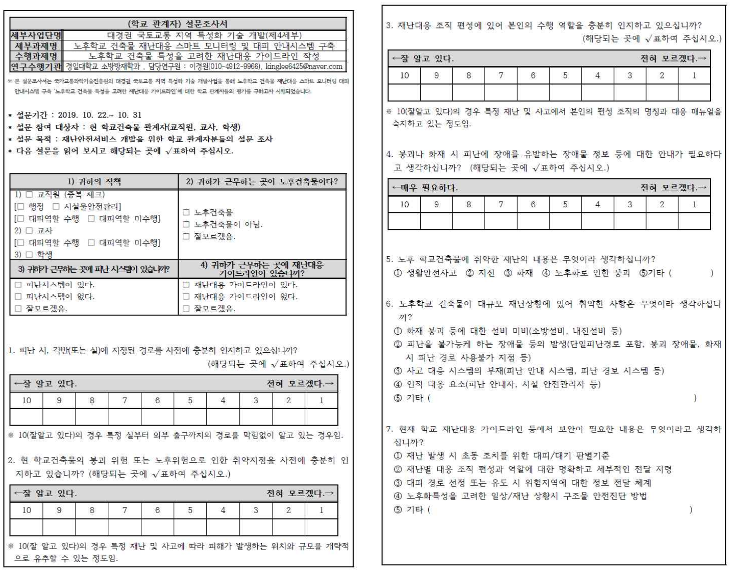
- 조사결과로 도출한 몇 가지의 주요결과를 예시로 언급하면 2000년대 이전의 학교건축물의 경우 유도등을 의무적으로 설치하지 않았으나, 현재는 모든 교육시설에서 유도등을 필수적으로 부착하고 있음.
- 물론 학교시설에서 이러한 문제점을 인식하고, 유도등에 관한 조치를 시행하였으나, 초기 설계단계에서 반영된 경우와는 차이가 있을 수 밖에 없음.
- 노후학교 건축물의 다수에서 누락된 사례를 찾을 수 있었음.
- 따라서, 이러한 피난유도의 일환으로 대피안내 시스템을 통한 경로안내정보의 제공과 관리자 및 교직원의 역할은 타 건축물보다 중요해질 수 밖에 없을 것임.
- 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙도 90년대 이후로 많은 변화가 있었는데 해당 법령에서는 피난경로에 대한 규정 뿐만 아니라, 붕괴와도 밀접한 관련이 있는 주요 구조부에 대한 설계기준 강도 등에 대한 내용 변경을 포함하고 있음.
- 특히, 화재에 따른 콘크리트의 폭열과 열화는 건축물의 강도를 약화시켜 붕괴로 이어 질 수 있게 때문에 이러한 규정의 적용 여부는 노후건축물의 화재 및 붕괴 상황에서의 안정성 판단과 밀접한 관계가 있음.
- 아래의 그림과 같이 피난과 관련된 법규 코드를 연도별로 비교하여 안정성에 영행을 미칠 수 있는 부분 및 요소를 아래의 예시와 같이 도출하고 이를 가이드라인에 반영함.
- 아래와 같은 법규코드에 대한 검토 이후 특정 위험에서 발생하는 피난 지체요인을 우회경로 안내에 반영하기 위한 방법으로 피난시뮬레이션을 구상·실시하였음.

<연도별 주요 변경사항 법규 검토 및 비교>

- 내화구조의 경우
  2000년대에 들어서면서부터 기둥(25cm)과 보의 고강도 콘크리트의 설계기준 강도에 대한 규정이 신설
  2010년 이후 벽의 골구에 대한 규정이 강화되어 화재로 인한 붕괴 위험성이 낮아짐.
  2006년부터 방화구조 중 강도가 낮은 구조 재료가 삭제
  2006년부터 연소성능시험에서 열방출률의 개념이 적용됨.
- 1990년대에는 피난 계단의 경우 방화문 설치기준이 갑종 또는 을종방화문 → 2010년대부터 갑종방화문 설치도 개정
- 비차열성능이 2배 증가 이는 피난시간에 직접적인 영향을 미칠 수 있음.
- 건축물의 외부 마감재의 경우 2010년대부터 불연재료 또는 준불연재료의 사용으로 분출 화염으로 인한 수직 확산을 방지

■ 학교 건축물 관계자 관리·사용 주체별 설문을 통한 적정성 검토

- 가이드라인의 적정성, 필요성, 효과 등에 대한 의견수렴
  - 본 연구를 통해 구축된 다양한 형태의 데이터가 반영된 가이드라인의 적정성, 필요성, 효과 등에 대한 의견수렴을 위하여 설문조사지를 작성하고 학교 관계자, 학생 등을 대상으로 설문을 실시하였음.
  - 설문의 대상자는 학생 90명, 교직원 42명 총 132명의 인원을 대상으로 설문지를 회수하였음.
  - 설문의 응답자는 모두 노후학교건축물에 실사용자로 설문의 내용은 피난경로에 대한 인지여부, 노후학교 건축물의 재난취약특성, 장애물 정보 등에 대한 안내 필요성, 가이드라인의 개선 필요성, 가이드라인 및 시스템의 효용성 등에 대한 질문으로 구성되어 있음.



(학교 관계자) 설문조사서	
세부사업단명	대경권 국토교통 지역 특성화 기술 개발(제4세부)
세부과제명	노후학교 건축물 재난대응 스마트 모니터링 및 대피 안내시스템 구축
수행과제명	노후학교 건축물 특성을 고려한 재난대응 가이드라인 작성
연구수행기관	경일대학교 소방방재학과 , 담당연구원 : 이경원(010-4912-9966), kinglee6425@naver.com

※ 본 설문조사서는 국가교통과학기술진흥원의 대경권 국토교통 지역 특성화 기술 개발사업을 통해 노후학교 건축물 재난대응 스마트 모니터링 대피 안내시스템 구축 '노후학교 건축물 특성을 고려한 재난대응 가이드라인'에 대한 학교 관계자들의 평가를 구하고자 시행되었습니다.

* 설문기간 : 2019. 10. 22.~ 10. 31
* 설문 참여 대상자 : 현 학교건축물 관계자(교직원, 교사, 학생)
* 설문 목적 : 재난안전서비스 개발을 위한 학교 관계자분들의 설문 조사
* 다음 설문을 읽어 보시고 해당되는 곳에 √표하여 주십시오.

1) 귀하의 직책	2) 귀하가 근무하는 곳이 노후건축물이다?
1) □ 교직원 (중복 체크) [□ 행정 □ 시설물안전관리] [□ 대피역할 수행 □ 대피역할 미수행] 2) □ 교사 [□ 대피역할 수행 □ 대피역할 미수행] 3) □ 학생	□ 노후건축물 □ 노후건축물이 아님. □ 잘모르겠음.
3) 귀하가 근무하는 곳에 피난 시스템이 있습니까?	**4) 귀하가 근무하는 곳에 재난대응 가이드라인이 있습니까?**
□ 피난시스템이 있다. □ 피난시스템이 없다. □ 잘모르겠음.	□ 재난대응 가이드라인이 있다. □ 재난대응 가이드라인이 없다. □ 잘모르겠음.

1. 피난 시, 각반(또는 실)에 지정된 경로를 사전에 충분히 인지하고 있으십니까?
(해당되는 곳에 √표하여 주십시오.)

←잘 알고 있다.									전혀 모르겠다.→
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

※ 10(잘알고 있다)의 경우 특정 실부터 외부 출구까지의 경로를 막힘없이 알고 있는 경우임.

2. 현 학교건축물의 붕괴 위험 또는 노후위험으로 인한 취약지점을 사전에 충분히 인지하고 있습니까? (해당되는 곳에 √표하여 주십시오.)

←잘 알고 있다.									전혀 모르겠다.→
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

※ 10(잘 알고 있다)의 경우 특정 재난 및 사고에 따라 피해가 발생하는 위치와 규모를 개략적으로 유추할 수 있는 정도임.

3. 재난대응 조직 편성에 있어 본인의 수행 역할을 충분히 인지하고 있으십니까?
(해당되는 곳에 √표하여 주십시오.)

←잘 알고 있다.									전혀 모르겠다.→
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

※ 10(잘알고 있다)의 경우 특정 재난 및 사고에서 본인의 편성 조직의 명칭과 대응 매뉴얼을 숙지하고 있는 정도임.

4. 붕괴나 화재 시 피난에 장애를 유발하는 장애물 정보 등에 대한 안내가 필요하다고 생각하십니까? (해당되는 곳에 √표하여 주십시오.)

←매우 필요하다.									전혀 모르겠다.→
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

5. 노후 학교건축물에 취약한 재난의 내용은 무엇이라 생각하십니까?
① 생활안전사고 ② 지진 ③ 화재 ④ 노후화로 인한 붕괴 ⑤기타 ( )

6. 노후학교 건축물이 대규모 재난상황에 있어 취약한 사항은 무엇이라 생각하십니까?
① 화재 붕괴 등에 대한 설비 미비(소방설비, 내진설비 등)
② 피난을 불가능케 하는 장애물 등의 발생(단일피난경로 포함, 붕괴 장애물, 화재 시 피난 경로 사용불가 지점 등)
③ 사고 대응 시스템의 부재(피난 안내 시스템, 피난 경보 시스템 등)
④ 인적 대응 요소(피난 안내자, 시설 안전관리자 등)
⑤ 기타 ( )

7. 현재 학교 재난대응 가이드라인 등에서 보안이 필요한 내용은 무엇이라고 생각하십니까?
① 재난 발생 시 초동 조치를 위한 대피/대기 판별기준
② 재난별 대응 조직 편성과 역할에 대한 명확하고 세부적인 전달 지령
③ 대피 경로 선정 또는 유도 시 위험지역에 대한 정보 전달 체계
④ 노후화특성을 고려한 일상/재난 상황시 구조물 안전진단 방법
⑤ 기타 ( )

<설문지 내용 일부 발췌 자료>

- 설문조사 결과 특징적으로 일반현황에 대한 조사 항목에서 학생들이 피난시스템과 가이드라인의 존재 여부에 대해서 모르는 경우가 많았음.
- 또한 본인이 재실하고 있는 건축물의 취약지점의 사전인지 여부에 대해서 교직원의 경우 많은 비율이 취약지점의 위치를 알고 있었으나, 학생의 경우에는 대부분 모르고 있는 것으로 나타났음.

<설문조사 결과 일반 사항 결과 예시(좌: 교직원, 우:학생)>

- 그리고 가이드라인의 개선 방향에 대한 질문으로 보완이 필요한 내용에 대해서도 학생과 교직원이 다르게 나타나는 것을 보였음.
- 교직원의 경우 재난 발생시 초동조치를 위한 대피. 대기 판별기준이 가장 높은 중요도를 나타내었으나 학생의 경우 대피 경로의 선정이나 유도 시에 위험지역에 대한 정보 전달 체계가 중요한 것으로 나타났음.
- 즉 관리자나 교직원을 위한 가이드라인의 내용에서는 재난 발생 시에 특정 역할이 부여되기 때문에 학생들에게 초동조치의 여부를 알려주는 내용의 보완이 필요함. 반면 학생들에

게는 명확한 대피경로를 안내할 수 있는 방법과 신속한 정보전달의 도구가 가이드라인의 내용으로 포함되어야 할 것으로 판단되었음.

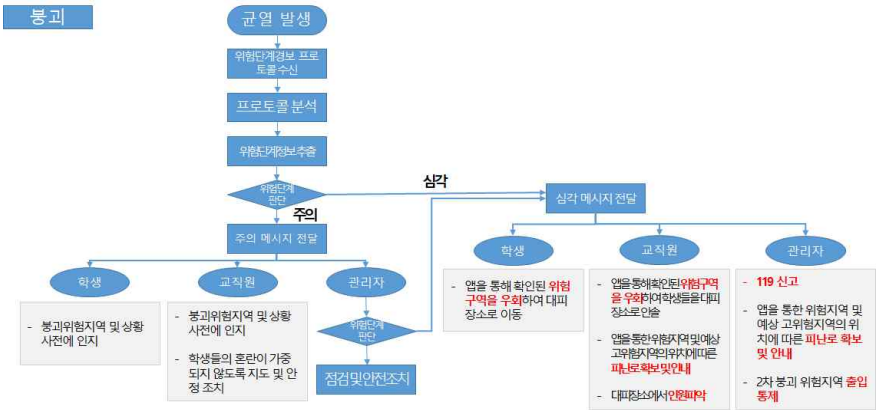
- 그리고 설문조사 결과 기타의견으로 붕괴위험정도의 표시에 대한 요청, 설비의 노후화에 따른 오작동에 대한 조치, 빗물 누수에 의한 붕괴 사례 경험 등의 기타 의견이 제시되었음.
- 이러한 연구결과를 종합하여 가이드라인의 초안을 작성하고 전문가를 대상으로 설명회를 개최하여 가이드라인의 적정성 등에 대한 검토를 실시하여 의견수렴과정을 거침.

(2) 관리・사용자 별 재난대응 가이드라인 (현장대응매뉴얼)

■ 스마트 재난경보 및 대피안내시스템과 연동한 상황별 행동요령

• 붕괴 및 화재 위기유형에 따른 각 상황별 행동요령 구성

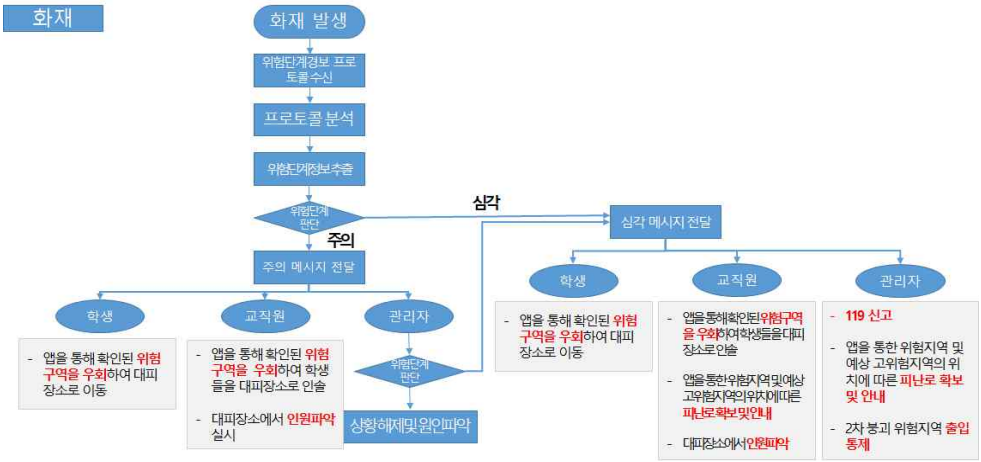
- 본 연구진에서 개발한 스마트 재난경보 및 대피안내 시스템과 관리 사용주체별 가이드라인의 내용적 부합성을 위해 위기유형을 붕괴 상황과 화재 상황으로 구분하여 각 상황별 행동요령을 구성하였음.



<붕괴 시 상황판단 알고리즘 및 행동요령>

- 위의 상황판단 알고리즘에서 보여지는 바와 같이 지진 등과 같이 노후학교 건축물에 부착된 센서에 균열이 탐지되면 프로토콜을 분석하여 위험단계 정보를 판단하게 됨.
- 앱을 통해 주의 또는 심각 상황의 메시지가 학생, 교직원 또는 관리자에게 각각 안내를 받게 됨.
- 균열이 탐지된 경우 주의 메시지는 일차적으로 관리자가 현장조사를 통해 위험의 수준을 판단하게 되는데, 이 단계에서 상황에 따라 심각상황으로 전환이 가능함.
- 이러한 조치는 노후 건축물의 경우 균열이 탐지된 부분 이외에도 피로의 누적과 노후화로 인해 구조부에 다른 심각한 위험이 발생할 수 있기 때문에 관리자는 기 조사하여 구축한 관리 매뉴얼을 토대로 위험 발생이 가능한 지점들을 조사하여 조치하게 됨.

- 그리고 앱을 통해 알림을 받은 학생들을 앱 상에서 확인 가능한 위험구역을 우회하여 안전한 장소까지 대피를 실시함.
- 또한 교직원은 이러한 우회경로를 안내하는 부가적인 역할을 실시하고 초등학생 등 저학년 학생들을 인솔하여 대피장소로 인솔하는 등의 역할이 주어짐.



<화재상황판단 알고리즘 및 행동요령>

- 한편, 심각상황에서는 지진 상황에서는 흔들림이 멈췄다고 판단되면 즉각 대피하는 것으로 관리자의 역할은 긴급구조기관 등에 신고를 하고 2차 붕괴 위험지역에 출입 통제 등의 조치를 실시함.
- 위험지역을 우회하기 위해 제공되는 앱 상의 화면의 예시는 아래의 그림과 같음.
- 화재 시의 상황도 앱을 통해 주의와 심각상황을 판단하여 앱을 통해 메시지가 전달되는 과정은 동일함.
- 다만 화재의 경우 주의와 심각 모두 상황을 인지하여 대기하는 단계가 없이 즉각적인 피난이 요구된다는 차이점이 있음.

