

## 5D 통합시설물관리 서비스

스마트시티  
혁신성장동력 프로젝트

Technical Report [2부-5권]

[2-3세부과제]  
주관연구기관-메타빌드



국토교통부



과학기술정보통신부



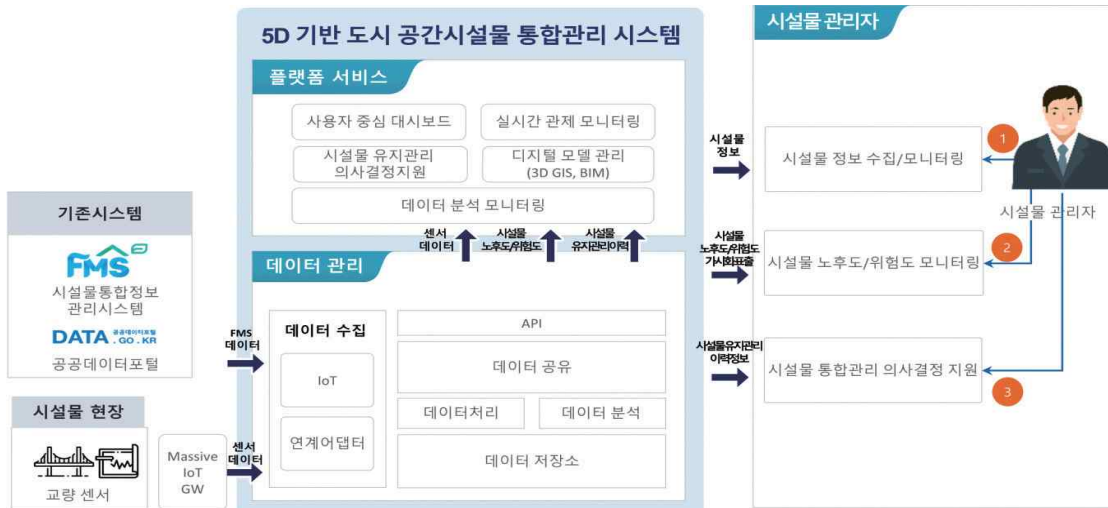
국토교통과학기술진흥원



DEAPCITY  
National Strategic Smart City Program

과제명	5D 통합시설물관리 서비스	연구기간	'19.07 ~ '22.12 (3년 6개월)
		예산	총 43억원 (정출금 : 30.5억원)

### 개념도 (서비스 시나리오)



KPI (성과지표)	시설물 관리시스템의 운영 관리 효율성	80% ↑	서비스 만족도	80점 ↑
------------	----------------------	-------	---------	-------

### 과제 개요

- (배경) 증가하는 도시 시설물에 대한 관리 효율성 제고 및 서비스 고도화 요구에 대응하기 위해, 도시의 기본 3D 정보에 시간의 흐름에 따라 유동성을 갖는 센싱 및 유지관리 정보(4D)와 경제적인 측면의 정보(5D) 등을 융합하는 네트워크 기반의 시설물 통합관리 기술이 필요함
- (목적) 대구시에 커스터마이징 된 시설물통합관리시스템 개발을 통해 도시 내 시설물 관리의 효율화를 목적으로, 5D 도시시설물통합관리 서비스 개발 및 실증

### 주요 연구내용

- 시설물 데이터 수집 및 연계 기술
- 3차원 지도 및 시설물 BIM 구축
- 시설물 관리 시스템 및 의사결정지원 서비스 개발
- 교량관리를 위한 Massive IoT 네트워크 시스템 등 기반 마련
- 스마트 모빌리티 이동수단 연계 및 제공 기술

### 기술적 차별성

- 3D 기반 도시 공간시설물 정보에 시간과 비용 정보가 연계된 5D 기반 맵 형태의 통합 모니터링 시스템을 구축
- 시설물 FMS데이터를 연계하고, 실증교량에 설치된 센서로부터 실시간 데이터를 수집하여 시설물 노후도/위험도 분석 결과를 제공할 수 있으며, 이를 통해 시설물 통합관리 서비스 및 의사결정지원 제공 가능

### 기대효과

- 3차원 공간 가시화를 통해 도시 시설물 관리자의 공간 이해도 증진
- 3차원 공간 가시화를 통해 유지보수 필요공간 분석
- 디지털트윈, 메타버스 분야로의 연구결과 확장 가능
- 저비용 고효율의 도시 운영 체계 구현 가능

### 참여기관

[주관]
[공동]



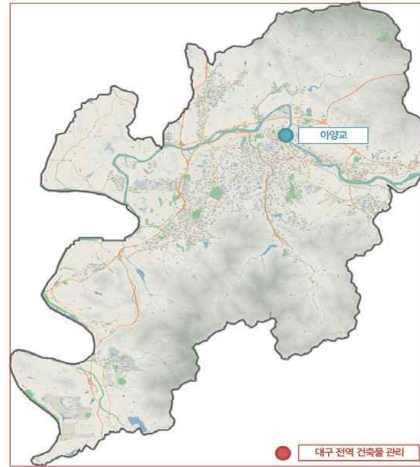





## 실증경과 및 결과

- ① 시설물 관리 (건축물)
  - 대구시 전역 건축물을 대상으로 FMS연계를 통해 시설물 기본 정보와 노후도 및 위험도 지수 제공
- ② 시설물 관리 (교량)
  - 대구시 동구 검사동에 위치한 아양교 1개소에 신규 센서 (34종)와 Massive IoT 네트워크 시스템을 구축하였으며, 이를 통해 실시간 데이터를 수집하여 교량 시설물 통합관리 제공

## 실증 대상지



## 단위서비스 및 요소기술

### 5D기반 시설물 통합관리 운영 서비스

- 지자체가 시설물을 통합관리 할 수 있도록 3D도시모델 기반 대시보드 제공



### 시설물 데이터 연계 어댑터 및 시설물 통합관리 연계서버

- 지자체 시설물 데이터 연계, 데이터모델, 수집데이터 분석/저장/연계 기능 제공



### 시설물 유지관리 지원 기술

- 건축물/교량 시설물 노후도/위험도 알고리즘, 유지보수 비용 리포팅 연계 등 제공



### 시설물 의사결정 지원 서비스

- BIM데이터를 활용한 시설물유지관리 의사결정 지원 제공



### Massive IoT 기반 시설물 데이터 수집 및 전송 시스템

- Massive IoT 기반시설물 데이터 수집/전송 시스템 제공



### 도시공간 BIM 관리 지원 시스템

- 도시공간 BIM 데이터 관리 기능 제공



## 실증을 통한 시사점

- 스마트폰 센서 오차에 따른 오신고 발생
- 골든타임 권역분석 SW에서 활용하는 실시간 교통정보와 표준 노드링크의 최신정보 관리 필요
- IoT기반 횡단보도 통과지원 기술에서 장애물로 인한 통신 장애 고려 필요
- 도보접근성 향상 기술에서 최적 집결지 산출을 위한 보편적 기준 개발 필요