<앱을 통한 위험지점 정보 제공 예시화면>

■ 노후학교 건축물 주요피난경로의 붕괴시나리오 별 우회경로 산정 방법론 개발

- 주요 피난경로의 붕괴정도에 따른 특정 위험지점 피난시간 변화 특성 분석

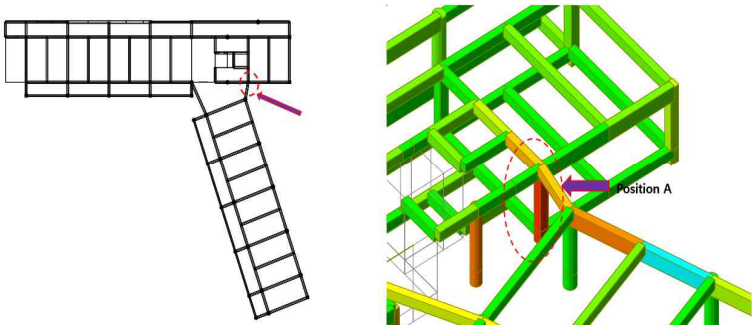
- 노후학교 건축물 관련 법규코드에 대한 검토 이후 특정 위험에서 발생하는 피난 지체요인을 우회경로 안내에 반영하기 위한 방법으로 피난시뮬레이션을 실시하였음.
- 즉, 시뮬레이션을 통해 붕괴의 정도나 형태에 따라 피난이 지체되는 정도를 정량적으로 파악하여 필요에 따라서는 우회경로를 채택하거나 지체되는 시간에 따라 상황판단 지침을 마련하기 위함임.
- 이러한 과정에서 학교시설의 폭에 따른 평균 피난시간 및 보행속도에 대한 선행연구 자료 등을 조사 하였으며,가이드라인에서 이러한 수치에 근거한 피난시간에 대한 예측과 시뮬레이션 분석이 필요할 것으로 판단되었음.

<계단참 및 복도 폭에 따른 지정된 구간의 평균피난 시간, 속도>

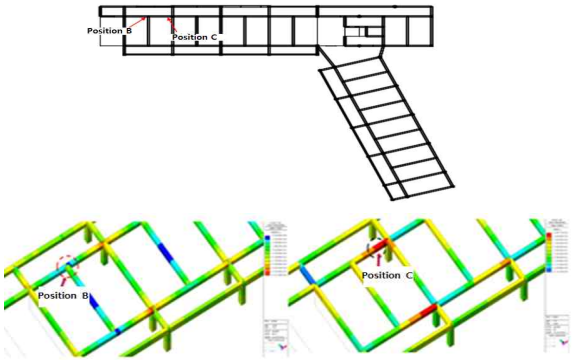
[출처: 문재호, 복도 및 계단 폭이 피난소요시간에 미치는 영향에 관한 연구 : 대학교육시설을 중심으로, 석사학위논문, 충남대학교, 2010, 2]

구분	폭(mm)	평균 피난시간(초)	평균 보행속도(m/s)
계단	2100	31.23	1.82
	1500	36.24	1.66
복도	2550	23.92	4.61
	1800	26.87	4.11

- 주요 피난경로 지점의 붕괴형태에 따른 지체시간 증가 특성을 분석하기 위해 아래 그림과 같이 경일대학교 8호관을 대상으로 MIDAS를 통해 붕괴취약확률이 상대적으로 높은 지점을 도출하였음.

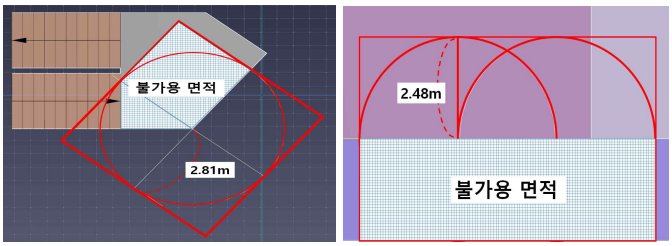


<계단참부의 붕괴 위험지점>



<복도부의 붕괴 위험지점>

- 그리고 이러한 지점의 붕괴 정도에 따른 시나리오를 설계함. 이는 시나리오에 따라 예상되는 지체의 형태를 분석하고 결과를 가이드라인에 반영하여 특정위험이 인지되는 경우 우회경로를 안내토록 하는 것이 목적임.
- 또한 주요피난경로 상에서 발생할 수 있는 붕괴의 형태에 따라 불가용면적의 발생 형태와 진입로의 폭에 따른 유동가능 인원의 변화를 파악하여 모델링에 반영하였음.



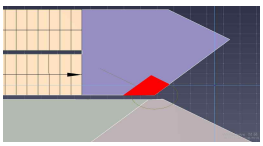
<불가용 면적 설정의 예시>

<붕괴시나리오에 따른 지점별 면적·폭>

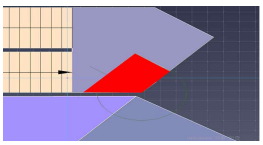
구분	계단 참		복도	
	불가용 면적(㎡)	계단참에서의 계단 진입로 폭(m) [유동가능 인원(명)]	불가용 면적(㎡)	폭(m) [유동가능 인원(명)]
25%	1.25㎡	2.05m [4명]	2.38㎡	1.88m [3명]
50%	2.82㎡	2.05m [4명]	6.32㎡	1.25m [2명]
75%	6.10㎡	1.30m [2명]	11.83㎡	0.60m [1명]

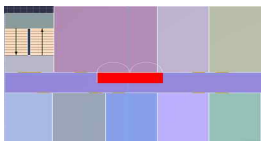
계단참 복도부

25%

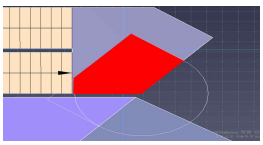


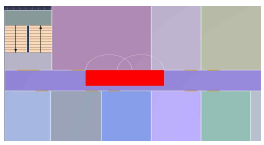
50%





75%





<계단참과 복도 붕괴 시나리오와 피난 모델링 설계>

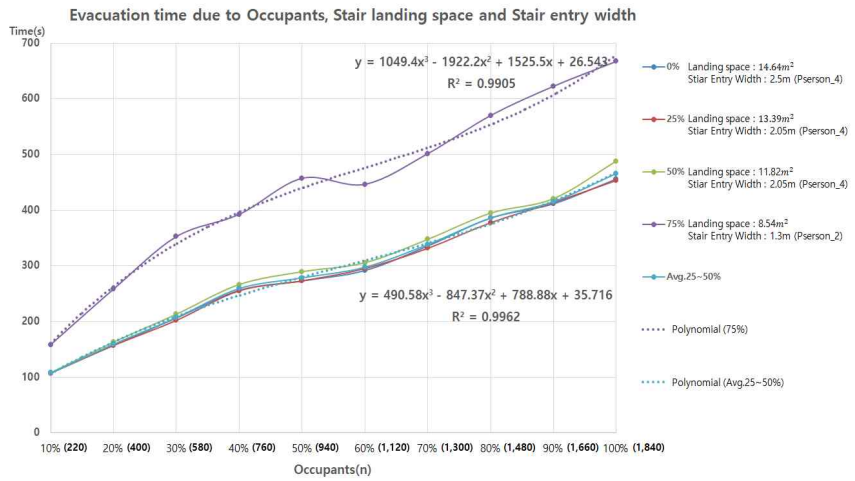
- 또한 학교건축물은 다수의 이용자가 특정시간대에 집중되어 있고 또한 특정 공간 내에 재실하고 있으므로 재난상황이 발생 시에 필연적으로 군집이동에 따른 지체가 발생할 수 밖에 없음
- 이러한 영향에 따른 우회경로나 피난 유도의 방안을 고안하기 위해 재실자의 수에 따른 피난시간의 변화도 함께 논의하였음.
- 지체시간 특성을 분석하기 위한 도구는 Pathfinder프로그램을 이용하여 피난시간을 산출하였고, 결과를 정리하면 아래의 표와 같음.
- 분석의 결과에서 특징적으로 계단부 특히, 계단참에서 75% 수준의 붕괴 시 피난시간에 영향이 크게 나타나는 점을 파악하였으며, 이러한 결과를 추세식으로 나타내면 아래와 같음.

$$Y = 1049.4x^3 + 1922.2x^2 + 1525.5x + 26.543$$

- 여기서 Y는 피난시간(s)이고, x는 재실자 수의 비율을 의미.

<계단참과 복도 붕괴시나리오별 피난시간>

붕괴 \ 재실자(%,명)		100% (1,840)	90% (1,660)	80% (1,480	70% (1,300)	60% (1,120	50% (940)	40% (760)	30% (580)	20% (400)	10% (220)
계단참	0%	456.3	411.8	386.0	336.0	292.0	273.3	256.3	206.5	157.8	107.8
	25%	453.8	414.0	377.8	331.8	295.5	273.3	255.5	202.3	157.3	107.5
	50%	488.5	421.0	395.0	348.0	306.0	289.8	266.8	213.5	163.3	108.3
	AVG. 0~50%	466.2	415.6	386.27	338.6	297.83	278.8	259.53	207.43	159.47	107.87
	75%	667.5	622.8	570.3	501.8	446.8	457.5	392.8	352.8	258.5	158.8
복도	0%	456.3	411.8	386.0	336	292.0	273.3	256.3	206.5	157.8	107.8
	25%	463.3	428.5	380.8	330.8	293.0	270.5	252.5	206.8	158.5	106.0
	50%	448.8	440.8	392.0	333.8	289.5	278.8	254.5	206.8	159.8	107.5
	75%	480	426	378.5	332.8	304.0	275.0	254.8	211.5	158.5	108.8
	평균 .0~75%	462.1	426.78	384.33	333.35	294.63	274.4	254.53	207.9	158.65	107.53
계단참 복도	0%	456.3	411.8	386.0	336	292.0	273.3	256.3	206.5	157.8	107.8
	25%	446.8	418.3	376.5	337.5	298.0	278.0	258.3	208.5	157	107.8
	50%	484.8	450.3	390.5	340.8	302.5	285.5	268.8	216.0	163.8	109.0
	평균 0~50%	462.63	426.8	384.33	338.1	297.5	278.93	261.16	210.33	159.53	108.2
	75%	666.5	611.0	572.8	522.8	470.5	454.0	406.8	357.8	266.8	155.5



<계단참 붕괴시나리오별 피난시간 그래프>

- 이러한 연구결과에 따라 피난가이드라인을 작성함에 있어 우회경로나 위험지역을 사전

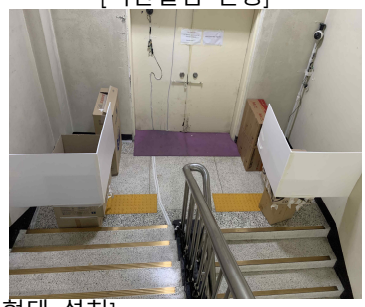
에 파악하기 위한 정량적인 근거자료로 활용이 가능한 것을 확인하였음.

- 노후학교 건축물 주요피난경로의 붕괴형태에 따른 보행속도 감소 특성 분석

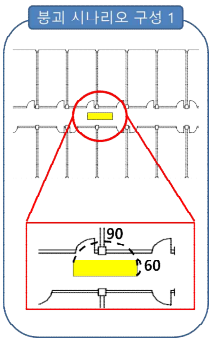
- 피난시뮬레이션에서 미처 반영하지 못한 피난경로상의 문제점, 결과의 검증 등을 위해 피난 실험을 병행하였음.
- 위 그림과 같이 약 60명의 피난 실험자를 모집하여 계단 참 및 복도부에서 붕괴가 발생하였을 경우 피난지체시간의증가 형태와 피난에서 발생하는 장애 형태를 파악하였음.
- CCTV를 분석한 결과 위험예상지역 별로 이론적인(피난완료시간). 시뮬레이션 및 계산식에 따른 구간 속도1.19m/s와 실제 피난실험을 통한 구간 속도에서의 차이점을 도출할 수 있었음.(현재 시뮬레이션 상에서는 위험이 예상되는 구간에 대한 모의가 어려운 문제도 존재함)
- 따라서 결과분석을 통해 나타난 저감 속도나 위험 요인을 가이드라인에 반영하여 군집피난으로 인해 피난지체시간이 발생되는 경우 우회경로로 안내하도록 하는 것이 목적임.
- 영상 분석결과를 바탕으로 속도의 저감이 현저하거나 피난지체가 발생하는 지점에 대해서는 가이드라인에서 우회경로를 유도·안내하는 방안을 제시를 위한 실험을 진행하였음.

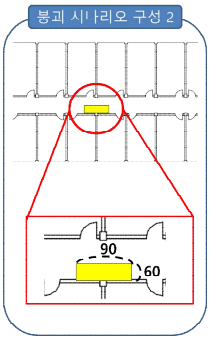
[피실험자 모집 후 실험 설명 사진]

[피난실험 진행]

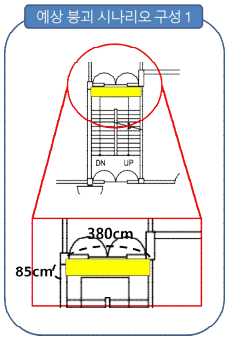

[피난 경로 상 장애물 형태 설치]

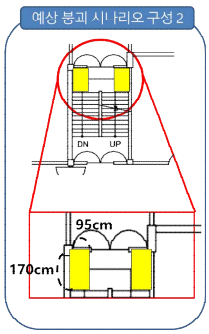
[장애물 발생에 따른 피난형태 분석]



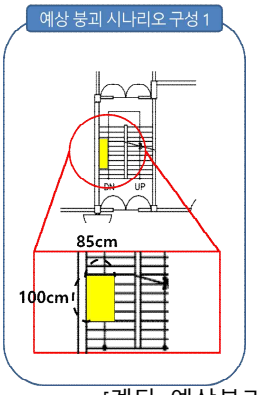


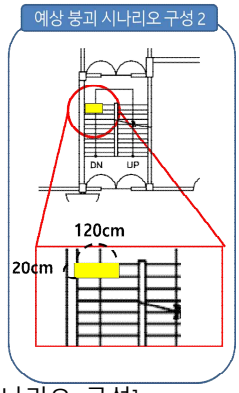
[복도 예상붕괴 시나리오 구성]



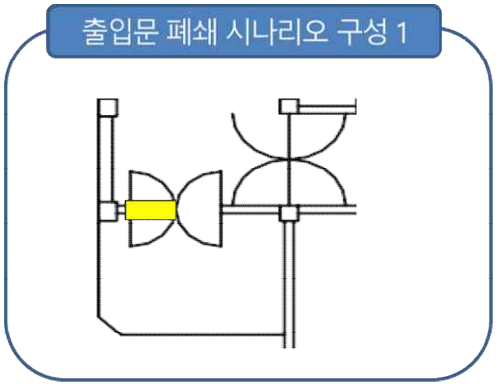


[계단참 예상붕괴 시나리오 구성]





[계단 예상붕괴 시나리오 구성]



[출입문 폐쇄 시나리오 구성]

- 위 그림은 주요피난 각 경로의 붕괴시나리오를 보여주고 있음.
- 피난 실험자 60여명이 각 구간에서의 붕괴시나리오별 피난시간의 결과는 아래 표와 같이 나타남.

<주요피난경로 붕괴 시나리오별 피난시간>

구분	Non(s)		Time per Case(s)		지체시간(s)	변화율(%)
복도	56		1	58	2	4
			2	64	8	14
계단	1	48	1	60	14	32
	2	43				
	Avg 1,2	46	2	73	27	60
계단참	1	60	1	73	11	19
	2	63				
	Avg 1,2	62	2	73	11	19
출입구	34		1	44	10	29
			2	41	7	21
			Avg 1,2	43	9	26

- 2m 구간 복도에서 진입 후 진출까지의 시간은 약 56초 소요되는 것으로 측정됨. 하지만 장애물의 형태에 따라 Case 1은 58초,Case 2는 64초가 소요되며 장애물이 존재하지 않은

경우와 비교하면 약 4~14%가 증가되는 것으로 나타남.

- 계단->계단참->계단의 진행방향에서 진입 후 진출까지의 시간은 약 43~48초, 평균 약 46초가 소요되는 것으로 측정됨. 하지만 계단참에서의 장애물 형태에 따라 Case 1은 60초, Case 2는 73초가 소요되며 장애물이 존재하지 않는 경우와 비교하면 32~60%가 증가되는 것으로 나타남.
- 8.25m 구간 계단에서 진입 후 진출까지의 시간은 약 60~63초, 평균 약 62초가 소요되는 것으로 측정됨. 하지만 계단에서의 장애물 형태에 따라 Case 1과 Case 2 모두 약 73초가 소요되며 장애물이 존재하지 않는 경우와 비교하면 두가지 모두 11%가 증가되는 것으로 나타남.
- 모든 인원이 출입구 통과시간은 약 34초가 소요되는 것으로 측정되며 장애물로 인해 한쪽의 출입문을 사용하지 못할 경우 약 41~44초가 소요되면서 약 7~10%가 증가되는 것으로 나타남.
- 위의 결과를 바탕으로 계단참에서의 붕괴로 인한 장애물 발생으로 인해 피난지체시간이 가장 큰 것으로 나타났으며 그중 Case 2에서 피난 시간이 급격하게 상승하는 것을 확인할 수 있음.
- 영상 분석결과를 바탕으로 속도의 저감이 현저하거나 피난지체가 발생하는 지점에 대해서는 가이드라인에서 우회경로를 유도・안내하는 방안을 제시함.
- 아래의 표와 그림은 각 구간에서의 붕괴시나리오 별 인원변화에 따른 통과시간의 결과를 나타냄

<주요피난경로 붕괴시나리오에 따른 인원별 구간 통과시간>

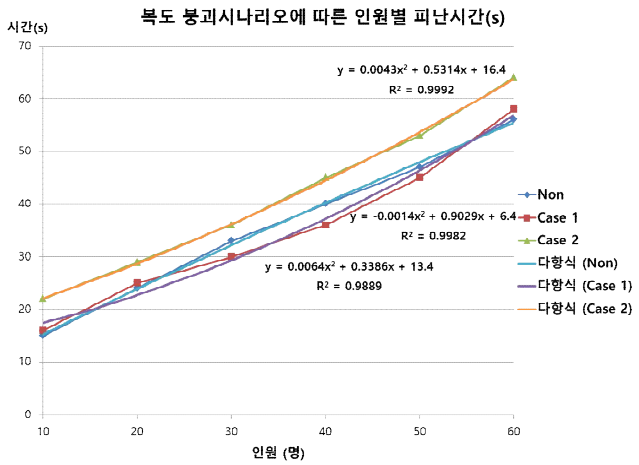
구분		인원별 구간 통과시간(초)					
		10명	20명	30명	40명	50명	60명
복도	Non	15	24	33	40	47	56
	Case 1	16	25	30	36	45	58
	Case 2	22	29	36	45	53	64
계단	Non	11	17	24	33	38	48
	Case 1	16	23	32	40	48	60
	Case 2	19	31	46	56	68	73
출입문	Non	8	12	17	21	27	34
	Case 1	6	13	21	27	34	41

- 위의 표와 그림은 각 구간에서의 붕괴시나리오에 따른 인원별 피난시간 결과를 확인 할 수 있음.
- 특히 CCTV 분석결과 천장의 설비 등이 복도부의 중심으로 낙하, 전도 하는 시나리오에서 일반적인 피난 폭의 감소보다 피난지체시간이 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었음.

- 아래의 그림과 표는 복도 붕괴시나리오에 따른 인원별 구간 통과시간과 추세식을 나타냄.
- 복도의 경우 한쪽의 벽 붕괴(Case 1)로 인해 피난 폭의 감소보다 천장 붕괴로 인하여 복도 중앙에 장애물이 발생(Case 2)으로 인한 장애물로 인한 피난 폭의 감소가 피난 시 큰 영향이 미치는 것으로 나타남.
- 특히 피난인원 30명부터 시간이 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있었으며 이러한 결과를 추세식으로 나타내면 아래와 같음.

$$Y = 0.0043x^2 + 0.5314x + 16.4$$

- 여기서 Y는 피난시간(s)이고 x는 재실자의 수를 의미
- 이러한 연구결과에 따라 피난가이드라인을 작성함에 있어 복도 붕괴시나리오에 따라 인원별 우회경로 유도시점에 대하여 정량적 수치를 확인하였음.



<복도 붕괴시나리오에 따른 인원별 피난시간>

Non
$Y = -0.0014x^2 + 0.9029x + 6.4$
Case 1
$Y = 0.0064x^2 + 0.3386x + 13.4$
Case 2
$Y = 0.0043x^2 + 0.5314x + 16.4$

- 이러한 결과들을 종합적으로 가이드라인에 반영하여 일정 인원 미만의 상황에서는 위의 붕괴상황에서도 큰 지체나 속도의 변화 없이 통행하는 것을 확인하였으나 군집피난 인원의 증가로 인해 일정 인원 이상이 되는 경우에는 현저한 속도 감소정도를 확인함.
- 따라서 연구결과를 정량적인 근거자료로 활용하여 군집피난 무리의 후방인원을 우회경로로 안내하는 방법론을 가이드라인에 포함하였음.
- 특히 이러한 유도를 위해서는 피난유도자의 배치가 필수적이며, 가이드라인에 유도자의 역할을 명확하게 제시하여 이와같은 피난유도를 통해 효율적인 피난전개가 이루어질 수 있을 것으로 사료됨.

라. 건축물 안전모니터링 및 대피안내 시스템 통합구현 및 고도화

(1) 건축물 안전 모니터링 시스템 시스템 고도화

■ 전문가 설명회를 통한 정량적 평가 및 의견수렴 방안 수립

- 본 과업의 경우 대구·경북권의 노후학교 건축물을 일차적인 과업의 대상으로 하고 있어 노후학교의 구조적인 특성과 그에따른 피난 특성에 대한 전문가 의견을 반영할 필요가 있음.
- 따라서 대구경북연구원의 재난안전센터 연구원, 대구광역시 재난안전정책과, 신기술심사과, 상수도 사업본부, 경상북도 사회재난과, 대구 중구청 재난예방팀 등으로 재난관련 전문가와 지자체의 재난정책 실무진들로 구성하였음.
- 본 연구를 통해 구축된 ‘노후학교 건축물 스마트 모니터링 시스템’, ‘실시간 재난대응을 위한 스마트 재난경보 및 대피안내시스템’, ‘노후학교 건축물 재난대응 가이드라인’에 대한 평가 및 개선사항에 관한 평가지를 작성하고 전문가와 지자체 실무자(11명)을 초청하여 평가 및 토론을 통한 의견수렴을 실시함.
- 각 전문가 평가 의견에 대한 방안은 다음 표와 같음

전문가 의견	개선방안
노후학교 건축물 스마트 모니터링 시스템 평가 및 개선사항	
우려되는점중에 하나가 학교시설은 교육부 시설이고 최근(2019) 학교시설 내진성능평가 및 보강매뉴얼이 발표됨에 따라 교육부, 교육청과의 협의가 필요 교내 서버 유지보수의 주체를 명확히 해야할 것이고 비용에 관한 문제도 해결되어야 함	교내 시스템 개발에 대한 연구로서 실제 시스템의 운용시에는 데이터 관리 및 알람 관리에 대한 서버가 각각 필요하므로 사업별로 관리 주체와 소요 비용이 결정될 것으로 사료됨.
오경보 대비 빅데이터 분석을 위한 사례발굴 외장재, 부착물 관리대책 기타 재난(풍수해, 폭염 등) 제안 필요	오경보에 대한 대비를 위해 단계별로 경보 알람 기능 설계 빅데이터 분석의 타당성을 검증하기 위해서 최소한의 운용기간이 필요하며 추가 연구기간 필요
센서기반 네트워크 구축시 KT서비스 운영을 기반으로할 때 인터넷 통신망의 장애로 인한 미작동시의 대책방법의 강구가 필요	개발 시스템은 KT 공용망을 통해서 서버에서 데이터 획득을 함으로 KT 공용망이 서비스 불가인 경우 미작동 가능성이 있음. 인터넷 통신망의 장애를 고려하여 데이터 획득과 관리 및 알람을 개별 기관에서 수행하도록 기능 개선 가능.
건물의 지질 지형변화에 따른 균열등은 지하매설물의 기울기(처짐)로도 위험을 감지할수 있으므로 지하매설물에 기울기 센서를 부착해서 재난위험을 감지할 수 있는 방법도 검토가 되었으면 좋겠음	구조물의 부등침하, 지반의 이동 등의 요구되는 추가 기능이 필요한 경우에는 요구되는 센서를 부착하여 데이터 분석을 통하여 필요한 기능을 추가시킬 수 있음.
오래된 건축물의 문제점을 설계또 분석보다 실적 분석으로 위험성 파악	실제 시스템 운용시 대상 구조물의 상세한 현장 조사를 통하여 구조적 접근에 필요한 데이터 확보 가능.

건축물에만 센서를 부착하는 것보다 건축물의 기초 또는 지반에도 센서를 부착하여 모니터링을 하면 더 효과적일 것 같음	요구되는 기능을 구현할 수 있는 센서 부착 및 데이터 분석을 통하여 기능 구현 가능.
동일형 센서를 상이한 구조물에 부착하는 것 보다 구조물 (조적, RC 등)에 따라 센서를 개발하여 부착하면 효과적 일 것	센서의 개발 및 활용은 다른 연구에서 많이 수행되었으며 본 연구의 범위에 포함되지 않는 사항임.
구조물 정보가 꾸준하게 출력이 된다면 현재 시행하는 정밀안전진단 등과 주기적으로 점검보다 센서로 구조분에 대하여 안전성을 판단하는데 효과적으로 보임	빅데이터 분석을 통한 구조물의 장래 거동 추정 분야에 활용하면 주기적인 점검 및 예방적 유지관리가 가능할 것으로 사료됨.
모니터링 결과 재난발생시 유관기관(119 종합상황실 등)과의 비상연락체계가 적절히 구축될 필요가 있다고 판단됨	관련 기능의 구현 가능. (지침 및 법규 보완 필요)
재난 발생시 재난유형별 (화재, 지진, 붕괴 등)에 따라 주요 공급시설(수도,가스,전기 등)자동 차단 시스템 구축도 필요할 것으로 판단됨.	운용 기관별 관련 시스템 및 기능 개발 필요.
재난 발생시 재난유형별 (화재, 지진, 붕괴 등)에 따라 주요 공급시설(수도,가스,전기 등)자동 차단 시스템 구축도 필요할 것으로 판단됨. 센서 등의 설치수량이 많아질 수 도 있어 구조적, 취약부 등을 선별하여 센서를 부착해야할 것 같으며 관련 법등에 대해 내진성능평가 등의 구조적 검토시 구조적 취약부에 대한 센서등의 부착할 수 있는 제도적 장치 및 스마트 모니터링 시스템을 구축을 권고할 수 있는 방안이 필요할 것으로 판단	현재는 시스템 운용에 필요한 최소한의 기능을 구현한 것이며 실제 활용을 위한 개선 필요. 취약부 선정 후 센서 부착 계획 수립이 적절한 절차이므로 취약부 선정이 우선임.
습윤 지역 및 밀폐된 공간에서의 센서와 통신사간의 오류발생에 대한 검증이 필요	환경적으로 열악한 공간에 대한 부분은 본 연구 범위에 포함되지 않음.
재난상황시 상수도, 하수도 등 지하구조물(정수장, 배수지, 상하수관로 등) 변형 및 구조물의 내구성능 저하 정도를 가늠한수있는 기능을 센서에 추가하면 좋을 듯 합니다.	요구되는 기능을 구현할 수 있는 센서 부착 및 데이터 분석을 통하여 기능 구현 가능.

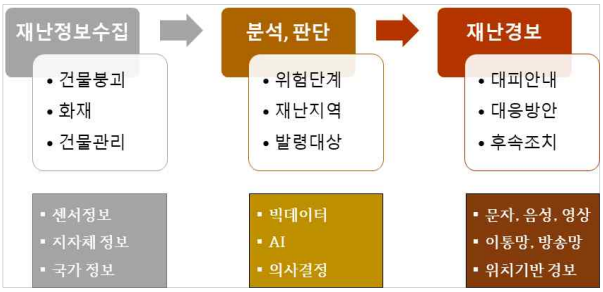
(2) 대피안내시스템 통합구현 및 고도화

■ 연구개발 내용 및 결과

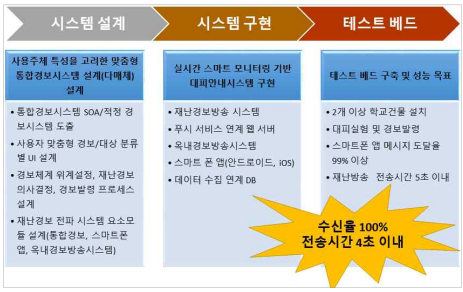
- 재난경보방송시스템 개요

  - 재난정보수집, 분석/판단, 재난경보 등의 단계로 구분할 수 있음
  - 본 과제에서 재난정보는 건물의 붕괴, 화재 및 건물관리 정보로 구성되며 구축된 센서정보, 지자체가 보유한 레거시 정보, 중앙정보가 보유한 레거시 정보를 연계할 수 있도록 구성됨
  - 재난정보가 수집되면 재난의 위험단계를 판단하고, 재난지역과 경보발령 대상을 분석하여 정의함. 이러한 분석과 판단에는 빅데이터, AI 기술을 적용할 수 있으며 의사결정 프로세스를 거쳐 판단됨

- 재난경보단계는 대피안내, 대응방안 가이드, 후속조치 등의 메시지를 전달할 수 있으며 문자/음성/영상의 형태로 전달할 수 있다. 이동통신망 및 방송망을 통해 재난경보를 수행하여 단일 매체를 통한 전달 오류 문제를 해결하고자 한다. 위치 기반으로 재난경보를 전달할 대상자를 선별할 경우 불필요한 정보 수신에 따른 효율성을 증가시킬 수 있다.



<재난경보방송시스템 개요>



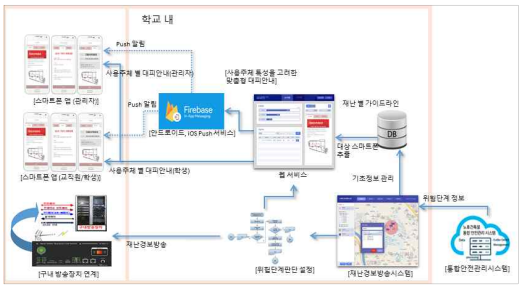
<연구개발목표 및 내용>

■ 연구개발 목표 및 연구내용

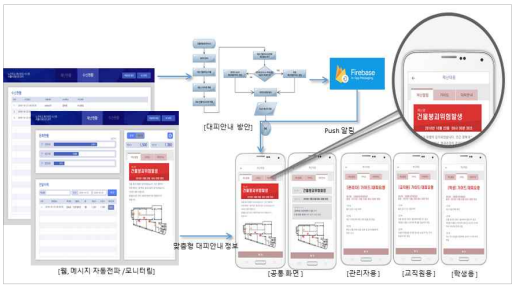
- 총 3차년도에 걸쳐 연구개발이 진행되었음
- 1차년도에는 요구사항분석, 시스템 설계를 통해 전체시스템의 서비스 방안을 도출하였음
- 2차년도에는 재난경보방송시스템, 푸시 서비스 연계 웹서버, 옥내경보방송시스템, 스마트폰 앱, 데이터 수집 연계 용 DB 등의 시스템을 구현하고 시험을 수행하였으며, 테스트베드를 통한 성능시험을 수행하였음
- 테스트베드는 초등학교 1곳, 대학교 1곳에서 대피시험을 수행함
- 성능목표인 스마트폰 앱 메시지 도달율 100%, 재난방송 전송시간 3.8초를 달성하여 목표 성능대비 초과 달성됨을 확인함

■ 1차년도 사용주체 특성을 고려한 맞춤형 통합경보시스템 설계

- 통합경보시스템 SOA/적정 경보시스템 도출
  - 통합경보시스템, 웹서버시스템, 의사결정 프로세스 분석, 푸시 서비스 연계를 통해 스마트폰 앱 서비스, 구내방송장치 연계를 통한 옥내경보방송으로 구성됨
  - 센서로부터 수집된 건물 언전관리 데이터는 안전진단 알고리즘을 통해 위험단계를 판단하고 당사의 DB에 이벤트 정보를 제공함
  - 시스템 운영자, 시설 관리자, 교직원, 학생으로 구분해서 사용 주체별로 특화된 서비스를 설계함



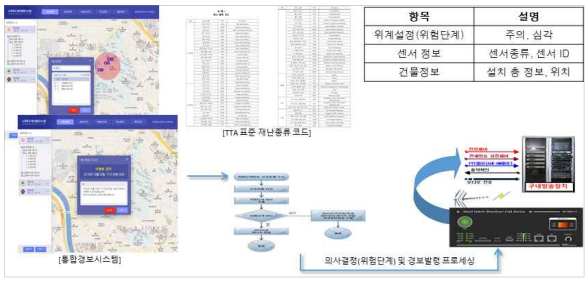
<통합경보시스템 SOA>



<사용자 맞춤형 UI/UX 설계>

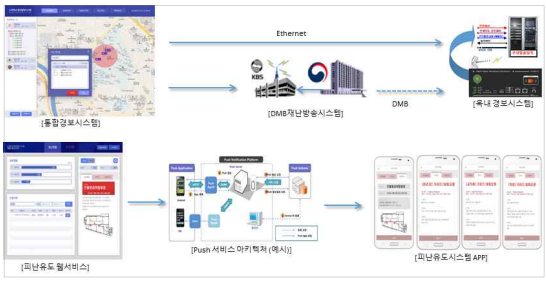
- 사용자 맞춤형 경보 및 피난유도 구현을 위한 대상 분류별 UI/UX 설계
  - 웹 서버에서 메시지 자동전파를 수행하며, 전송 모니터링 수행함
  - 전송된 메시지를 확인할 수 있음
  - 스마트폰 앱은 관리자용, 교직원용, 학생용으로 구분하고 재난알림은 공통으로 제공함
  - 사용자별 대피가이드를 구분하고 층별 센서정보, 위험발생 센서 정보 표시, 대피안내도를 표출함
  - 안드로이드 및 iOS 등의 기종을 지원함

- 경보체계 위계설정, 재난경보 의사결정 및 경보발령 프로세스
  - 통합경보시스템은 주의, 심각 단계에 따른 메시지를 표출하며, 경보를 발령할 대상 지역을 GIS 기반으로 설정할 수 있음
  - 의사결정과 경보발령 프로세스를 거쳐 대피안내 메시지를 전송
  - 위험단계는 주의, 심각으로 구분하며, 센서정보, 건물정보를 처리함
  - TTA 표준 재난코드를 적용하여 재난경보의 표준을 준수함



항목	설명
위계설정(위험단계)	주의, 심각
센서 정보	센서종류, 센서 ID
건물정보	설치 층 정보, 위치

<경보체계 위계설정, 의사결정, 경보발령>

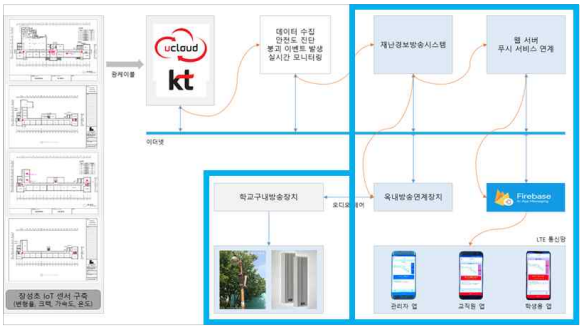


<재난경보 전파시스템 모듈 설계>

- 다매체 재난경보 전파시스템 모듈 설계
  - 재난경보, 피난유도시스템 APP, 옥내경보시스템 설계
  - 행정안전부 DMB 재난경보방송시스템 연계 가능

- 스마트 재난경보 및 대피안내 시스템 구축

- 재난경보방송시스템, 푸시 서비스 연계 웹 서버, 옥내경보방송시스템, 스마트 폰 앱
- 학교 건물의 센서정보는 KT클라우드 센터에 전송되며 데이터 수집 안전도진단 안고리즘을 통해 위험단계를 판단한다.
- 위험단계 발생 시 재난경보방송시스템으로 이벤트가 발생되며 주의, 심각에 따라 대피안내 메시지를 전송한다.
- 재난경보방송시스템은 스마트폰 앱 뿐만아니라, 구내방송시스템과 연동되어 학교의 방송시설로 대피안내 방송을 수행한다. 스마트 폰을 소지하고 있지 않은 대상자들에 맞춤형 대피안내를 제공한다.