## 타 지자체 확산방안

- 스마트시티 긴급구난 서비스의 주요 사용자와 관리 기관 간의 설치 및 유지보수에 대한 협의가 필요
- 시민용 서비스 활용을 위한 설치에 대한 시민 동의 및 교육 필요



연구책임자 및 집필자

메타빌드

송세헌 실장

seheon.song@metabuild.co.kr

• 목차 •

**제1장    개요**

- 1. 배경 및 필요성..... 218
- 2. 서비스 특징 ..... 219
- 3. 기대효과 ..... 219
- 4. KPI 설정 ..... 220

**제2장    연구 개발 성과**

- 1. 배경 및 필요성..... 223
- 2. 서비스 특징 ..... 224
- 3. 기대효과 ..... 225
- 4. KPI 설정 ..... 226

**제3장    실증 경과**

- 1. 실증 체계 ..... 247
- 2. 실증대상 ..... 247
- 3. 실증 경과 ..... 249
- 4. 실증 결과 ..... 250

**제4장    확산 방안**

- 1. 운영/확산방안(안) ..... 251
- 2. 향후 연계가능한 시나리오..... 251

**제5장    Lesson Learned**

- 1. 문제해결 사례 ..... 252
- 2. 기술적 한계 ..... 252
- 3. 거버넌스 관련 ..... 253

• 🔍 용어 정리 •

용어	정의
5D	3차원 시설물 모델링(3D) + 시간(Time) + 비용(Cost)
BIM	시설물의 생애주기 동안 발생하는 모든 정보를 3차원 모델 기반으로 통합하여 건설 정보와 절차를 표준화된 방식으로 상호 연계하고 디지털 협업이 가능하도록 하는 디지털 전환 체계(Building Information Modeling)
FMS	시설물통합정보시스템, 시설물안전법에 의한 1, 2, 3종 시설물의 준공 이후 유지관리단계에서 발생하는 정보를 통합관리하는 시스템(Facility Management System)
LoRa	저전력으로 최대 10마일(16km) 정도까지 통신이 가능한 사물인터넷통신을 위하여 만들어진 통신규격 (Long Range Radio)
Massive IoT	초다수 장치 연결, 5G 비전 요구사항에서는 1km <sup>2</sup> 당 100만 개 즉 1m <sup>2</sup> 당 1개 수준으로 장치가 연결되는 사물 전용의 저전력광역통신 네트워크 기술
데이터 로거	데이터의 기록과 저장을 위하여 사용할 수 있는 모든 장치(Data Logger)
웹소켓	브라우저와 서버 사이의 상호 통신 세션을 설정할 수 있게 하는 고급 기술로, 개발자는 웹 소켓 API를 통해 서버로 메시지를 보내고 서버의 응답을 위해 서버를 운영하지 않고도 이벤트 중심 응답을 받는 것 (WebSocket)
하드웨어	유형의 컴퓨터나 컴퓨터에 붙어 있는 주변 장치(Hardware, H/W)

• 표 목차 •

〈표 2-1〉 구축 센서(구조 모니터링 및 기상관측 모니터링 계측센서) .....	241
〈표 2-2〉 구조모니터링 계측 센서 현황 .....	242
〈표 2-3〉 기상 관측 모니터링 계측 센서 현황 .....	242
〈표 2-4〉 Massive IoT 네트워크 단말 및 RF 게이트웨이 사양 .....	243
〈표 2-5〉 대구 도시철도 대상 시설물 BIM 모델 .....	245
〈표 3-1〉 실증대상 예시(아양교) .....	248
〈표 3-2〉 실증경과 .....	249

## · 그림 목차 ·

〈그림 2-1〉 서비스 시나리오	223
〈그림 2-2〉 5D 기반 도시 공간시설물 통합관리 시스템 구성도	224
〈그림 2-3〉 서비스 시나리오 개념도	225
〈그림 2-4〉 데이터 수집 및 모니터링 기술	227
〈그림 2-5〉 데이터허브 연계기술	228
〈그림 2-6〉 시설물 통합관리 대시보드	229
〈그림 2-7〉 3차원 도시 모델	229
〈그림 2-8〉 교량 모델링	230
〈그림 2-9〉 대구광역시 전역 건축물 대상 시설물 노후도 표출	231
〈그림 2-10〉 대구시 시설물 조회	231
〈그림 2-11〉 교량 시설물 기본 정보 및 노후도/위험도	232
〈그림 2-12〉 아양교 BIM 모델링	233
〈그림 2-13〉 와룡대교 BIM 모델	233
〈그림 2-14〉 BIM 가시화 모듈	234
〈그림 2-15〉 시설물 의사결정지원 서비스 - 시설물 상태	234
〈그림 2-16〉 시설물 의사결정지원 서비스 - 유지관리 정보 및 이력	235
〈그림 2-17〉 건축물 노후도 평가 흐름도	236
〈그림 2-18〉 건축물 위험도 평가 흐름도	236
〈그림 2-19〉 교량 노후도 평가 흐름도	237
〈그림 2-20〉 교량 위험도 평가 흐름도	238
〈그림 2-21〉 건축물 노후도/위험도 유지관리	239
〈그림 2-22〉 건축물 5D 모델 산출 기준 데이터	240
〈그림 2-23〉 차별화된 무선 채널 액세스 기반 저전력 광역 네트워크 구성도	243
〈그림 2-24〉 Massive IoT 기반 시설물 데이터 수집 및 전송 시스템	244
〈그림 2-25〉 Multi-BIM 환경 구축	244
〈그림 2-26〉 분기기 선로 전환 모의 및 차량운행 모의	246
〈그림 3-1〉 Multi-BIM 환경 구축	247

## 1 | 배경 및 필요성

### 1-1 개요

- 증가하는 도시 시설물에 대한 관리 효율성 제고 및 서비스 고도화 요구에 대응하기 위해, 도시의 기본 3D 정보에 시간의 흐름에 따라 유동성을 갖는 센싱 및 유지관리 정보(4D)와 경제적인 측면의 정보(5D) 등을 융합하는 네트워크 기반의 시설물 통합 관리 기술이 필요하다. 아울러 본 시스템은 국토교통과학기술진흥원 스마트시티 사업단과 협업하여 2-3-4 핵심 연구기관들이 함께 대구시에서 사용 가능하도록 개발 진행 중이다. 본 테크니컬 리포트에서는 5D 기반 도시 공간시설물 통합관리 시스템에 대한 상세 내용을 기술한다.