<스마트 대피안내 및 대피안내시스템>

<연구결과 산출물>

- 테스트베드 구축

- 포항 장성초등학교, 경일대학교에서 대피안내 모의실험 실시
- 현장시험을 통해 대피안내 메시지 앱 도달율 100%, 재난방송 전송시간 3.8초 실측함
- 관리자, 교직원, 학생용 앱에 대한 대피안내 메시지를 구분하여 수행함

<테스트베드 구축 및 성과실적물>

<테스트베드 성과목표 실측 증빙>

■ 전문가 초청 자문회의 평가의견 및 개선방안

전문가 의견	개선방안
즉각적인 피난을 위해서는 피난자에게 정확하고 빠른 정보 전달은 매우 중요하기 때문에 스마트폰 앱을 이용한 정보전달 방법은 매우 중요함. 하지만 수신율 테스트를 위해 다양한 교내장소에서 진행되어야 할 것이고 수신 매체인 스마트폰 역시 다양한 기종을 이용한 테스트도 필요할 것임	수신율의 신뢰도 향상을 위해서 다양한 장소, 다양한 기종, 새플 객체 수를 충분히 확보하여 실험하는 것이 당연하다고 판단되며, 사어버화 준비 과저어에서 충분한 시험을 통해 신뢰도를 향상시킬 수 있도록 준비할 예정임
스마트폰 앱의 용량은 가볍게하여 저사양 핸드폰에서도 충분히 구동되도록 할 수 있어야 할것임	푸시 메시지를 통해 재난에 대한 1차 알림을 경고하며 앱에서 사용하는 데이터, 건축 도면 등은 메시지 확인 시점에서 서버와의 통신으로 정보 수신이 진행되는 방식으로 앱의 용량이 충분히 가벼우며 제조사가 제공하는 API 등을 통해 앱의 실행 없이 프로세서를 푸시알림에 대한 응답 기능을 보완하고 추가적인 최적화 과정을 통해 성능개선을 연구하겠음
기존 app 또는 개발중인 app과의 중복성 검토	재난경보에 대한 스마트폰 앱에 대한 조사는 이루어졌으며, 주로 알림, 정보제공 등의 초점에 맞추어 구성되어 있음. 특히 건물 내부에 센서에 의한 위험 지점을 표시하고 안전하게 대피할 수 있는 경로를 제공하는 것은 본 연구에서 제시한 큭수한 방안임. 추가적인 연구를 통해 중복성 검토를 진행할 예정임
재난경보 및 대피안내시스템에 대한 오작동 될 경우에 대한 대비책이 필요할 것 같음	위험단계에 따라 심각 단계에 대해서는 신속한 정보전달이 중요하므로 관리자의 개입 없이 경보가 전달되는 방식이며, 주의 단계는 관리자가 경보전달을 확인할 수 있는 단계를 추가하여 오보에 대한 대비를 추가하고 있음. 또한, 심각 단계도 승인과정을 거칠 수 있도록 개선할 수 있으므로 다양한 의견 수렴을 통해 추진하겠음

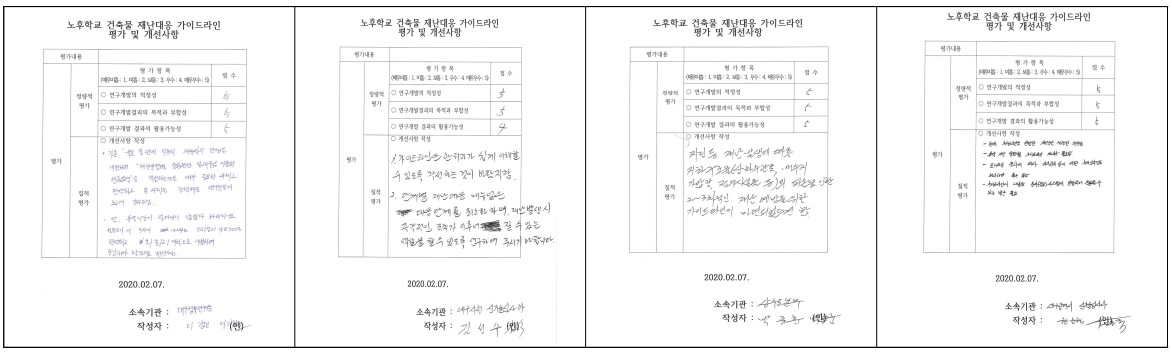
학교나 상가건물의 경우 오작동이 빈번한 경우 시스템 기능 해제로 인해 실제 재난시에 미작동하는 경우가 있으므로 주기적인 점검이 필요할 것 같음	정보를 발생하는 센서부, 정보전달과 관련된 네트워크, 정보의 위험단계를 판단하는 의사결정 부분 및 앱과 경보방송으로 전달하는 부분으로 구성되어 있으며 각 부분에서 발생될 수 있는 오동작에 대해 시스템적인 모니터링을 추가하여 미연에 방지하는 프로세스를 추가할 예정임
유관기관과 연계되어야 (시 재난관련 부서, 교육청 등)	본 시스템은 학교 자체적으로 구성하여 운영할 수 있으나, 유관기관과 연계하여 운영할 수 있도록 시나리오 및 연계방안이 구성되어 있으며, 구축 사업 시점에 충분한 협의를 통해 구성할 수 있음
시스템의 신속성, 정확성(가장중요한 부분임을 인정함)에 치중하고 있으나 재난정보에 담아야할 내용에 대한 연구가 더 필요	재난알림, 대피안내, 대피 가이드 등에 대한 메시지에 대해 기술적인 부분은 어느 정도 감안이 되어 있으나, 인문 사회적 요소를 추가할 필요성 있음
app을 통하여 경보 및 대피유도를 한다고 하는데 긴급재난 문자처럼 app없이도 주변 사람들 한테 알려주는 것은 어떤가?	본 시스템에서 유관기관(지자체 재난상황실 등)의 시스템으로 정보를 연계하여 전달할 경우 지자체에서 긴급재난문자 시스템을 통해 전송할 수 있도록 추진 가능함
재난발생시 구내경보시스템이 재난대응에 가장 효과가 있을 것으로 판단됨	학교 자체의 구내방송시스템 및 주변 건물의 구내방송시스템과 연계될 수 있도록 유관기관 시스템 연계를 추진하여 재난경보 체계를 구성하면 보다 더 효과적인 대응이 될 수 있음
경보안내시 안내멘트는 재난의 긴급성을 감안하여 간략히 경각심을 유발할 수 있도록 하는 것이 효과적일 것으로 판단됨 ex "화재발생, "긴급대피바람"(사이렌 병행), 구어체는 지향하기 바람	재난 및 대피안내 메시지에 대한 추가, 보완 연구를 통해 현실적으로 가장 효율적인 연구가 필요함
시스템 구현을 위한 테스트베드의 수량이 너무 적은 것으로 판단되며 지역적으로 너무 국수적인 것으로 보여집니다.	테스트 베드에 대해 보다 신뢰성 있는 데이터를 도출하기 위해서는 많은 샘플이 필요한 것이 사실이나 본 과제 과업에서의 한계점이 있으므로 사업화 과정에서 현실성 있는 시험이 필요함
system 구축에 대한 관리주체가 너무 광범위하고 system의 고도화 및 유지관리 비용이 많이 소요될 것으로 판단되며 대구시 별로 행정통신망등을 활용하여 소프트웨어적인 부분으로 분활하여 적용한다면 괜찮을 것으로 판단됨	시질적인 사업화 시점에서는 교육기관 및 지자체의 통신망을 활용하여 구축하는 방안이 있으며 센서 데이터 통신망 부분도 이를 활요할 수 있도록 보완하여 추진할 수 있도록 추가 연구가 필요함
안내시스템의 정보제공시 안내문등의 전송방식보다는 시각화하여 지도, 사진 등으로 표현하면 대피시 시간을 좀 줄일 수 있을 것으로 보여집니다.	재난알림 및 대피안내 메시지에 대한 추가 연구를 통해 전문성과 현실성을 보완하여 추진하겠음
대피시 인원들을 분산 및 집중 할 수 있는 방안이 있다면 좋을 듯합니다	본 과업에서는 한정된 센서의 수량과 실내라는 특수성으로 대피안내를 효율적으로 분산시킬 수 있는 방안에 대해 부족한 것이 현실임. 실내 측위 기술을 활용하여 재실자의 위치 정보와 연계하고 대피로 안내와 연동한다면 위험 상황에서 대피로에 대한 효율적인 분산이 이루어 질 수 있도록 추가 연구를 진행할 예정임
재난경보시스템 단말기와 시스템 운영시 통신사 및 단말기의 기존 제품간의 호환성 문제에 대한 방안 필요	유관기관의 재난경보시스템과의 호환성을 위해 본 시스템의 연계를 검토하고 세부적인 사안 검토를 통해 추진하겠음

재난부서(소방서, 경찰서, 지자체 재난부서)와 연계된 경보 및 대피안내 시스템 구축 필요	당사는 재난경보방송솔루션 사업을 전문으로 오랜 동안 지자체와 협력 관계에 있으며, 유관기관 연계에 대한 솔루션을 많이 확보하고 있음. 사업화 단계에서 기관과의 세부적인 협의를 통해 추진할 계획임
재난단계별(관심,주의,경계,심각) 알림시스템을 구분하여 경보메세지를 발송하면 좋을듯합니다.	본 과제에서는 위험단계를 이원화하여 주의, 심각 단계로 구분하였으나. 국가 재난단계에 대한 구성으로 전환할 경우 각 위험단계를 구분하고 이에 맞는 경보 및 대피안내 베세지를 추가적으로 연구하여 사업화 단계에서 적용할 수 있음
재난 (지진)발생시 화재경보 알림시스템과 연계하여 경보할 수 있도록 검토가 필요함	지진 발생 시 화재경보 알림시스테을 연계하기 위해서는 화재경보시스템과의 연계가 필요하며 많은 프로세스가 검토되어야 할 것임. 또하나의 방안은 본 시스템에서 화재 관련 유관기관 시스템의 연계를 통해 신속한 대응이 가능할 수 있음

(3) 재난대응 가이드라인 통합구현 및 고도화

■ 전문가 설명회를 통한 정량적 평가 및 의견수렴 방안 수립

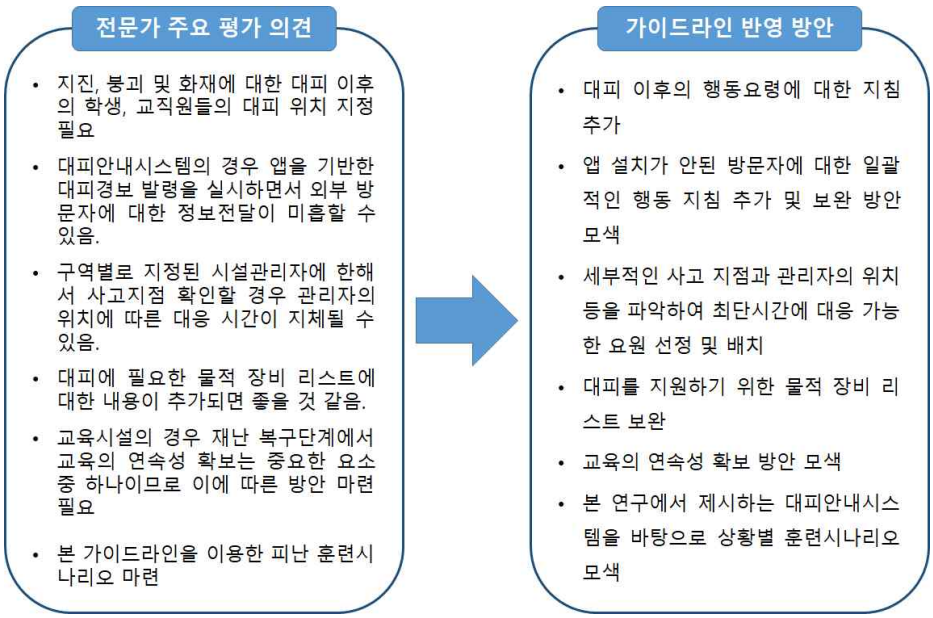
- 전문가 평가 의견에 따른 재난대응가이드라인 고도화



<회수한 일부 평가지>

<전문가 의견수렴 과정>

- 본 과업의 경우 대구·경북권의 노후학교 건축물을 일차적인 과업의 대상으로 하고 있어 노후학교 건축물의 구조적 특성과 그에 따른 피난 특성에 대한 전문가 의견을 반영할 필요가 있음.
- 특히 현재 교육부에서 공시하여 사용중인 매뉴얼의 경우 재난대응과 관련하여 학교 건축물의 노후도와 연도별 건축물의 건축적·구조적 특성을 반영하지 못하고 있음.
- 따라서 본 연구를 통해 구축된 가이드라인의 적정성 및 개선사항에 관한 의견수렴을 위하여 평가지를 작성하고 전문가 및 관련 정책 실무진(11명)을 초청하여 평가 및 도론을 통한 의견수렴을 실시함.
- 대구경북연구원의 재난안전센터, 대구광역시의 재난안전정책과, 경상북도 사회재난과, 상수도 사업본부 등 재난관련 전문가와 지자체 소속 관련 실무진(11명)들로 구성함.
- 평가지 외에 전문가 회의에서 서면 외에도 심층 인터뷰를 통해 아래의 표와 같이 가이드라인에 대한 평가의견을 제시하였으며 당해 연구년도에서는 전문가 평가 의경을 80% 이상 반영하는 것을 목표로 설정하여 방안을 모색하였음.