### 1-2 5D 시설물 통합관리 시스템의 필요성

#### 1D 기존 시설물 관리 개념

- 증가하는 도시 시설물에 대한 관리 효율성 제고 및 서비스 고도화 요구에 대응하기 위해, 도시의 기본 3D 정보에다 시간의 흐름에 따른 유동성을 갖는 센싱 및 유지관리 정보(4D)와 경제적인 측면의 정보(5D) 등을 융합하는 네트워크 기반의 시설물 통합관리 기술이 필요하다.

#### 1D 기존 시설물 관리 한계점

- 도시화에 따라 시설물 간 네트워크가 복잡해지면서 담당자의 현장 상태 점검에 어려움이 커지고 있으며, 도시 관리 효율화를 위해 원격 감지 및 시설물 데이터의 축



적이 국가적으로 요구되고 있다. 공공데이터 개방/공유와 같은 적극적인 정부 정보 공개나 정책 결정과 연계하여, 민간 부분의 경제적 가치 창출과 함께 도시 운영을 효율화할 필요가 있다.

## 1 | 5D 시설물 통합관리 시스템 필요성

- 각 지자체에서 관리하는 주요 시설물 관리 예산이 지속적으로 감소하고 있어 도시 자원과 인프라를 효율적으로 사용할 필요성이 있다. 또한, 시설물별로 개별적인 모니터링/관리 시스템을 통해 관리되고 있어서 시스템 통합 관리가 미비하다. 주요 시설물 노후화가 2030년에는 36.9%에 이를 정도로 사용연한이 끝나는 인프라가 증가하고 있어 국민의 안전 불안감이 증가하고 있다. 이런 상황을 극복하기 위해 5D 기반 시설물 통합관리 시스템의 개발이 필요하다.

## 2 | 서비스 특징

- 3D 기반 도시 공간시설물 정보에 시간(4D)과 비용(5D) 정보가 연계된 5D 기반 지도 형태의 통합 모니터링 시스템을 구축하고 이를 통해 도시 공간시설물에 대한 정보 조회 시간을 단축시킨다. 아울러 시설물을 구성하는 각 구성요소별로 정보 통합화가 가능하여 모니터링 체계, 상태등급 등의 다양한 관련성을 종합적으로 분석해 가 능관리 효율성(통합관제, 현장점검 지원, 유지보수 계획수립 지원)을 제공한다.

## 3 | 기대효과

- (기술적 측면) 3차원 물리적 공간을 웹을 통해서 가시화하여 도시 시설물을 관리하는 관리자는 시설물에 대한 공간적인 이해를 높이고 유지 보수에 필요한 공간적인 분석이 가능해질 것으로 기대된다. 또한, 물리적인 IoT 센서와 가상공간의 센서를 연결하는 기술을 통해서 실세계에 빠르게 반영되는 정보를 웹을 통해서 기술적으로 확인 가능 및 이상 신호에 대해서 신속한 대응 가능할 것으로 예상된다.
- (경제적 / 산업적 측면) 3차원 도시모델 가상공간 플랫폼 제공을 통한 디지털 트윈, 메타버스 분야로의 연구결과를 확장 가능하고 저비용 고효율의 도시 운영 체계 구현에 기여할 것으로 기대된다. 또한, 다양한 스마트시티 서비스에서 공통적으로 사용 가

능한 초대규모 IoT단일 네트워크를 구축할 수 있으므로 망 구축의 중복투자를 해소할 수 있을 것으로 기대된다.

- (사회적 측면) 직관적인 의사결정 지원을 통한 현장 업무의 효율성 제고하여 예방 중심의 선제적 관리 체계 구축으로 국민의 삶의 질 향상에 도움을 줄 것으로 기대된다. 또한, 스마트시티의 목표인 '시민의 삶의 질 향상'을 구체화 하는 것은 시민의 안전이다. 따라서 3차원 도시모델을 제공하여 공간기술 기반 시설물의 안전관리, 재해/재난 시 응급대책 등에 활용될 수 있다.

## 4 | KPI 설정

### 4-1 시설물 관리 시스템의 운영 관리 효율성

#### 지표 정의

- 시설물(건축물, 교량) 정보의 구축/분석/활용을 통해 도시 시설물 유지관리의 운영을 위한 시스템 효율성이 적정한가를 측정하는 지표이다.

#### 지표의 효과 및 의의

- 도시 내의 건축물 및 교량으로부터 도출된 노후도/위험도 정보를 구축함으로써 시설물 안전성을 확보하고, 신규 구축된 5D 시설물 관리 시스템 도입을 통한 운영 관리 업무 향상에 대한 확인이 가능하다. 이를 통해 지자체의 시설물 유지 서비스 우선순위를 결정할 수 있는 정책 기초자료를 제시한다.

#### 해당 지표의 대표성 검증

- 도시 내 시설물의 유지관리 정보를 미시적인 관점에서부터 거시적인 관점까지 가시화하여 효율적으로 파악 및 운영할 수 있다. 시간이 지남에 따라 교량의 서비스 수준이 저하되고, 구조물의 붕괴위험도 또한 높아진다. 따라서, 건축물의 유지관리 정보를 전반적으로 파악하고, 노후도와 위험도 등 교량의 정보를 실시간으로 산출하여 대응전략을 수립하는 것은 안전정책의 선순환시스템을 구축하는 방법이다.

## **D** 지표 산식 측정

- 시설물 구축률 + 건축물 정보 연계율 + 교량 정보 실시간 지수화율 + 시설물 정보 활용률
- 시설물 구축률 : 3D 가시화 구축 완성도에 따른 대상 구조물 정보 반영률
- 건축물 정보 연계율 : 건축물 노후도 및 위험도에 대한 정보의 통합 시스템 연계율
- 교량 정보 실시간 지수화율 : 상시 및 재해 시 교량의 실시간 기반 노후도 및 위험도 지수화율
- 시설물 정보 활용률 : 시설물 관리시스템 연계를 통한 시설물 데이터 활용률

## **D** 측정 산식 활용데이터 셋

- 대구 3D GIS 지도 및 BIM 데이터, 시설물(건축 및 교량) 노후도 및 위험도 산출식, 신규 센서(아양교)를 통해 수집한 센싱 데이터, FMS 연계 데이터 등을 활용한다.

## **D** 목표 달성치 검증 방안

- 각 담당 연구기관에서 개발한 결과물 측정 결과를 활용하여 도출하였다.

# 4-2 5D 시설물 통합관리 시스템 도입 만족도

## **D** 지표 정의

- 5D 기반 공간시설물 통합관리 시스템을 도입했을 때 담당 공무원의 대상 시스템 만족도를 측정하는 지표이다.

## **D** 지표의 효과 및 의의

- 시설물 유지보수 관리 담당자에게 신규 개발된 5D 시설물 관리시스템 기능을 통해 도시 내의 가시화된 시설물 노후도/위험도를 제공하여 예방적 유지관리 제공 기반을 마련하였다.