<전문가 주요 평가 의견서에 대한 가이드라인 반영 방안>

- 주요 전문가 평가 의견은 대피 이후의 대기 위치지정에 대한 필요성을 제기하였으며 이를 위해 재난대응 스마트 모니터링 시스템을 통해 도출된 대기 위치에서 대피하며 이후의 행동요령 내용을 추가·보완할 예정
- 본 연구를 통해 구축된 가이드라인에서는 재난 발생시 관리자의 경우 사고지점에 대한 직접적인 확인하는 역할을 부여하고 있음. 이는 사고지점과 관리자의 거리에 따라 대응시간이 지체되는 문제점을 제기함

- 따라서 사전에 도출된 주요 붕괴 위험지역과 관리자의 근무위치를 반영하여 선정 및 배치하여 재난대응 지체시간을 최소화하는 방법을 가이드라인에 반영함.
- 대피시 구비 필요 물품에 대한 리스트의 필요성을 제시하여 가이드라인에 대피를 지원하기 위한 물적 장비 리스트(보호헬멧, 응급처치키트, 손전등 등...) 를 추가 작성하여 반영함.
- 본 연구에서 제시하는 대피안내시스템의 경우 기존의 피난방법과 차이점이 존재하며 App을 이용한 피난에 약간의 숙달이 필요함.
- 또한 상용화와 일반적인 학교 건축물에서의 적용을 위해서는 사전에 구조해석을 통해 취약지점에 대한 분석으로 해당 건축물의 예상시나리오 마련이 선행되어야 함.
- 이를 바탕으로 본 연구에서 제시하는 대피안내시스템을 통한 훈련 진행이 필요하며 그에 따른 상황별 훈련시나리오를 모색할 예정임.
- 따라서 정기적으로 수행되는 안전진단 과정에서 관리자가 취약지점에 대한 정보를 반영하는 등의 방법을 고안함.
- 학교 관계자가 아닌 방문자의 경우 어플리케이션이 미설치되어 있으므로 이를 해결하기 위해서는 교내에 방문 빈도가 높은 사람에 대해서는 손쉽게 설치하고 재난 상황시 행동요령을 제시할 수 있는 안내 팜플렛 등의 병행이 필요할 것으로 사료됨.
- 이러한 전문가 평가 의견을 종합하여 작성된 가이드라인에서 개선사항에 대한 의견을 반영 및 방안 수립의 과정을 거침.
- 예상되는 실제 재난적용 시 발생가능한 문제점과 향후 보완방안에 대하여 보고서와 가이드라인에 기술

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표 달성도

가. 정성적 연구목표 달성도

CTE	핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)		성과 목표				해당 기관
				질적 성과지표 / 측정방법	목표치	달성치	검증방법	
1	노후 학교 건축물 스마트모니터링 시스템 구축 기술	(1)	건축물 유형에 따른 안전취약점 기반 센서 요구성능 도출	DB 분석을 통한 학교 건축물 유형별 안전 취약점도출 및 우선순위 작성	2건	4건	논문발표	경북대학교
				노후 학교건축물 안전모니터링을 위한 계측요소 및 성능목표 제안	1건	1건	논문발표	
		(2)	안전취약점을 고려한 최적 센서 부착 포인트 도출	건축물 유형별 센서포인트 도출	1건	1건	논문발표	
		(3)	상용센서 기반 학교 건축물 스마트 모니터링 네트워크 구축	상용센서 기반 모니터링 네트워크 구축	3인 이상 (8.5점)	8.9점	전문가 평가 결과 보고서	
		(4)	센서 데이터 기반 위험단계 판단 알고리즘 개발	위험(주의,심각)단계 판단 알고리즘 개발 결과 전문가평가	분석 오류 10% 미만	4.5%	실측 보고서	
				안전도 진단알고리즘 선행연구 고찰	3인 이상 (8.5점)	8.8점	전문가 평가	
				데이터 분석 및 시각화 S/W 작성	1건	1건	S/W 작성여부	
		(5)	데이터 정합성 확보를 위한 시스템 시공·운영 가이드라인	시공 및 운영 가이드라인 전문가 평가	3인 이상 (8.5점)	9.0점	전문가 평가 결과 보고서	
		(6)	테스트베드 구축 및 시스템 설치	학교건축물 대상 테스트베드 활용도	6개월	7개월	실측 보고서	
		(7)	재난모사 피난실험 실시 및 현장실증	피난실험을 통한 대피안내시스템 효율성	기존대비 대피시간 20% 감소	20% 감소	실험보고서	
2	실시간 재난 대응을 위한 스마트 재난 경보 및 대피안내	(1)	사용주체 특성을 고려한 맞춤형 통합경보시스템 설계	수용자 특성별 UI/UX 설계안 제시	1건	1건	설계 보고서	㈜온품
				경보체계 위계설정, 재난경보 의사결정 및 경보발령 프로세스 작성을 통한 통합경보 시스템 설계	1건	1건	설계 보고서	

	시스템 구축	(2)	실시간 스마트 모니터링 기반 스마트 대피안내 시스템 구현	재난정보 대피안내 APP 도달율	99%	100%	실측 보고서	
				다매체 대피안내 재난방송 전송시간	5초 이내	3.8초	실측 보고서	
3	노후 학교건축물 특성을 고려한 재난 대응 가이드라인 작성	(1)	현행 재난대응가이드라인 검토 및 개선안 제시	재난대응 프로토콜 분석 및 대응취약점 도출	1건	1건	전문가 평가	경일대학교
				학교건축물 재난대응 가이드라인 분석 및 개선안제시	1건	3건	논문발표	
		(2)	관리·사용자 별 재난대응 가이드라인	관리·사용자 별 재난대응 가이드라인 적정성 검토	3인 이상 (8.5점)	9.25점	전문가 평가 결과 보고서	
4	건축물 안전모니터링 및 대피안내 시스템 통합구현 및 고도화	(1)	건축물 안전 모니터링 및 대피안내시스템 활용 가이드라인	전문가 적정성 검토	8.5점	8.9점	전문가 평가	기관 공통
		(2)	자문회의를 통한 개선사항 도출	자문회의 개최 여부	전문가 3인이상, 1회이상	11인 / 1회	전문가 평가	
		(3)	건축물 안전 모니터링 시스템 시스템 고도화	자문회의 전문가 평가의견 반영 반안수립	80% 이상	90% 이상	개선 보고서	
		(4)	대피안내시스템 통합구현 및 고도화	자문회의 전문가 평가의견 반영 반안수립	80% 이상	90% 이상	개선 보고서	
		(5)	재난대응 가이드라인 통합구현 및 고도화	자문회의 전문가 평가의견 반영 반안수립	80% 이상	90% 이상	개선 보고서	

나. 정량적 연구목표 달성도 (주관 정리)

성과지표		목표	달성	달성률(%)	비 고
논문	SCI급	-	-	-	
	국내논문	5	7	140%	
학술발표	국내	11	17(국내12, 국외5)	155%	
	국외				
특허	출원	5	6	120%	
	등록	-	-	-	
소프트웨어		3	5	167%	
시제품		1	1	100%	

(1) 국내・외 논문 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI 여부 (SCI/비SCI)	게재일
1	스마트폰 피난안내도 구성요소 선호도 조사	한국화재소방학회 논문지	배영훈	33 (5)	대한민국	한국화재소방학회	비SCI (KCI)	20191118
2	공간정보기반 풍하중 지형할증계수 산정 알고리즘 개발	한국방재학회 논문지	이응준	19 (6)	대한민국	한국방재학회	비SCI (KCI)	20191130
3	노후학교 시설물의 유지관리를 위한 센서기반 스마트 모니터링 시스템 개발	한국문화공간건축학회	박춘욱	68	대한민국	한국문화공간건축학회	비SCI (KCI)	20191130
4	노후학교건축물 주요피난경로의 붕괴 시나리오별 피난시간 변화특성 분석	한국문화공간건축학회 논문집	이경원	68	대한민국	한국문화공간건축학회	비SCI (KCI)	20191224
5	실물실험을 통한 스마트폰 대피안내시스템 효율성 분석	대한건축학회지회연합회	배영훈	22	대한민국	대한건축학회지회연합회	비SCI (KCI)	20200227
6	공간정보를 활용한 건축물의 풍하중 산정 방법	한국방재학회논문집	이상승	19 (6)	대한민국	한국방재학회논문집	비SCI (KCI)	20200227
7	노후학교 건축물의 재난대응을 위한 센서 모니터링 시스템 개발	한국교육시설학회	박춘욱	27 (1)	대한민국	한국교육시설학회	비SCI (KCI)	20200227

(2) 국내 및 국제학술회의 발표

순번	논문명	발표일	학술대회명	저자	비고
1	노후학교 건물의 지진재해대비를 위한 계측자료 분석	2018. 10.03	2018 한국구조물진단유지관리공학회 가을 학술발표 및 포럼 논문집	김기홍, 박춘욱	
2	앵글형 하이브리드 빔에 의한 철근콘크리트 보 보강	2018. 10.03.	2018 한국구조물진단유지관리공학회 가을 학술발표 및 포럼 논문집	박춘욱	
3	Analysis of Research Areas of Fire Fighting, Disaster Prevention and Safety through Social Network Analysis	2018. 10.18	15th Asia Institute of Urban Environment(AIUE) 국제 학술대회	배영훈, 홍원화, 최준호, 김기홍	
4	A Study on Fire Risk Assessment by Use of a building Using Statistical Data	2018. 10.18	15th Asia Institute of Urban Environment(AIUE) 국제 학술대회	도정헌, 배영훈, 홍원화	
5	Analysis of Flame Influence Range in Building Openings Using Fire Simulation	2018. 10.18	15th Asia Institute of Urban Environment(AIUE) 국제 학술대회	이경원, 이지수	
6	유전 알고리즘을 이용한 노후학교시설물의 지진 모니터링 시스템을 위한 센서 위치의 최적화	2018. 11.29	2018년도 대한건축학회 대구·경북지회 학술발표대회 논문집	박춘욱, 김기홍	
7	재난 리질리언스 향상을 위한 학교시설 재난대응 가이드라인 고찰	2018. 11.29.	2018년도 대한건축학회 대구·경북지회 학술발표대회 논문집	이윤하, 이지수, 홍원화	
8	노후학교 건축물의 재난대응 매뉴얼 개선을 위한 재난취약특성에 관한 연구	2018. 11.29	2018년도 대한건축학회 대구·경북지회 학술발표대회 논문집	이지수, 이윤하, 이경원, 홍원화	
9	노후학교건축물 재난대응 안전모니터링을 위한 센서성능도출	2018. 11.29	2018년도 대한건축학회 대구·경북지회 학술발표대회 논문집	전은구, 배영훈, 박춘욱, 최세휴, 홍원화	
10	노후학교 건축물 실시간 재난대응을 위한 스마트 재난경보방송 및 대피안내시스템 설계	2019. 06.20	한국방송미디어공학회 2019년 하계학술대회	안병덕, 이승형, 오정택, 최세휴	
11	노후학교 건축물 스마트 재난경보방송시스템 구현	2019. 10.27	2019년 (사)한국재난정보학회 정기학술대회	안병덕, 오정택, 박가인, 안용준	
12	건축물의 설계풍하중 산정 알고리즘	2019. 11.01	2019 대한공간정보학회 추계학술대회	이상승, 전성준, 서은수, 최세휴	
13	공간정보기반 노후학교 건축물의 풍하중 지형할증계수 산정	2019. 11.01	2019 대한공간정보학회 추계학술대회	이응준, 김효정, 이상승, 서은수, 최세휴	
14	Optimization of Sensor Position for Seismic Monitoring System of Old School Facilities Using Genetic Algorithm	2019. 11.09	Journal of Asian Urban Environment, Annual 2019	박춘욱	
15	A Study on Perception of Fire-fighting Systems in Chinese International Students	2019. 11.09	Journal of Asian Urban Environment, Annual 2019	장추, 배영훈, 홍원화, 박춘욱	
16	노후학교 건축물 사용자의 재난안전 및 피난계획에 대한 인식도 조사	2019. 11.22	대한건축학회 대구*경북지회 2019년도 추계학술발표대회	이경원, 이윤하, 이지수	
17	한,중 지진사례와 내진법규의 비교를 통한 지진방재 정책의 발전방향 연구	2019. 11.22	대한건축학회 대구*경북지회 2019년도 추계학술발표대회	자이이지엔, 이윤하, 이지수, 홍원화	

(3) 지식재산권(특허, 실용신안, 디자인, 상표, 신품종 등)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록				기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록번호*	등록인	등록일	등록번호	등록번호*	
1	건물 안전상태정보 제공장치 및 방법	대한민국	주식회사 에이앤디시스템	2018.12.05.	10-2018-0154844						100%
2	출입정보에 기초한 건물 안전상태정보 제공방법 및 장치	대한민국	(주)온품	20191001	10-2019-0121424						100%
3	재난 정보 경보 시스템	대한민국	경북대학교 산학협력단	20191113	10-2019-0145279						100%
4	재난 정보 경보 장치 및 시스템	대한민국	경북대학교 산학협력단	20191113	10-2019-0145287						100%
5	재난정보 경보장치 비상전원 시스템	대한민국	경북대학교 산학협력단	20200218	10-2020-0019625						100%
6	무선 재난정보 경보장치 비상전원 시스템	대한민국	경북대학교 산학협력단	20200218	10-2020-0019626						100%

(4) 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호*	저작권자명	기여율
1	노후학교 IOT 센서데이터 분석 플랫폼	18.11.16	주식회사 콘크리닉	18.12.13	C-2018-038063	주식회사 콘크리닉	100%
2	노후학교 재난경보방송시스템	19.08.23	주식회사 온품	19.09.04	C-2019-024762	주식회사 온품	100%
3	노후학교 대피안내 앱	19.08.23	주식회사 온품	19.09.04	C-2019-024762	주식회사 온품	100%
4	노후학교 웹서버시스템	19.08.23	주식회사 온품	19.09.04	C-2019-024763	주식회사 온품	100%
5	노후학교 시설물 스마트 모니터링 네트워크 구축 프로그램	19.09.30	경북대학교 산학협력단	19.11.20	C-2019-033702	경북대학교 산학협력단	100%

(5) 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1		2019			2		2				2		

(6) 시제품

번호	구성품	용도	출시일	증빙
1	스마트 재난경보 및 대피안내시스템	사용자 운영프로그램 위험상황에 따른 푸시서비스 연계 프로그램 푸시 메시지 및 대피안내 메시지 표출	2019.07.31	TTA 시험성적서

3-2. 관련 분야 기여도

노후 학교 건축물 스마트모니터링 시스템 구축 기술

가. 개발기술 독창성/우수성

- 개발기술의 독창성
  - 센서데이터의 분석을 통한 노후학교건축물의 지속관리 가능성을 제시
  - 노후학교건축물에 사용가능한 맞춤형 스마트모니터링 시스템
- 개발기술의 우수성
  - 스마트 모니터링 시스템은 각 요소들이 개별적으로 구성되어있어, 중소형 규모의 모니터링 시스템 구축에 적합한 형태로 구성됨
  - 테스트베드 구축을 기반으로 한 실용성 검증

나. 관련 분야 기여도

- 노후건축물 재난안전에 대한 수동적 점검·대응 체계에서 선제적 대응체계로 안전관리에 대한 패러다임을 변화
- 건축물 안전관리 주체별 역량차로 인한 재난관리 위험 요소의 해결 및 재난시 도시 방재력 향상에 기여
- 건축물 점검 및 안전관리 업무의 비효율성 개선 및 전문성 향상이 가능
- 계측 모니터링을 통한 안전점검의 신뢰성 확보 노후건축물의 사용연한 증대 기대

실시간 재난 대응을 위한 스마트 재난 경보 및 대피안내 시스템 구축

가. 개발기술 독창성/우수성

- 개발기술의 독창성
  - 스마트 폰 앱을 통해 센서 정보 기반으로 건물 내부의 위험지점 정보와 대피 동선을 안내하여 피해가
    예측되는 지점을 우회하여 대피안내 메시지를 제공
  - 스마트 폰 앱 이외에 안내방송을 수행하여 스마트 폰을 소지하지 않은 사용자 피해 축소 가능
- 개발기술의 우수성
  - 안드로이드 및 iOS 스마트 폰의 앱 개발을 동시에 적용할 수 있는 솔루션 적용(자마린)
  - 건물별, 층별 위험 정보를 관리자, 교직원, 학생 별로 제공하여 사용자 대피 특성에 맞는 재난정보 서비스

나. 관련 분야 기여도

- 노후 건축물의 위험도를 판단하는 시스템으로 활용하여 구조진단 전문가의 현장 진단을 사전에 판단할 수 있으므로 진단 시간 및 비용 절감에 기여할 수 있음
- 센서 데이터를 기반으로 건물의 위험도를 판단할 수 있는 데이터가 생성되며 빅데이터, 인공지능 기반 건축물 관리 기반을 마련할 수 있음
- 실시간 대피안내를 통해 건물의 붕괴 및 화재 위험으로부터 재실자의 신속한 대피를 지원하여 인명 피해를 줄일 수 있음

노후 학교건축물 특성을 고려한 재난 대응 가이드라인 작성

가. 개발기술 독창성/우수성

◆ 개발기술의 독창성

- 학교 건축물의 연혁에 노후도에 따른 건축적·구조적 재난 취약특성과 법규코드 비교를 통한 재난대응 지체능력의 시대별 차이점 도출
- 시뮬레이션을 통해 붕괴 취약지점의 붕괴의 정도나 형태에 따라 피난이 지체되는 정도를 정량적으로 파악하여 필요에 따라 우회경로를 채택하거나 지체되는 시간 도출
- 피난실험을 통해 주요피난경로의 붕괴형태에 따른 인원별 보행속도 감소를 정량적으로 파악하여 우회경로 안내하는 방법론 제시

◆ 개발기술의 우수성

- 시뮬레이션과 피난실험을 병행하여 노후학교 건축물의 피난 장애특성을 정량화하여 우회경로 유도지점에 대한 정량적 근거자료를 제시함.

나. 관련 분야 기여도

- 현재 재난의 규모, 단계에 따른 재난대응 가이드라인에서 관리자와 사용주체, 건축물의 안전도에 따른 가이드라인 개발을 통해 보다 효율적이고 안전한 재난대응체계구축에 기여할 수 있을 것으로 기대됨.
- 학교 건축물 재난시 유도인원 배치와 우회경로 유도에 대한 의사결정 도구로 활용될 수 있음.