## **D** 해당 지표의 대표성 검증

- 시설물 유지보수 관리 담당자에게 신규 개발된 5D 시설물 관리시스템 기능을 통해 도시 내의 가시화된 시설물 노후도/위험도를 제공하여 예방적 유지관리가 가능한 기반을 마련한다. 이 시설물 통합 관리 시스템이 제공하는 데이터 및 기능에 대한 사용자의 서비스 만족도 조사로써 향후 이관 후에 서비스 활용도를 높일 수 있다.

## **D** 지표 산식 측정

- 데이터 신뢰도 + 기능충실도 + 데이터 중요도 + 정보제공 충분성 + 시설물 정보 탐색의 편리성

## **D** 측정 산식 활용데이터 세트

- 신규 센서(아양교)를 통해 수집한 센싱 데이터, 대구 3D GIS 지도, BIM 데이터, 시설물 노후도, 위험도 데이터를 활용한다.

## **D** 목표 달성치 검증 방안

- 시설물 관리 효율성에 관한 공공기관 실무자들의 설문조사를 통한 점수를 도출한다.

## 1 | 도메인 통합 시나리오

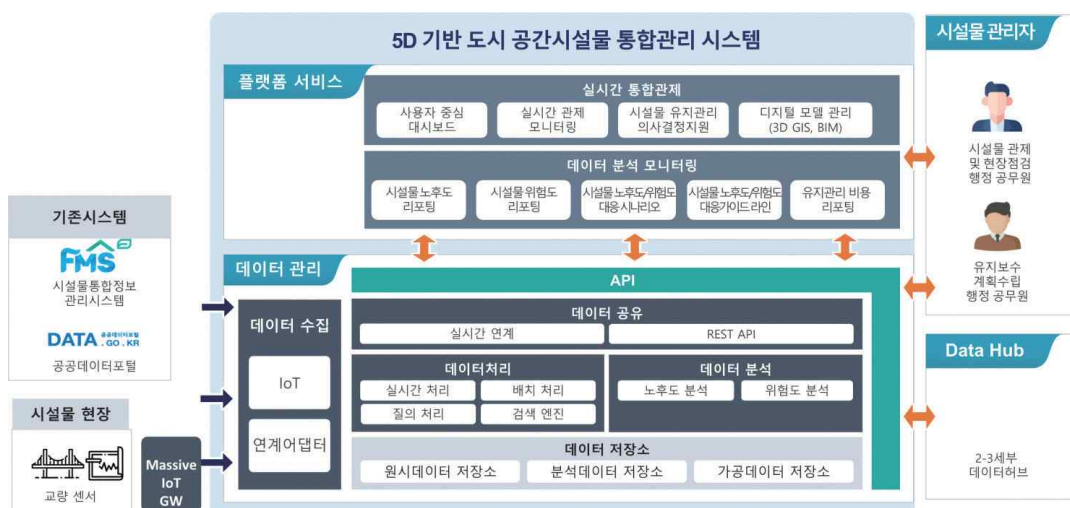


〈그림 2-1〉 서비스 시나리오

- 5D 기반 시설물 통합관리 시스템의 시나리오는 1) 통합관리 2) 긴급 대처 및 현장 점검 3) 유지보수 의사결정 지원으로 구성된다.
- 1) 통합관리는 시설물 정보를 실시간으로 수집하고 모니터링하는 과정으로 진행되고, 안전/정기/정밀 점검 결과와 실시간 수집 정보를 결합하여 시설물의 노후도/위험도를 분석한다. 수집된 정보와 노후도/위험도 정보는 3차원 도시 모델과 BIM 데이터상에 가시화되어 도시 시설물 관리자에게 제공된다.
- 2) 긴급/정밀 안전진단 대상 시설물 후보군으로 파악이 되면, GIS 및 BIM을 이용하여 현장 시설물의 사전 정보를 획득한다. 그리고 해당 시설물 노후도/위험도에 따른 유지관리 가이드라인에 따른 대처를 수행한다. 이때 현장 담당자가 긴급/정밀 안

- 전진단 및 현장 점검을 수행한다.
- 3) 수행 결과를 제공하는 시스템에 업데이트하고, 모든 정보를 종합하여 보수/보강 의사결정 지원 정보를 제공한다.
  - (건축물 노후도/위험도 시나리오별 대응 가이드라인 개발) 대상 건축물 내에 용도, 규모 등의 기준을 바탕으로 분류하고, 분류 기준에 근거해 각각의 노후도/위험도에 대한 유지관리 시나리오 도출하여, 시나리오별 대응 가이드라인 개발한다.
  - (5D 기반 시설물 통합관리 의사 결정지원) 기존 대상 건축물의 BIM 기반 데이터 수집 및 데이터베이스를 구축하고 건축물 노후도/위험도 결과를 제공한다.
  - (BIM 구축 데이터 기반 정확한 장애 발생 부분 파악 및 긴급 대처) BIM 기반 Digital Twin을 활용한 정확한 장애 위치 파악하여 장애 종류별 원격 긴급 선대처할 수 있도록 지원하고 현장 점검을 위한 장애 발생 정보 획득한다.
  - (현장 점검 및 보수/보강 시뮬레이션과 5D 기반 의사결정 지원 대안 제시) 획득한 현장 정보를 바탕으로 현장 점검을 실시하고, 동시에 시설물 노후도/위험도 시나리오별 대응 가이드라인을 활용하여 대응한다. 또 현장 점검 데이터를 바탕으로 5D 기반 보수/보강 의사결정 지원 기능을 제공한다.