4. 연구개발성과의 활용 계획 등

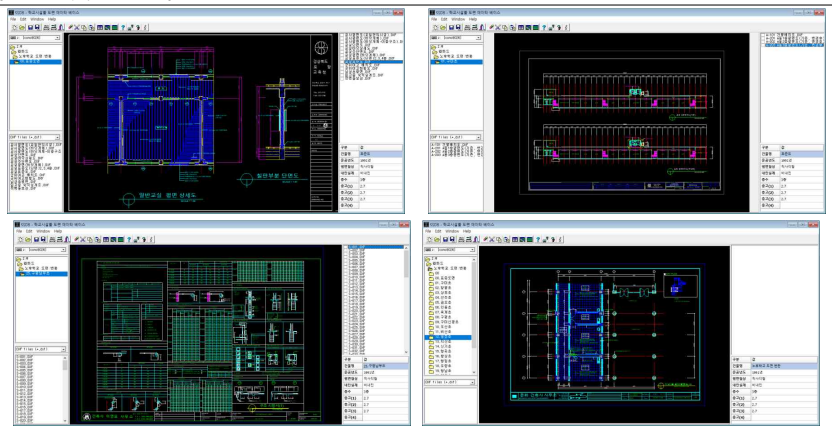
가. 연구개발성과 목록

<table>
<tr><th>연번</th><th>연구기관</th><th colspan="2">핵심성과물</th><th>성과유형</th><th>설명</th></tr>
<tr><td rowspan="7">1</td><td rowspan="7">경북대학교</td><td rowspan="2">건축물 유형에 따른 안전취약점 기반 센서 요구성능 도출</td><td>노후 학교 건축물 유형에 따른 안전취약점 도출 및 우선순위 작성</td><td>성과증빙 보고서 / 논문발표</td><td>노후학교의 도면 데이터 및 안전진단 산출물 분석 건축물의 구조적인 분류를 기반으로 한 안전도 평가의 기준</td></tr>
<tr><td>노후 학교 건축물 안전취약점에 따른 센서 요구성능 도출</td><td>성과증빙 보고서 / 논문발표</td><td>건축물 안전모니터링의 범위 선정 계측요소 및 성능목표 설정</td></tr>
<tr><td colspan="2">안전취약점을 고려한 최적 센서 부착 포인트 도출</td><td>성과증빙 보고서 / 논문발표</td><td>안전진단결과를 기준으로 센서부착위치 선정</td></tr>
<tr><td rowspan="2">상용센서 기반 학교 건축물 스마트 모니터링 네트워크 구축</td><td>노후 학교 건축물 안전 모니터링 및 안전도 진단을 위한 센서 데이터 구축 기술</td><td>소프트웨어 / 전문가 평가 결과서</td><td>데이터 분석 및 시각화 S/W 작성 센서데이터 구축 및 분석방법제시</td></tr>
<tr><td>상용센서 기반 학교 건축물 스마트모니터링 네트워크 구축</td><td>모니터링 시스템 구축 보고서 / 특허 출원 및 국내 논문</td><td>모니터링 시스템 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">센서 데이터 기반 위험단계 판단 알고리즘 개발</td><td>특허출원 및 국내논문/ 소프트웨어</td><td>센서데이터 기반 위함단계 판단 알고리즘 개발</td></tr>
</table>

				/ 알고리즘 개발 결과보고서	
		데이터 정합성 확보를 위한 시스템 시공·운영 가이드라인		논문발표/ 성과증빙 자료집 내 시공 및 운영가이드라인	스마트모니터링 시공 및 운영 가이드라인 제안
		테스트베드 구축 및 시스템 설치		테스트베드 설치 (3곳 설치)	시스템 활용 및 데이터 수집을 위한 테스트베드 구축
		재난모사 피난실험 실시 및 현장실증		실험결과 보고서 / 논문발표	개발된 대피안내시스템의 효율성을 검증하기 위한 대피실험 실시 대피실험의 결과분석을 통해 대피안내시스템의 효율성 검증
		건축물 안전모니터링 및 대피안내 시스템 통합구현 및 고도화	건축물 안전 모니터링 시스템 고도화	결과보고서	자문회의 개최를 통한 건축물 안전모니터링 시스템 고도화
2	㈜온품	실시간 재난대응을 위한 스마트 재난경보 및 대피안내 시스템 구축	사용주체 특성을 고려한 맞춤형 통합경보시스템 설계	설계 보고서	수용자 특성별 UI/UX 설계안 제시 관리자, 교직원, 학생용 스마트폰 앱을 별도로 개발하여 사용자의 특성에 맞는 대피안내를 제시함
				설계 보고서	경보체계 위계설정, 재난경보 의사결정 및 경보발령 프로세스 작성을 통한 통합경보시스템 설계 재난 위험단계를 주의, 심각 단계로 구분하고 단계별 맞춤형 행동요령, 메시지 구분, 정보전달 방안을 구분하였으며 시각적인 가용성을 증가시켰음 관리자에게 경보 알림에 대한 승인 권한을 부여하고 심각성을 판단할 수 있는 단계를 추가하여 의사결정에 대한 프로세스를 젖용함
			실시간 스마트 모니터링 기반 스마트 대피안내 시스템 구현	실측 보고서	재난정보 대피안내 APP 도달율 99% 대피 대상자들에 대한 실측 결과 푸시 메시지 및 대피안내 메세지도달율이 100%를 달성함
				실측 보고서	다매체 대피안내 재난방송 전송시간 5초 이내 건물에 부착한 센서 데이터를 분석한 결과 주의, 심각 이벤트를 수신한 후 재난방송을 전송하는 시간에 대해 실측한 결과 평균 3.8초로 목표치보다 빠른 시간내에 재난방송을 수행함

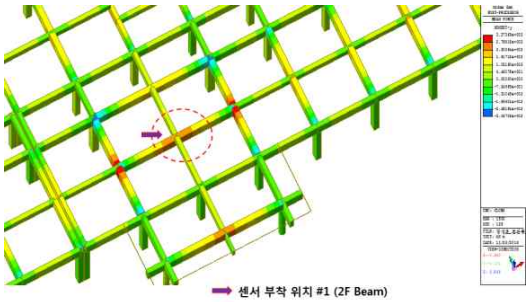
		건축물 안전모니터링 및 대피안내 시스템 통합구현 및 고도화	대피안내시스템 통합구현 및 고도화	개선보고서	자문회의 전문가 평가의견 반영 방안수립 대구 경북 지역의 유관기관 재난 담당자, 재난분야 연구 전문가, 산업계에 종사하는 전문가들의 평가를 수행하고 개선방안에 대한 의견을 수렴함 평가의견에 대한 개선방안을 도출하고 적용방안에 대한 보고서를 작성함
3	경일대학교	노후 학교건축물 특성을 고려한 재난대응 가이드라인 작성	현행 재난대응가이드라인 검토 및 개선안 제시	취약점 도출/ 보고서 논문발표	학교 건축물의 안전관리 매뉴얼 및 재난 대응 매뉴얼의 문제점 분석 건축물의 노후화에 대한 개념이 포함된 점검지표가 제시되고 있으나, 사용자 입장에서 지속적인 모니터링, 육안관찰 등에 따른 점검이 필요하다고 제시함.
					일반적인 학교 건축물과 달리 노후학교 건축물은 자체의 내구성이 저하됨에 따라 지진, 붕괴, 화재 등의 재난에 특히 취약하며 구조부나 건축요소 별 각기 다른 위험특성을 나타냄. 노후학교 건축물 재난 취약 특성을 도출하여 화재, 노후로 인한 붕괴 및 파손 그리고 지진 등의 상황을 감안하였을 때 위험요소를 건축적·구조적 측면으로 구분
					학교 시설 안전확보를 위한 가이드라인의 방향 정립 재난 상황시 대피시설로의 역할을 학교에서 수행하게 되어 역할의 연속성을 유지할수 있는 리질리언스의 개념을 가이드라인에 적용
			관리·사용자별 재난대응 가이드라인 적정성	전문가 평가 결과 보고서 / 논문 발표	재난의 규모와 형태별로 발생가능한 시나리오를 구축하고 관리·사용주체별 표준행동절차도 작성 스마트 안전시스템에서 얻을 수 있는 정보의 종류와 형태에 따라 사용·관리자 별로 DEPTH를 결정 노후학교 건축물의 재난취약특성에 대한 가이드라인을 연구내용에 반영하고 물리적 현황과 특성을 매뉴얼에 포함될수 있도록 개발
				개선 보고서	자문회의 전문가 평가의견 반영 방안 수립 평가의견에 대한 반영 방안을 수립하고 가이드라인 수정 및 보완을 통해 적용 대구·경북지역의 재난분야 전문가와 지자체 실무자들을 초청하여 평가를 수행하고 개선방안에 대한 의견을 수렴함

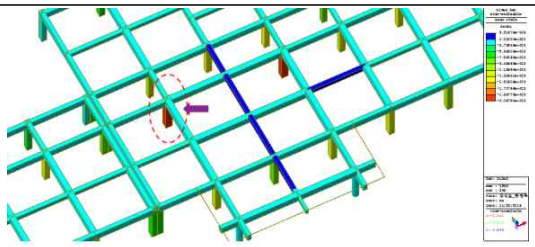
나. 핵심성과물별 세부 설명

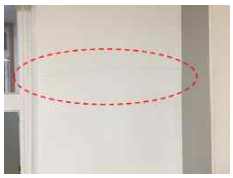
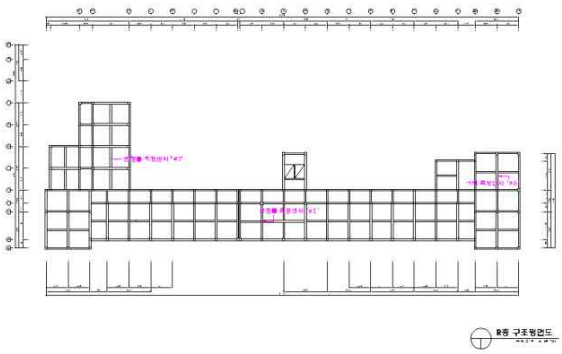
<table>
<tr><td>정의</td><td colspan="3">• 건축물 유형에 따른 안전취약점 기반 센서 요구성능 도출</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="3">• 노후학교의 도면 데이터 및 안전진단 산출물 분석
• 건축물의 구조적인 분류를 기반으로 한 안전도 평가의 기준
• 건축물 안전모니터링의 범위 선정
• 계측요소 및 성능목표 설정</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="3">


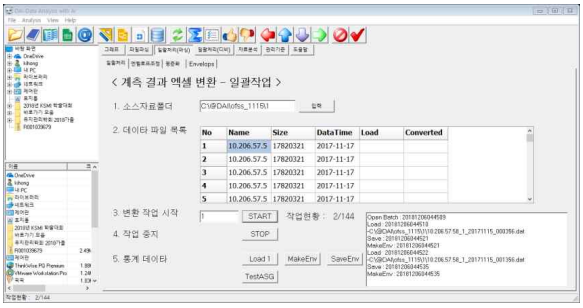
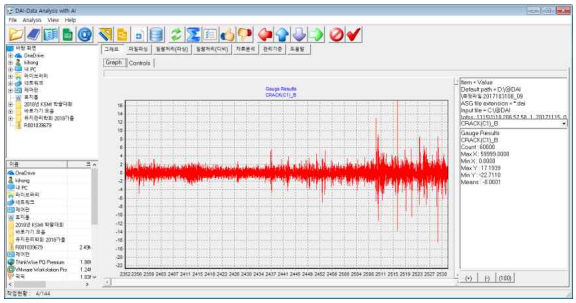
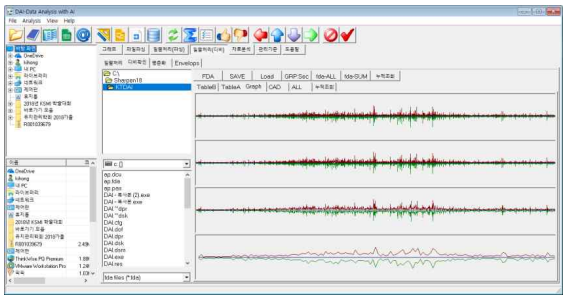
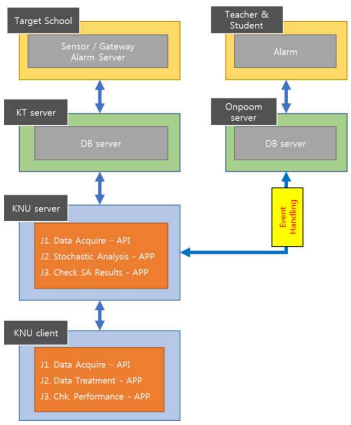
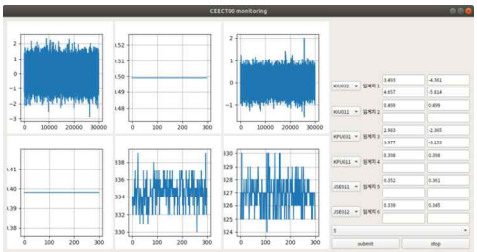
• 시설물 유지관리데이터 분석
• 도면 디비프로그램 개발 및 분석
•

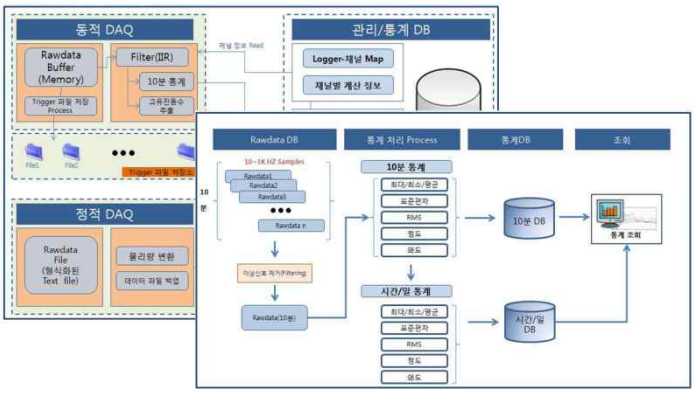
센서별 요구성능
<table>
<tr><td>균열</td><td>측정범위 : 0 ~ 0.5mm 이상
측정간격 : 0.01mm 이하</td></tr>
<tr><td>기울기</td><td>측정범위 : 0 ~ 1/150(mm/m)이상
측정간격 : 1/50(0.02mm/m) 이하</td></tr>
<tr><td>가속도</td><td>측정범위(주파수영역) : 0.1 ~ 50 Hz
동적범위 : 120dB 이상
성분간 감도오차 : 2% 이내</td></tr>
<tr><td>온도</td><td>측정범위 : 150℃ 이상
측정간격 : 1℃이하</td></tr>
</table>
• 노후학교건축물의 안전취약성을 반영한 재해재난 유형선정
• 법규 및 기준고찰을 통한 센서별 요구성능 도출</td></tr>
<tr><td>성과달성
확인방법</td><td colspan="3">• 성과증빙 보고서
• 논문발표</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과달성에
따른 정량적
성과(최종)</td><td></td><td>목표치</td><td>달성치</td></tr>
<tr><td>학술대회</td><td>3건</td><td>5건</td></tr>
</table>

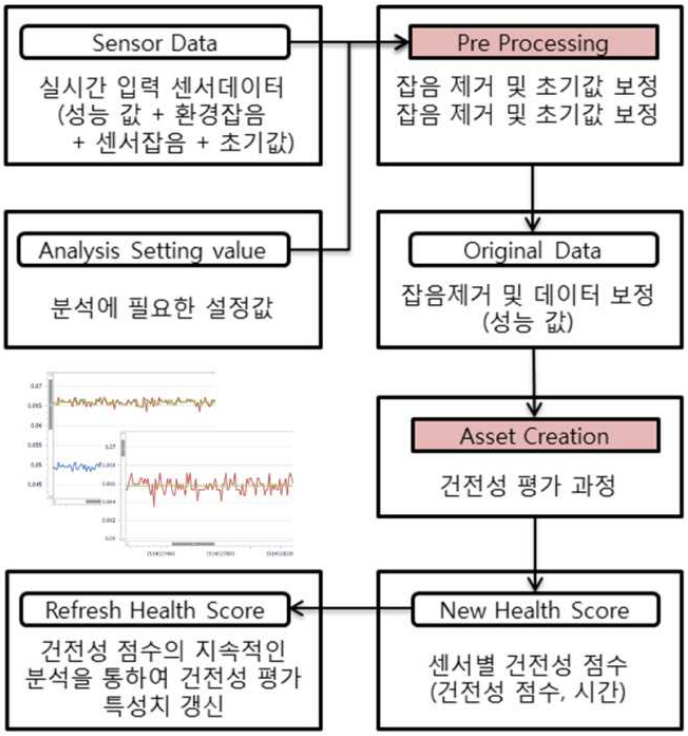
<table>
<tr><td>정의</td><td colspan="3">• 안전취약점을 고려한 최적 센서 부착 포인트 도출</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="3">• 안전진단결과를 기준으로 센서부착위치 선정</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="3">


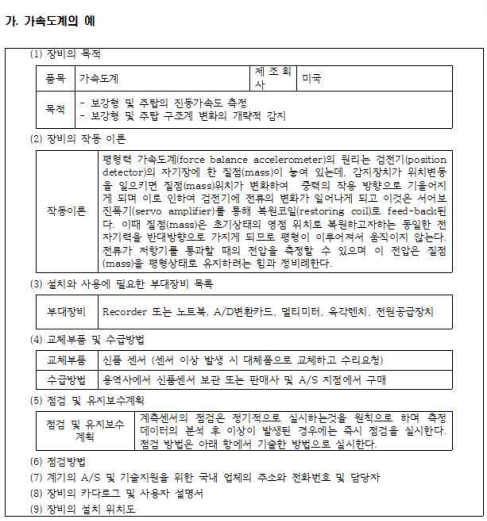
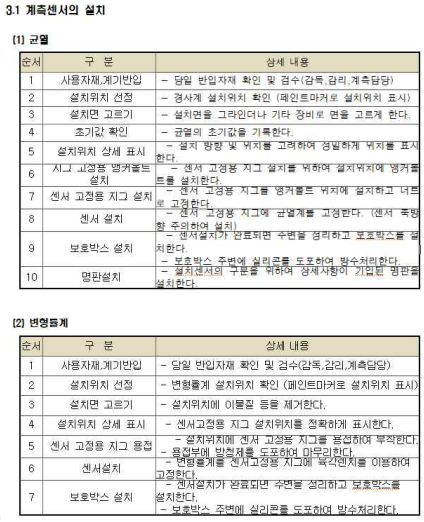