## 2 | 시스템 구성도



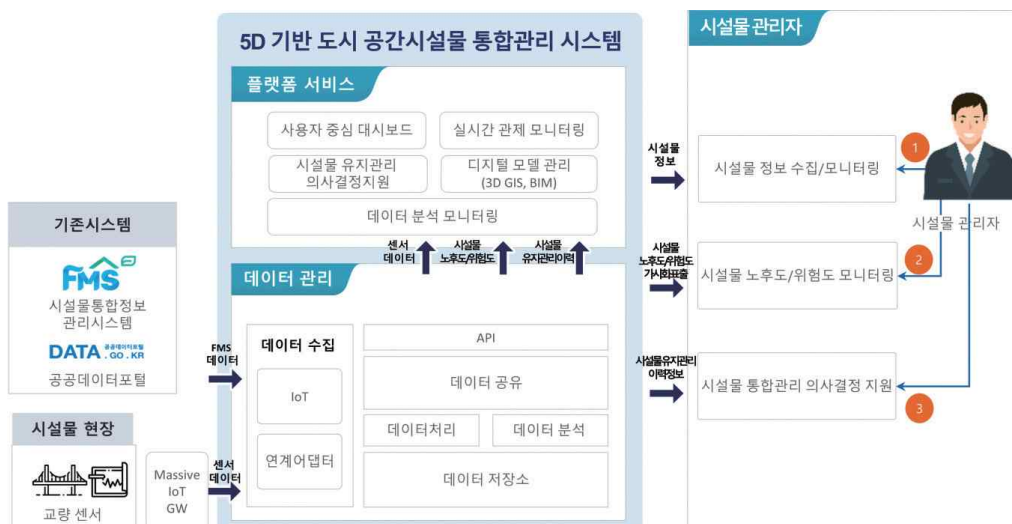
〈그림 2-2〉 5D 기반 도시 공간시설물 통합관리 시스템 구성도

- 5D 기반의 도시 공간시설물 통합관리 시스템은 시설물 연계 시스템, 3차원 지도 및 시설물 BIM 구축, 시설물 관리 시스템, 교량 관리를 위한 Massive IoT 네트워크 시스템으로 구성된다.
- 시설물 데이터/시설물 오픈 데이터/시스템 연동기술 및 데이터 허브 연계기술
- 3차원 공간 시각화 및 통합관리 구현 시스템
- 5D 기반 시설물 통합관리 스마트가시화서비스 (Smart Visual Service, SVS)
- 5D 기반 시설물 통합관리 의사결정을 위한 지원체계 구축 및 기술
- 5D 기반 도시 공간시설물 통합관리를 위한 Massive IoT 네트워크 기술
- 도시 공간시설물 대상 BIM 관리 지원 시스템

### 3 | 단위서비스(기능)별 시나리오

#### 3-1 5D 기반 시설물 통합관리 운영 및 의사결정 지원

- 시설물 통합관리는 시설물 정보를 실시간으로 수집하고 모니터링하는 과정으로 진행되고, 안전/정기/정밀 점검 결과와 실시간 수집 정보를 결합하여 시설물의 노후도/위험도를 분석한다. 수집된 정보와 노후도/위험도 정보는 3차원 도시 모델과 BIM 데이터상에 가시화되어 도시 시설물 관리자에게 제공된다.



〈그림 2-3〉 서비스 시나리오 개념도

- 시설에 부착된 센서로부터 시설물을 계측하여 현장시스템에 저장한다.
- 현장시스템에 수집된 시설물 상태 데이터를 시설물관리시스템(FMS)과 5D 공간시설물 통합관리 시스템에 시설물 표준 데이터 모델로 변환하여 저장한다
- 예측 데이터 생성을 위해 FMS로부터 시설물 데이터 및 수집정보(과거 데이터)를 일괄 (Batch) 획득한다.
- 수집된 데이터를 통해 시설물의 위험도/노후도를 분석 및 예측한다.
- 예측 정보를 공간시설물 통합관리 시스템에 저장한다.
- 사용자가 시설물 통합관리 시스템에서 제공하는 UI를 통해 공간시설물 통합관리 정보를 확인한다.
- 시설물 유지관리 의사결정 지원은 시설물 통합관리에서 분석된 노후도/위험도 데이터점검 결과를 업데이트하고, 예상 피해 도출 및 유지관리 비용분석을 통해 5D 기반 보수/보강 의사결정을 지원한다.

## 4 | 요소기술

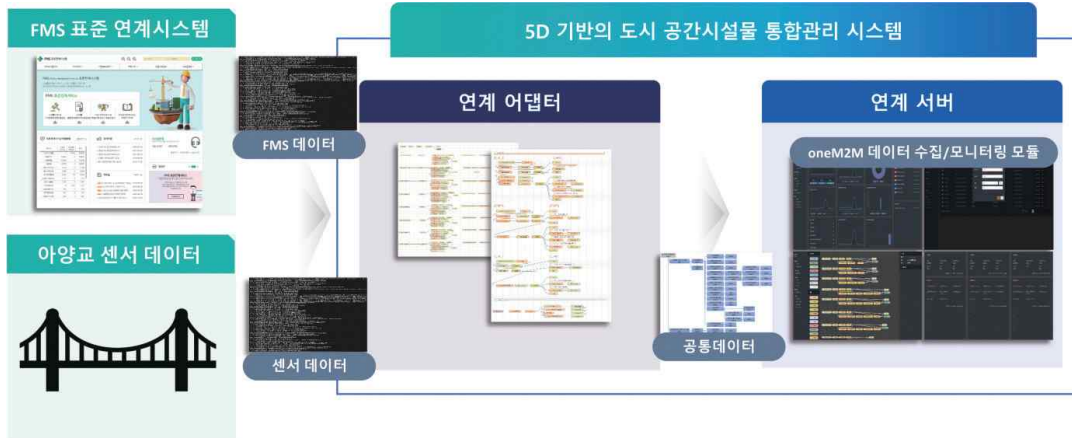
### 4-1 시설물 데이터 연계 어댑터

- 시설물 데이터 연계 어댑터는 FMS 표준 연계 시스템으로부터 대구시 시설물 정보와 아양교에 설치된 센서 데이터를 수집하는 기능을 수행한다.
- FMS 표준 연계시스템의 시설물 8종에 대한 프로파일 정보, 시설물 유지보수이력 정보를 하루 주기로 수집한다. 어댑터는 FMS로부터 건축물, 교량, 복개구조물, 제방, 펌프장, 지하차도, 터널, 수문에 대한 공통, 상세 프로파일, 점검진단계획, 점검진단실적, 보수보강계획, 보수보강실적을 수집한다.
- 수집하는 대상 시설물은 대구시의 건축물 4,000여 개, 교량 100여 개, 복개구조물 10여 개, 제방 30여 개, 펌프장 50여 개, 지하차도 10여 개, 터널 100여 개, 수문 100여 개이다.
- 아양교에는 구조 모니터링 센서와 기상관측 센서가 설치되어 있고, 해당 센서가 모니터링하는 데이터를 10분 주기로 데이터를 수집한다. 센서 데이터 수집을 위해 수집을 위해 oneM2M 표준 기반 데이터 모델을 개발하고, 센서/디바이스 프로파일



관리 및 송수신 현황 모니터링 기능을 개발하였다.

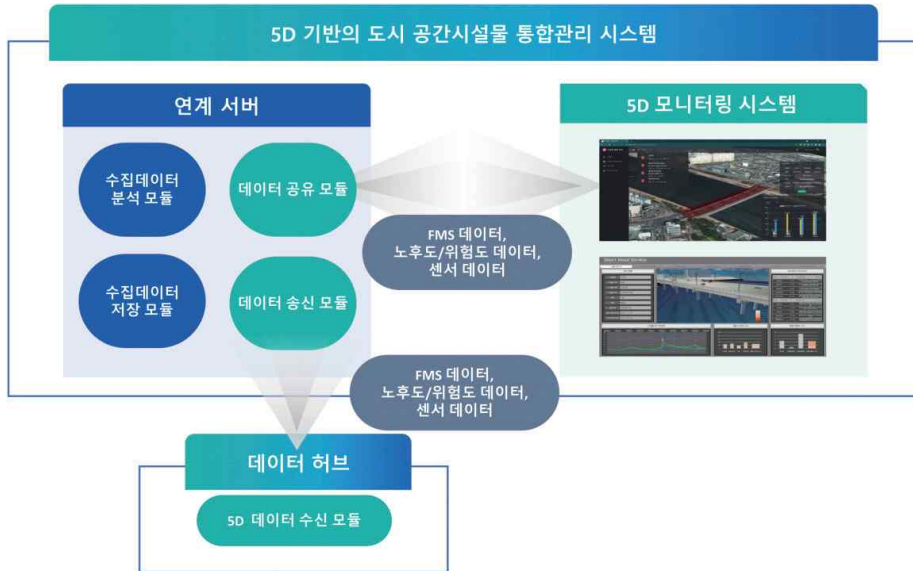
- 구조 모니터링 계측 데이터는 응력 측정, 부재 및 상온, 신축이음부 변위, 교각/교대 기울기, 거더/교대/교각 진동 등이다. 기상관측 센서 데이터는 풍향, 풍속, 강우량, 강설량, 시정거리, 도로면 표면 온도, 습도 등이다.



〈그림 2-4〉 데이터 수집 및 모니터링 기술

## 4-2 시설물 통합관리 연계서버

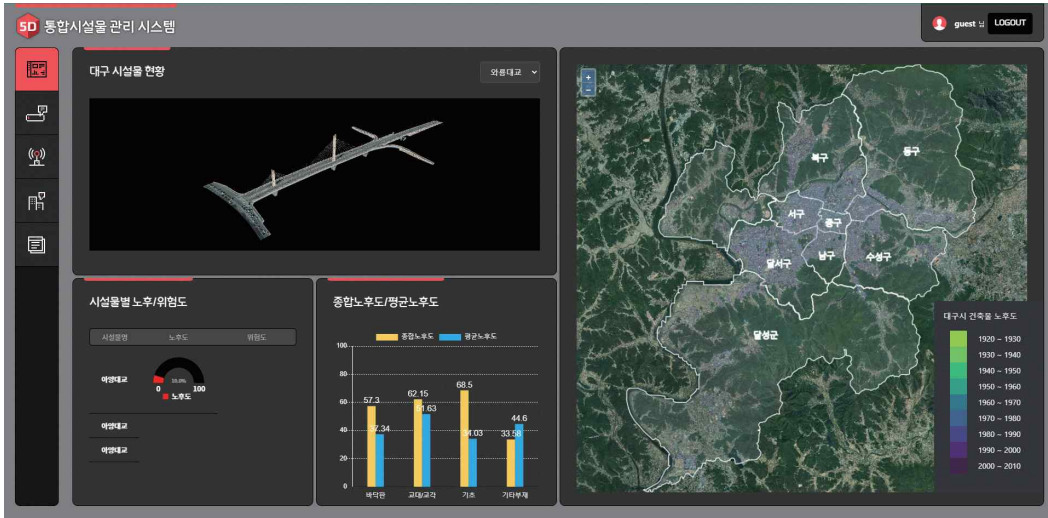
- 시설물 통합관리 연계서버는 수집 데이터 저장, 분석(노후도/위험도/유지관리비용), 데이터 공유, 송신 기능을 제공한다.
- 수집 데이터 저장 및 데이터 연계 기능은 FMS 표준연계 시스템과 하루 주기로 동기화하고, 주기적으로 수집되는 센서 데이터 이력을 저장한다.
- 수집 데이터 분석은 시설물 분석 알고리즘을 이용해서 시설물에 대한 노후도/위험도/유지관리 비용을 도출하고 분석된 데이터 이력을 저장한다.
- 연계 서버에 저장된 데이터는 연계서버 API를 통해 5D 모니터링 시스템과 데이터를 공유한다. 이 데이터는 3차원 GIS기반 시설물 통합관리 가시화 서비스와 시설물 의사결정지원 서비스에서 표출되어 사용자에게 제공된다.
- 5D 시설물 통합관리시스템에서 저장/분석된 데이터를 대구시 데이터 허브에 연계하여 주기적으로 전송한다. 최신 데이터 유지를 위해 하루 주기로 송신하고, 수집, 분석, 저장된 시설물 정보를 oneM2M 표준 기반 데이터 모델을 기반으로 연계한다.



〈그림 2-5〉 데이터허브 연계기술

### 4-3 3차원 도시 모델 및 시설물 통합관리시스템

- 대구광역시 3차원 도시모델을 구축하고 시설물의 노후도, 위험도를 가시화하고 IoT 센서정보를 실시간 모니터링 기술이 적용된 통합관리 시스템을 실증단지에 적용한다.
- 시설물 통합관리 대시보드는 주요 교량 시설물의 노후도, 위험도 상태 정보를 제공하고 교량을 구성하는 주요 부재의 평균노후도, 종합노후도를 제공하여 교량의 상태를 확인할 수 있다.
- 주요 관리 대상 교량은 와룡대교, 아양교, 산격대교이며 해당 교량의 3차원 모델링 데이터를 제공한다.
- 대구광역시 전체 건축물의 노후도를 한 눈에 확인할 수 있는 지도 기반 정보를 제공하고 노후도 정보를 연도별로 색상으로 정리하여서 대구광역시 건축물의 노후 분포를 한눈에 확인할 수 있다.
- 마우스 조작을 이용하여 지도를 확대하거나 축소할 수 있으며 임의의 지역의 건축물의 노후 분포를 확인할 수 있다.
- 통합시스템의 주요 기능은 왼쪽 창의 메뉴 기능으로 구성된다. 각각 대시보드, 시설물검색, 센서신호 모니터링, 시설물 관리, 게시판 정보를 제공한다.



〈그림 2-6〉 시설물 통합관리 대시보드

- 대구광역시 3차원 도시모델은 대구광역시에서 제공하는 지형 정보, 영상 정보, 시설물 정보와 모델링 정보를 활용하여 웹을 통해서 원활한 서비스를 할 수 있도록 LOD(Level Of Detail) 형태로 사용자의 3차원 공간에서의 시야에 따라서 데이터의 정밀도를 조절하여 제공할 수 있도록 3차원 도시모델 서비스 데이터를 제작하였다.
- 지형, 영상, 시설물의 원본 정보를 다양한 좌표계로 구성이 되어 제작되었기 때문에 단일한 좌표계로 통일해야지 공간적으로 일치한 상태로 시각적으로 확인할 수 있다. 그래서 좌표계를 경위도 좌표계를 기준 좌표계로 사용하여 대구광역시에서 제공받은 공간 데이터를 해당 좌표계로 통일하였다.