센서 #5 : 변형률
센서 #6 : 가속도
센서 #7 : 변형률
• 구조해석 결과를 바탕으로한 센서부착위치 선정
• 정밀안전진단 결과를 바탕으로한 센서부착위치 선정</td></tr>
<tr><td>성과달성
확인방법</td><td colspan="3">• 성과증빙 보고서
• 논문발표</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과달성에
따른 정량적
성과(최종)</td><td></td><td>목표치</td><td>달성치</td></tr>
<tr><td>학술대회</td><td>1건</td><td>1건</td></tr>
</table>

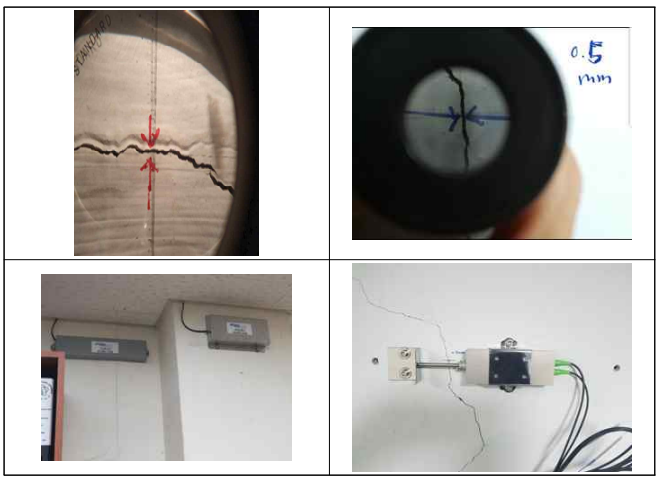
정의	• 상용센서 기반 학교 건축물 스마트 모니터링 네트워크 구축
목적	• 데이터 분석 및 시각화 S/W 작성 • 센서데이터 구축 및 분석방법제시 • 모니터링 시스템 개발
성능목표	• 데이터 수집 및 분석 소프트웨어 개발    • 모니터링 시스템 개발 및 구축  

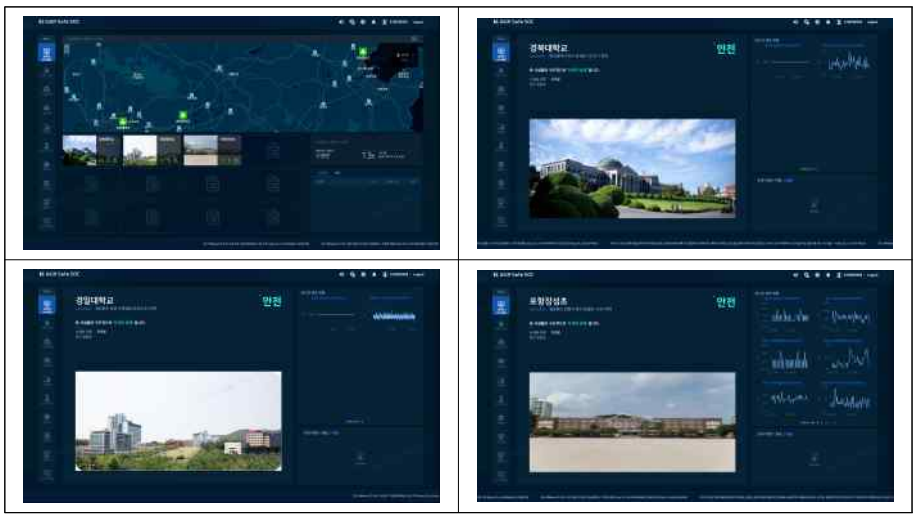
<table>
<tr><td></td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>성과달성
확인방법</td><td colspan="3">• 소프트웨어 개발
• 전문가 평가 결과서
• 모니터링시스템 구축 보고서
• 특허 출원 및 국내 논문</td></tr>
<tr><td rowspan="4">성과달성에
따른 정량적
성과(최종)</td><td></td><td>목표치</td><td>달성치</td></tr>
<tr><td>국내 특허 출원/등록</td><td>출원 1건</td><td>출원 1건</td></tr>
<tr><td>국내논문</td><td>1건</td><td>1건</td></tr>
<tr><td>SW 저작권</td><td>1건</td><td>1건</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>정의</td><td colspan="3">• 센서 데이터 기반 위험단계 판단 알고리즘 개발</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="3">• 센서데이터 기반 위함단계 판단 알고리즘 개발</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="3">• 위험단계 판단알고리즘 개발
• 시스템 내 판단 알고리즘 반영
 
</td></tr>
<tr><td>성과달성
확인방법</td><td colspan="3">• 특허출원 및 국내논문
• 소프트웨어 개발결과
• 알고리즘 개발 결과보고서</td></tr>
<tr><td rowspan="5">성과달성에
따른 정량적
성과(최종)</td><td></td><td>목표치</td><td>달성치</td></tr>
<tr><td>국내 특허 출원/등록</td><td>1건</td><td>1건</td></tr>
<tr><td>국내논문</td><td>2건</td><td>2건</td></tr>
<tr><td>학술대회</td><td>1건</td><td>1건</td></tr>
<tr><td>SW 저작권</td><td>1건</td><td>1건</td></tr>
</table>

정의	• 데이터 정합성 확보를 위한 시스템 시공·운영 가이드라인
목적	• 스마트모니터링 시공 및 운영 가이드라인 제안
성능목표	 가. 가속도계의 예 (1) 장비의 목적 품목: 가속도계 / 제조회사: 미국 목적: - 보강형 및 주탑의 진동가속도 측정 - 보강형 및 주탑 구조계 변화의 개략적 감지 (2) 장비의 작동 이론 작동이론: 평형력 가속도계(force balance accelerometer)의 원리는 검전기(position detector)의 자기장에 한 질점(mass)이 놓여 있는데, 감지장치가 위치변동을 일으키면 질점(mass)위치가 변화하여 중력의 작용 방향으로 기울어지게 되며 이로 인하여 검전기에 전류의 변화가 일어나게 되고 이것은 서어보 진폭기(servo amplifier)를 통해 복원코일(restoring coil)로 feed-back된다. 이때 질점(mass)은 초기상태의 영점 위치로 복원하고자하는 동일한 전자기력을 반대방향으로 가지게 되므로 평형이 이루어져서 움직이지 않는다. 전류가 저항기를 통과할 때의 전압을 측정할 수 있으며 이 전압은 질점(mass)을 평형상태로 유지하려는 힘과 정비례한다. (3) 설치와 사용에 필요한 부대장비 목록 부대장비: Recorder 또는 노트북, A/D변환카드, 멀티미터, 육각렌치, 전원공급장치 (4) 교체부품 및 수급방법 교체부품: 신품 센서 (센서 이상 발생 시 대체품으로 교체하고 수리요청) 수급방법: 용역사에서 신품센서 보관 또는 판매사 및 A/S 지점에서 구매 (5) 점검 및 유지보수계획 점검 및 유지보수 계획: 계측센서의 점검은 정기적으로 실시하는것을 원칙으로 하며 측정 데이터의 분석 후 이상이 발생된 경우에는 즉시 점검을 실시한다. 점검 방법은 아래 항에서 기술한 방법으로 실시한다. (6) 점검방법 (7) 계기의 A/S 및 기술지원을 위한 국내 업체의 주소와 전화번호 및 담당자 (8) 장비의 카다로그 및 사용자 설명서 (9) 장비의 설치 위치도  3.1 계측센서의 설치 (1) 균열 순서 / 구 분 / 상세 내용 1 사용자재,계기반입 / - 당일 반입자재 확인 및 검수(감독,감리,계측담당) 2 설치위치 선정 / - 경사계 설치위치 확인 (페인트마커로 설치위치 표시) 3 설치면 고르기 / - 설치면을 그라인더나 기타 장비로 면을 고르게 한다. 4 초기값 확인 / - 균열의 초기값을 기록한다. 5 설치위치 상세 표시 / - 설치 방향 및 위치를 고려하여 정밀하게 위치를 표시한다. 6 시그 고정용 앵커볼트 설치 / - 센서 고정용 지그 설치를 위하여 설치위치에 앵커볼트를 설치한다. 7 센서 고정용 지그 설치 / - 센서 고정용 지그를 앵커볼트 위치에 설치하고 너트로 고정한다. 8 센서 설치 / - 센서 고정용 지그에 균열계를 고정한다. (센서 측방향 주의하여 설치) 9 보호박스 설치 / - 센서설치가 완료되면 주변을 정리하고 보호박스를 설치한다. - 보호박스 주변에 실리콘을 도포하여 방수처리한다. 10 명판설치 / - 설치센서의 구분을 위하여 상세사항이 기입된 명판을 설치한다. (2) 변형률계 순서 / 구 분 / 상세 내용 1 사용자재,계기반입 / - 당일 반입자재 확인 및 검수(감독,감리,계측담당) 2 설치위치 선정 / - 변형률계 설치위치 확인 (페인트마커로 설치위치 표시) 3 설치면 고르기 / - 설치위치에 이물질 등을 제거한다. 4 설치위치 상세 표시 / - 센서고정용 지그 설치위치를 정확하게 표시한다. 5 센서 고정용 지그 용접 / - 설치위치에 센서 고정용 지그를 용접하여 부착한다. - 용접부에 방청제를 도포하여 마무리한다. 6 센서설치 / - 변형률계를 센서고정용 지그에 육각렌치를 이용하여 고정한다. 7 보호박스 설치 / - 센서설치가 완료되면 주변을 정리하고 보호박스를 설치한다. - 보호박스 주변에 실리콘을 도포하여 방수처리한다. • 스마트모니터링 시스템 구축을 위한 성능목표와 구축 가이드라인 개발 • 운영 가이드라인 제시
성과달성 확인방법	• 논문발표 • 성과증빙자료집 내 시공 및 운영가이드라인

성과달성에 따른 정량적 성과(최종)		목표치	달성치
	학술대회	1건	2건

<table>
<tr><td>정의</td><td colspan="3">• 테스트베드 구축 및 시스템 설치</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="3">• 시스템 활용 및 데이터 수집을 위한 테스트베드 구축</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="3"> 

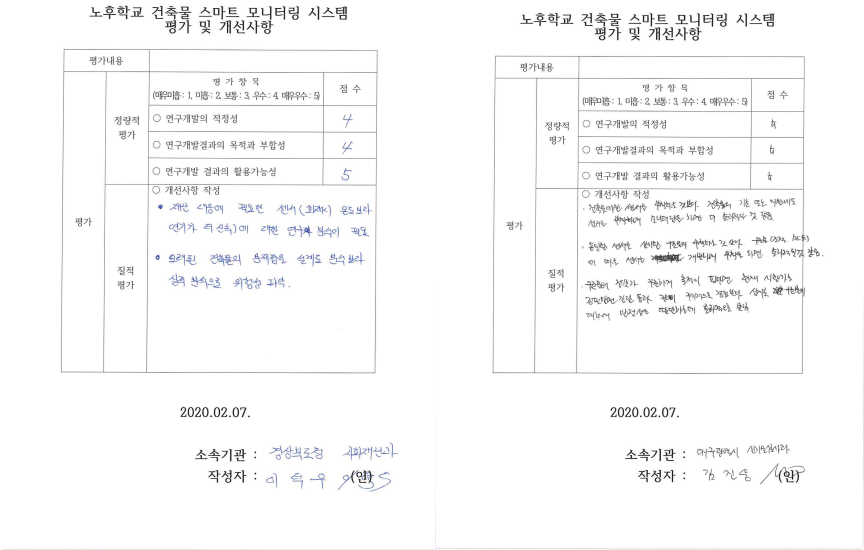


• 1개소 이상의 테스트베드 설치</td></tr>
<tr><td>성과달성
확인방법</td><td colspan="3">• 테스트베드 설치 유무 (3곳 설치)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과달성에
따른 정량적
성과(최종)</td><td></td><td>목표치</td><td>달성치</td></tr>
<tr><td>기타</td><td>테스트베드 1개소</td><td>테스트베드 3개소</td></tr>
</table>

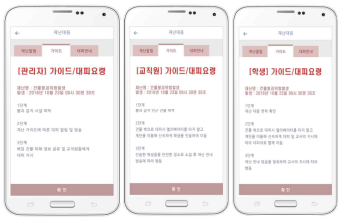
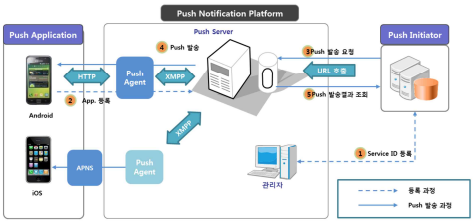
<table>
<tr><td>정의</td><td colspan="3">• 재난모사 피난실험 실시 및 현장실증</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="3">• 시스템의 성능검증을 위한 모의 피난실험 실시</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="3">

• 모의 피난실험을 통한 피난시간 감소율 20% 달성
</td></tr>
<tr><td>성과달성
확인방법</td><td colspan="3">• 피난실허 결과보고서
• 국내 논문</td></tr>
<tr><td rowspan="3">성과달성에
따른 정량적
성과(최종)</td><td></td><td>목표치</td><td>달성치</td></tr>
<tr><td>국내논문</td><td>1건</td><td>1건</td></tr>
<tr><td>학술대회</td><td>1건</td><td>1건</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>정의</td><td>• 건축물 안전 모니터링 시스템 고도화</td></tr>
<tr><td>목적</td><td>• 자문회의 개최를 통한 건축물 안전모니터링 시스템 고도화</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td>

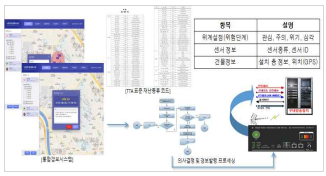
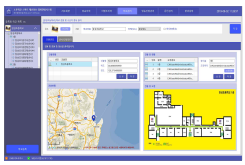
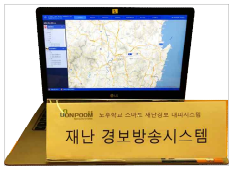
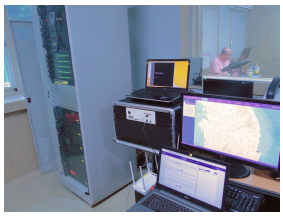
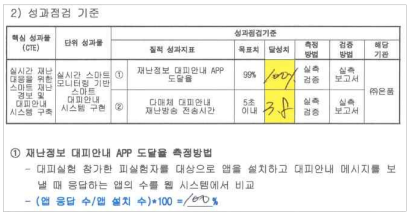
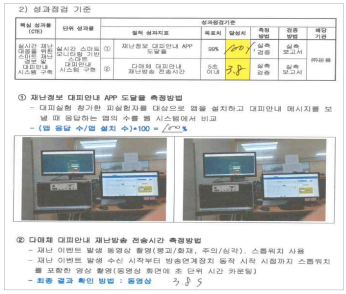

노후학교 건축물 스마트 모니터링 시스템
평가 및 개선사항
평가내용
평가
정량적 평가
평 가 항 목 (매우미흡 : 1, 미흡 : 2, 보통 : 3, 우수 : 4, 매우우수 : 5)
점 수
○ 연구개발의 적정성 4
○ 연구개발결과의 목적과 부합성 4
○ 연구개발 결과의 활용가능성 5
질적 평가
○ 개선사항 작성
• 과한 수명에 관한 센서(3종류) 운도보다 연기가 더 선호)에 대한 연구개발 필요성이 필요.
• 오래된 건축물의 손상정도 실제로 분석보다 실제 분석으로 위험성 파악.
2020.02.07.
소속기관 : 경상북도청 사회재난과
작성자 : 이 득 우 (인)
노후학교 건축물 스마트 모니터링 시스템
평가 및 개선사항
평가내용
평가
정량적 평가
평 가 항 목 (매우미흡 : 1, 미흡 : 2, 보통 : 3, 우수 : 4, 매우우수 : 5)
점 수
○ 연구개발의 적정성 4
○ 연구개발결과의 목적과 부합성 4
○ 연구개발 결과의 활용가능성 4
질적 평가
○ 개선사항 작성
2020.02.07.
소속기관 : 대구광역시 재난안전과
작성자 : 김 건 홍 (인)
</td></tr>
<tr><td></td><td>• 전문가 자문회의 개최를 통한 건축물 안전모니터링시스템 고도화 방안 수립</td></tr>
<tr><td>성과달성 확인방법</td><td>• 전문가 자문회의 평가의견 개선방안 수립 보고서</td></tr>
</table>

성과달성에 따른 정량적 성과(최종)		목표치	달성치
	국내 특허 출원/등록	출원 1건	출원 2건

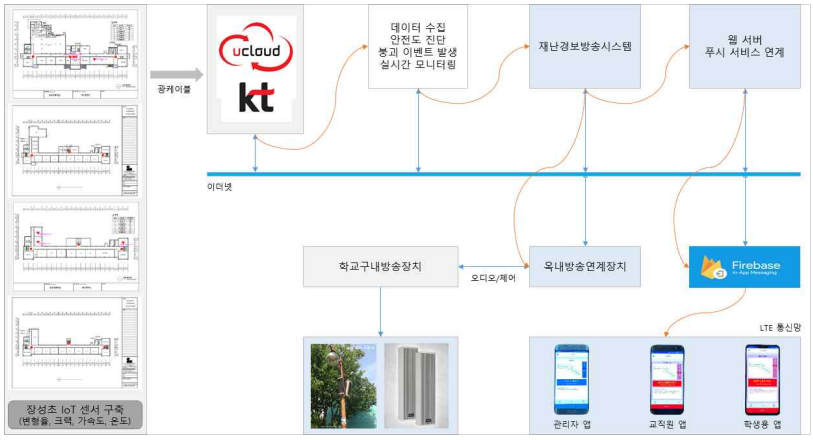
<table>
<tr><td>정의</td><td colspan="3">• 사용주체 특성을 고려한 맞춤형 통합경보시스템 설계</td></tr>
<tr><td>목적</td><td colspan="3">• 수용자 특성별 UI/UX 설계안 제시
• 경보체계 위계설정, 재난경보 위계설정 및 경보발령 프로세스 작성을 통한 통합경보 시스템 설계</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td colspan="3">• 스마트 폰 앱 개발을 위한 설계(관리자용, 교직원용, 학생용 3종), 푸시 서비스를 위한 웹 설계
 