〈그림 2-7〉 3차원 도시 모델

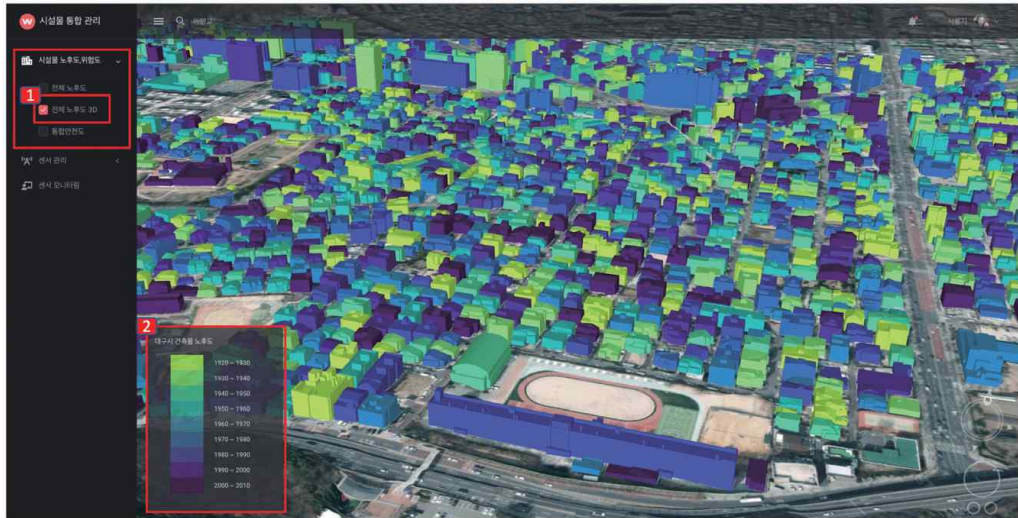
- 3차원 도시모델은 LOD3 수준으로 제작되었으며 와룡대교, 아양교, 산격교의 경우는 대구광역시에서 제공받은 모델이 LOD1 수준으로 단순하여서 교량 현장에 방문하여 다양한 촬영을 통해서 현장의 데이터를 수집하고 해당 자료를 편집하고 종합하여서 교량 모델링 데이터를 제작하였다. 제작된 모델링 데이터는 앞서 제작한 대구광역시 3차원 도시모델에 융합될 수 있도록 경위도 좌표계로 통일하고 LOD를 적용하여서 대구광역시 3차원 도시모델에 통합하였다.
- 교량 모델의 경우는 교량의 실시간 상태를 확인하기 위해서 다양한 센서 장비가 설치되어 있으며 특히 아양교의 경우에는 설치된 센서를 통해서 실시간 데이터를 수신하여 교량의 상태 정보를 확인할 수 있다.



〈그림 2-8〉 교량 모델링

- 건축물 데이터는 3차원 모델링 데이터로 제작되었으며 건축물의 속성 정보의 노후 정보를 활용, 건축물의 연도별 색상을 통해서 노후정보를 시각적으로 제공한다.
- 노후 정보는 건축물의 승인년도를 10년 단위로 구분하여 색상을 이용하여 구분하였으며 범례를 통해 연도별 색상을 확인하여 건물의 건축년도를 확인할 수 있다.
- 건축물을 선택하게 되면 시설물, 건축물에 대한 속성 정보를 확인할 수 있다.





〈그림 2-9〉 대구광역시 전역 건축물 대상 시설물 노후도 표출

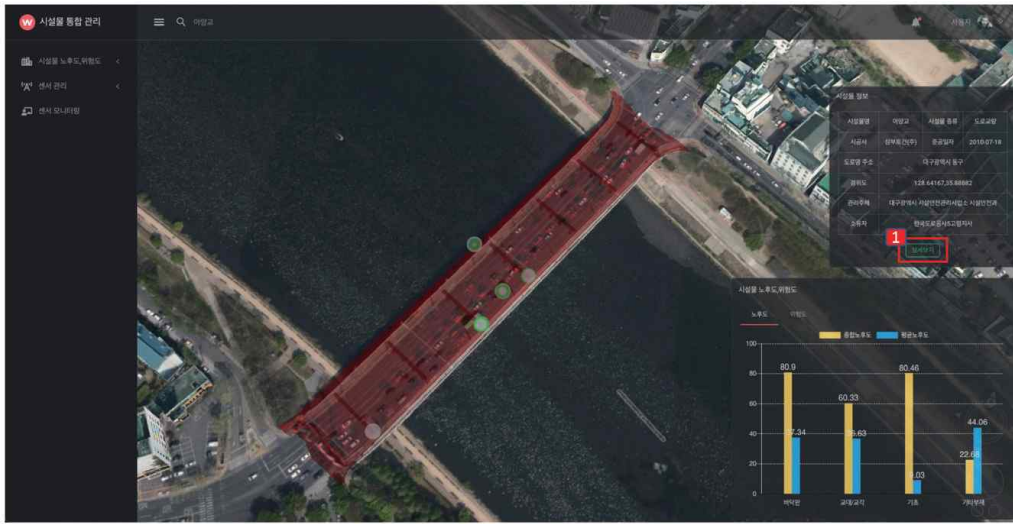
- 대구광역시의 주요 시설물 데이터를 검색하여 지도상의 위치를 찾아갈 수 있다.
- 검색 결과는 키워드를 중심으로 매칭 비율이 높은 순서로 제공된다.



〈그림 2-10〉 대구시 시설물 조회

- 와룡대교, 아양교의 교량시설물의 경우는 교량 시설물에 대한 속성 정보를 제공하며 특히 위험도, 노후도, 부재별 노후도 정보를 제공한다.