 

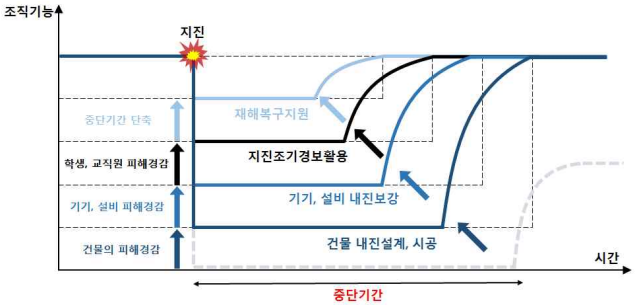
• 통합경보시스템 설계(아키텍쳐, 화면설계, 기능정의, 데이터 클래스, 의사결정, 경보발령, DB)

</td></tr>
<tr><td>성과달성 확인방법</td><td colspan="3">• 설계 보고서 작성(전문가평가 결과서)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과달성에 따른 정량적 성과(최종)</td><td></td><td>목표치</td><td>달성치</td></tr>
<tr><td>국내 특허 출원/등록</td><td>출원 1건</td><td>출원 1건</td></tr>
</table>

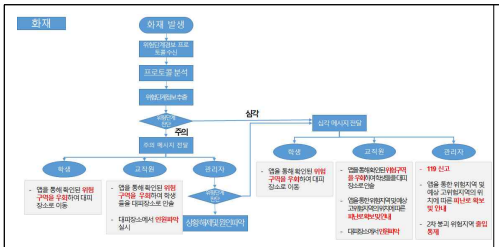
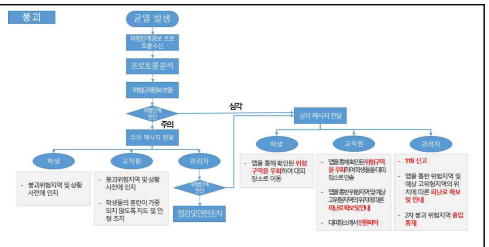
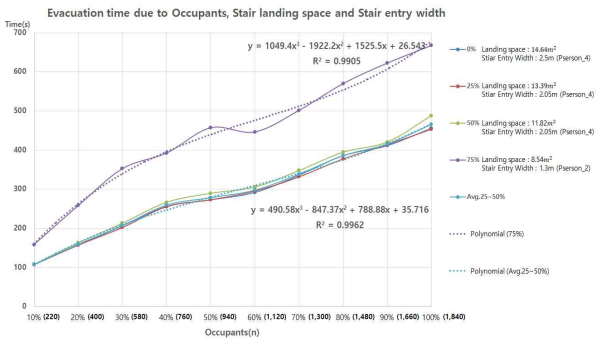
정의	• 실시간 스마트 모니터링 기반 스마트 대피안내 시스템 구현
목적	• 다매체 통합경보시스템 구현 및 적용
성능목표	• 통합경보시스템 개발    • 스마트 폰 앱 개발 • 테스트베드 탑재 및 시험, 현장검증   
성과달성 확인방법	• 실측 보고서(앱 메시지 도달율 100%, 재난방송 전송시간 3.8초)

성과달성에 따른 정량적 성과(최종)		목표치	달성치
	국내 특허 출원/등록	출원 1건	출원 1건
	학술대회	2건	2건
	SW 저작권	1건	3건
	시제품	1건	1건

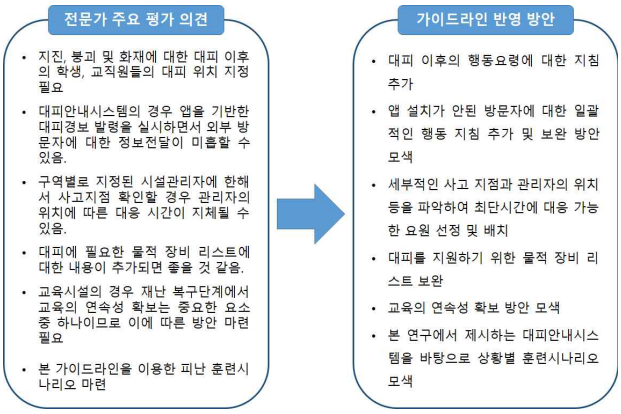
정의	• 대피안내시스템 통합구현 및 고도화
목적	• 재난경보방송시스템 관련 자문회의를 통한 개선방안 수립
성능목표	• 전문가 평가 자문회의 결과 개선방안 수립  - 통합경보시스템(재난경보방송시스템). 웹서버(푸시 연계 서비스), 스마트폰 앱 고도화
성과달성 확인방법	• 전문가 자문회의 평가의견 개선방안 수립 보고서

<table>
<tr><td>정의</td><td>• 현행 재난대응가이드라인 검토 및 개선안 제시</td></tr>
<tr><td>목적</td><td>• 현재 학교건축물 재난대응 가이드라인에 대한 문제점을 도출하고 노후학교 건축물의 재난취약특성을 규명하여 가이드라인의 제작방향 정립</td></tr>
<tr><td>성능목표</td><td>
• 현재 학교 건축물 재난대응 가이드라인에서 유형별 재난 대응 방법에 대해서는 명시하고 있으나, 해당 시설의 노후도와 유지관리분야에서는 내용적으로 미비한 부분이 존재.
• 또한 해당 시설의 재난 취약특성과 특정 지점에서의 위험요소에 대해서는 제시하고 있지 않음.
<table>
<tr><th>내 용
요 소</th><th>취약특성</th><th>취약 재난 유형</th></tr>
<tr><td>슬래브</td><td>상하부의 규칙적인 균열과 변형(기둥 주변융기, 중앙부 처짐)</td><td>붕괴, 지진</td></tr>
<tr><td>기둥</td><td>경사균열과 수평균열, 피복 콘크리트 터짐, 주철근 노출, 변형</td><td>화재, 붕괴, 지진</td></tr>
<tr><td>보</td><td>단부 사인장 균열, 중앙부 휨 균열, 처짐</td><td>화재, 붕괴, 지진</td></tr>
<tr><td>축벽,옹벽</td><td>수평이동, 침하, 기울어짐, 균열과 변형(배부름) 등</td><td>붕괴, 지진</td></tr>
<tr><td>지반</td><td>기울음, 외벽 경사균열, 바닥 포장 부위 침하 및 균열</td><td>붕괴, 지진</td></tr>
<tr><td>자재</td><td>각부의 균열, 누수, 백화나 습윤(결로)등, 철재부식, 폭열</td><td>화재, 붕괴, 지진</td></tr>
</table>
• 본 연구에서는 노후학교 건축물의 재난취약특성을 건축적, 구조적 측면에서 제시하고, 가이드라인에서 학교의 업무 특성을 고려하여 연속성을 확보하기 위한 방향을 제시하였음.


<리질리언스 향상을 위한 지진대책 (출처 : 이호준, 2018)>
</td></tr>
<tr><td>성과달성 확인방법</td><td>• 논문성과</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과달성에 따른 정량적 성과(최종)</td><td></td><td>목표치</td><td>달성치</td></tr>
<tr><td>학술대회</td><td>1건</td><td>3건</td></tr>
</table>

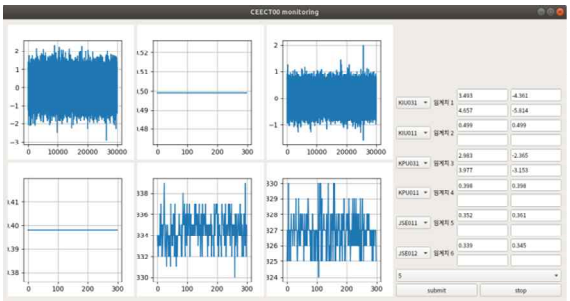
정의	• 관리·사용자 별 재난대응 가이드라인 작성
목적	• 관리·사용자에 따른 대응 가이드라인 적정성 검토
성능목표	• 본 연구에서 개발된 스마트 재난경보 및 대피안내시스템과 관리·사용주체별 가이드라인의 내용적 부합성을 위해 위기유형을 붕괴 상황과 화재 상황으로 구분하여 각 상황별 행동요령을 구성  <화재 상황판단 알고리즘 및 행동요령>  <붕괴 상황판단 알고리즘 및 행동요령> • 붕괴취약지점을 도출하여 각 지점에 대한 붕괴정도에 따른 시나리오를 설계하였으며 이를 바탕으로 시나리오에 따라 예상되는 지체의 형태를 분석하고 결과를 가이드라인에 반영하여 특정위험이 인지되는 경우 우회경로를 안내하도록 하는 것이 목적임.  **<계단참 붕괴시나리오별 피난시간 그래프>]**
성과달성 확인방법	• 자문회의 개선사항도출 및 적용방안 수립

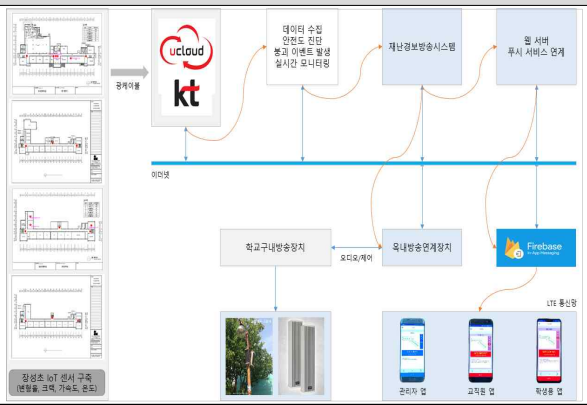
성과달성에 따른 정량적 성과(최종)		목표치	달성치
	국내논문	1건	1건
	학술대회	1건	2건

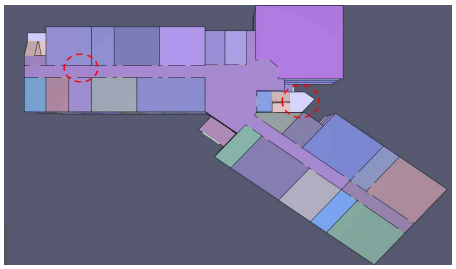
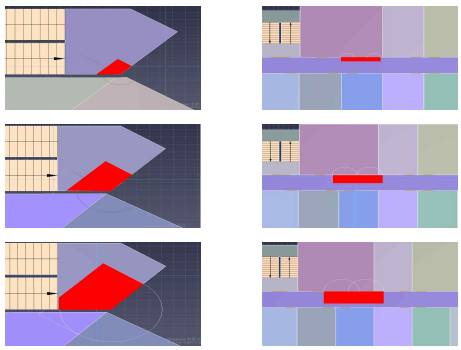
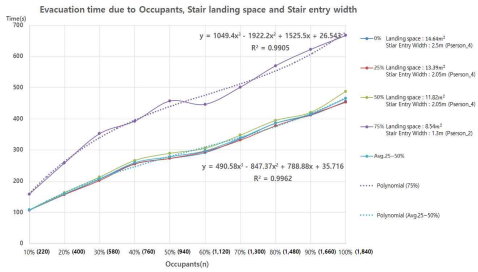
정의	• 재난대응 가이드라인 통합구현 및 고도화
목적	• 자문회의 개최를 통한 재난대응 가이드라인 고도화
성능목표	• 2차년도 실시한 가이드라인 전문가 설명회 결과 반영한 사용주체별 특성 반영  **[전문가 주요 평가 의견서에 대한 가이드라인 반영 방안]** • 자문회의 개선안 반영을 통한 가이드라인 고도화
성과달성 확인방법	• 전문가 자문회의 평가의견 개선방안 수립 보고서

다. 연구개발성과의 활용계획

(1) 분야(요소기술)별 활용 계획

노후 학교 건축물 스마트 안전모니터링 시스템 구축 기술	
	대경권을 중심으로 한 노후학교건축물에 적용가능하며, 교육청을 중심으로 학교의 안전관리에 활용가능 노후학교건축물의 정밀안전진단의 보조도구로서의 활용가능 노후학교건축물의 구조건정성 확보에 기여가능 대경권 지진발생 시 학교 구조물 안전진단의 보조도구로서 활용가능

실시간 재난 대응을 위한 스마트 재난 경보 및 대피안내 시스템 구축	
	대경권 중심으로 발생하는 재난에 대한 피해 예방 시설물 안전관리 및 유지관리 시스템으로 활용 지자체 및 중앙정부 통합대응시스템 적용 노후학교 이외의 노후 시설물 적용 가능(민간, 공공) 내진설계 미적용 건축물 대부분이 노후화된 단독주택, 업무 및 근린생활시설, 교육 및 연구 시설등 생활 밀착 시설로 재난 발생 시 국민 체감 피해도가 높음. 민간 시설물 시스템 도입 확산을 위해 경제성 및 설치 용이성을 갖춘 보급형 안전관리 시스템 보급에 활용될 수 있음

노후 학교건축물 특성을 고려한 재난 대응 가이드라인 작성	
 계단참 / 복도부 25% 50% 75%  [계단참과 복도 붕괴 시나리오와 피난 모델링 설계]	 **<계단참 붕괴시나리오별 피난시간 그래프>]** 노후학교 건축물의 재난 시 발생 가능한 시나리오를 정립하여 피난 지체 특성을 정량적으로 파악하여 현저한 속도 감소 지점이 예상되는 구간에서의 우회경로 유도 방법론을 가이드라인에 적용 향후 교육청, 교육시설, 개별 학교기관 등에서 피난가이드라인 제작에 있어 기존에 제시되지 않은 주요 피난 지점의 정량적 위험정도 판단 자료로 활용 학교 건축물 재난시 유도인원 배치와 우회경로 유도에 대한 의사결정의 지원도구로 활용될 수 있음.

(2) 최종 개발된 시스템 활용방안

요소기술명	노후 학교 건축물의 재난예측 스마트 모니터링 및 대피안내시스템
기술개요	노후 학교 건축물 안전모니터링 시스템 구축 기술 실시간 재난 대응을 위한 스마트 재난 경보 및 대피안내 시스템 구축 노후 학교건축물 특성을 고려한 재난 대응 가이드라인
관련 키워드	노후학교건축물, 모니터링시스템, 대피안내시스템, 가이드라인
기술 분류	EI1101
성과물 유형*	□공법/기법 □장비/장치 □재료/자재 □SW ■시스템 □기준/지침 ■기타
기술수명주기**	■기술도입기 □기술성장기 □기술성숙기 □기술쇠퇴기

단계	종료 후 1년	종료 후 2년	종료 후 3년	종료 후 4년	종료 후 5년
Ⅰ	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계	기술 개발 단계
	□ 완료	□ 완료	□ 완료	□ 완료	□ 완료
Ⅱ	기술 검증.보완 단계	기술 검증.보완 단계	기술 검증.보완 단계	기술 검증.보완 단계	기술 검증.보완 단계
	■ 준비 □ 진행중 □ 완료	□ 준비 ■ 진행중 □ 완료	□ 준비 □ 진행중 ■ 완료	□ 준비 □ 진행중 □ 완료	□ 준비 □ 진행중 □ 완료
Ⅲ	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)	실용화 추진 단계 (마케팅)
	□ 준비 □ 진행중	□ 준비 □ 진행중	□ 준비 □ 진행중	■ 준비 □ 진행중	□ 준비 ■ 진행중
Ⅳ	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계	시장수용 단계
	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생	□ 초기발생 □ 지속발생

- 통합된 연구개발 결과 기술실시 예정
  - 본 과업의 최종결과물인 노후 학교 건축물 안전모니터링 시스템 구축 기술, 실시간 재난 대응을 위한 스마트 재난 경보 및 대피안내 시스템 구축, 노후 학교건축물 특성을 고려한 재난 대응 가이드라인을 통합한 노후학교건축물 재난대응 스마트 모니터링 및 대피안내 시스템에 대한 기술실시 예정 (2020년 5월)

- 지속적인 업무협의를 통한 종료 후 5년 뒤 실용화 추진단계 완료 예정 (센서 및 시스템 구축, 서비스 비용 절감 등)

붙임. 참고문헌

- 이지수・이윤하・이경원・홍원화. 노후학교 건축물의 재난대응 매뉴얼 개선을 위한 재난 취약특성에 관한 연구. 대한건축학회 대구-경북지회. 2018.11
- 이호준. 지진복합재난에 대비한 리질리언스 체계. 한국재난정보학회. 2018
- 이윤하・이지수・홍원화. 재난 리질리언스 향상을 위한 학교시설 재난대응 가이드라인 고찰. 대한건축학회 대구-경북지회. 2018.11
- 문재호. 복도 및 계단 폭이 피난소요시간에 미치는 영향에 관한 연구 : 대학교육시설을 중심으로. 석사학위논문. 충남대학교. 2010.02

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술지역특성화사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통기술지역특성화사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

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