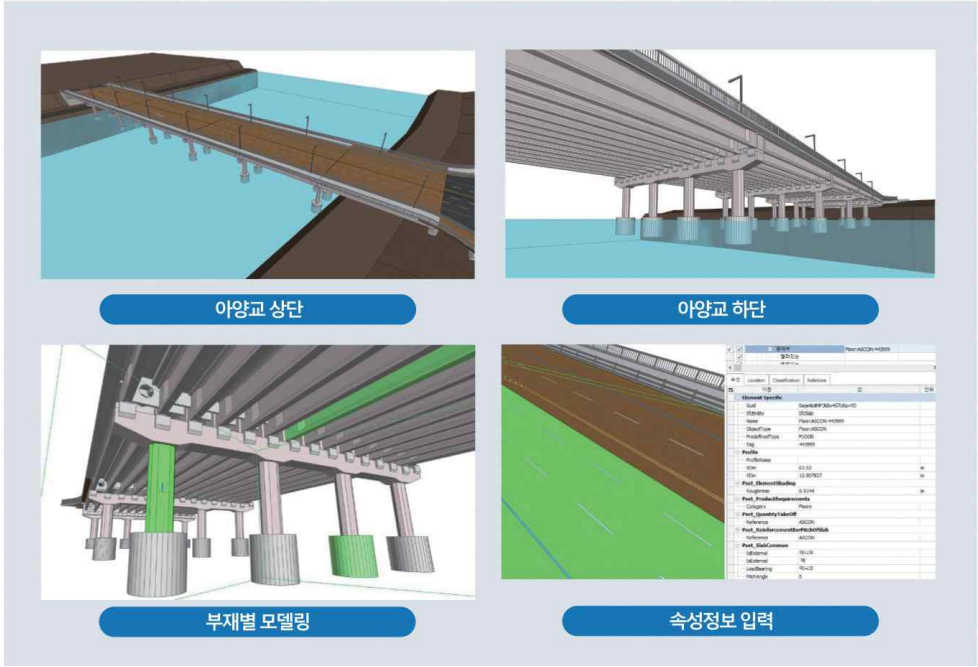
- 실시간 센서 데이터를 정보를 수신하면서 센서 데이터의 상태를 실시간으로 3차원 지도상에서 표현하고 실시간 데이터의 이상 신호가 발생하는 경우는 해당 센서 데이터를 인터페이스에 붉은색으로 나타내 데이터에 이상이 있음을 시각적인 정보로 제공한다.
- 고정밀 BIM 데이터로 제작된 정보와 상세 정보 및 노후도, 위험도 진단 서비스에 연결하는 기능을 제공한다.



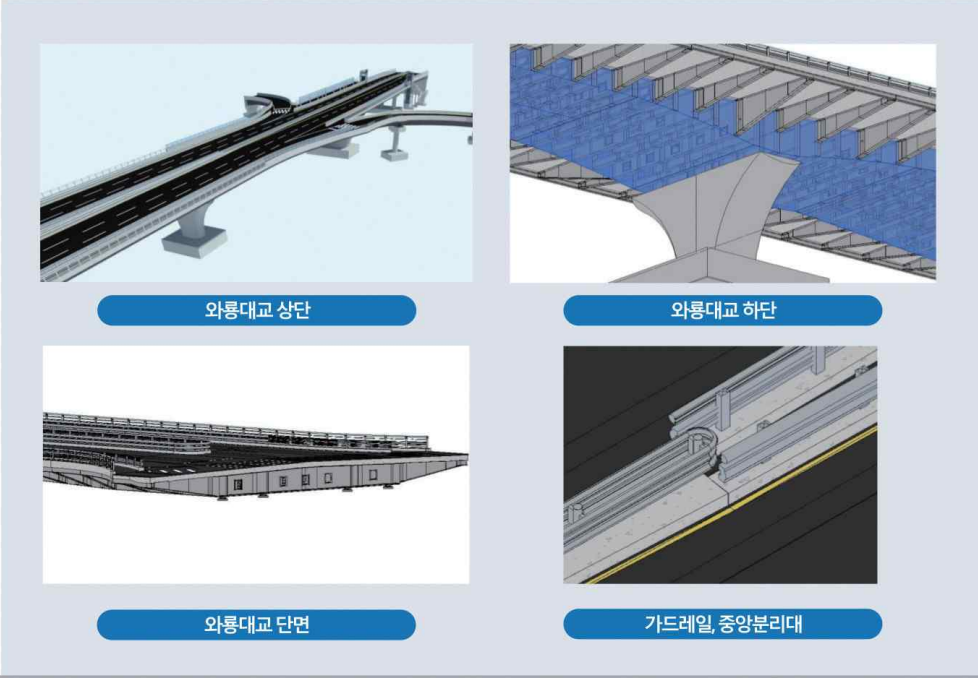
〈그림 2-11〉 교량 시설물 기본 정보 및 노후도/위험도

#### 4-4 시설물 의사결정 지원 서비스

- 도면 기반 아양교 부재별 모델링 작업을 위해 아양교와 와룡대교의 준공도면 및 내진보강공사 설계도를 기반으로 부재별 모델링과 속성정보 입력을 수행하였고, 이를 통해 BIM을 구축하였다. 이종 소프트웨어 간 정보 교환이 용이한 IFC 형식에 LOD 350(외형에 대한 일반도 수준)으로 BIM을 구축하였다.



〈그림 2-12〉 아양교 BIM 모델링

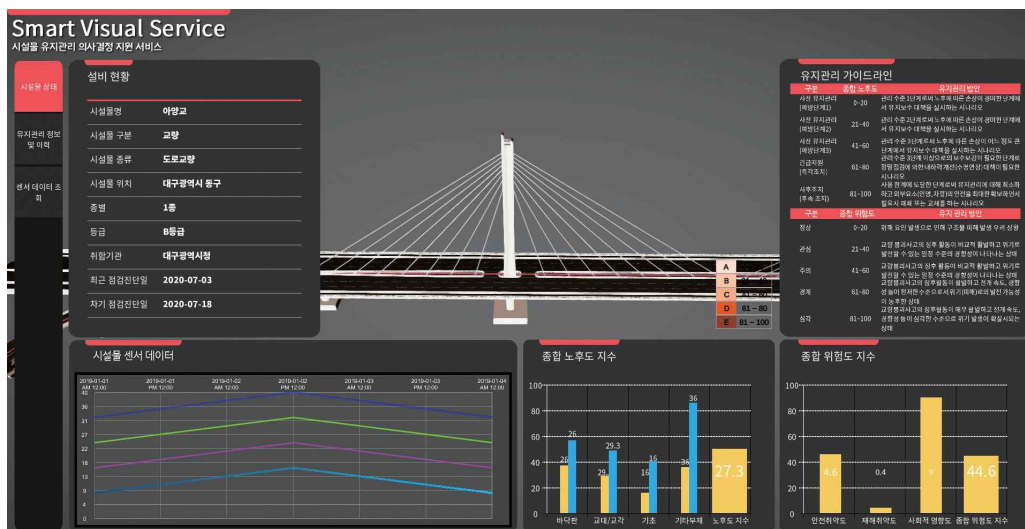


〈그림 2-13〉 와룡대교 BIM 모델

- 시설물 BIM 가시화 모듈 개발을 위해 Unity 3D 엔진 상에서 BIM 표출 및 객체의 회전/확대/이동 등 기본 UI/UX를 구현하고, HDRP(High Definition Render Pipeline) 기반 Reflection 효과, Metallic, Interactive Shader 적용을 통한 반사 효과, 질감 등 가시화 품질을 향상시켰다.



〈그림 2-14〉 BIM 가시화 모듈



〈그림 2-15〉 시설물 의사결정지원 서비스 - 시설물 상태





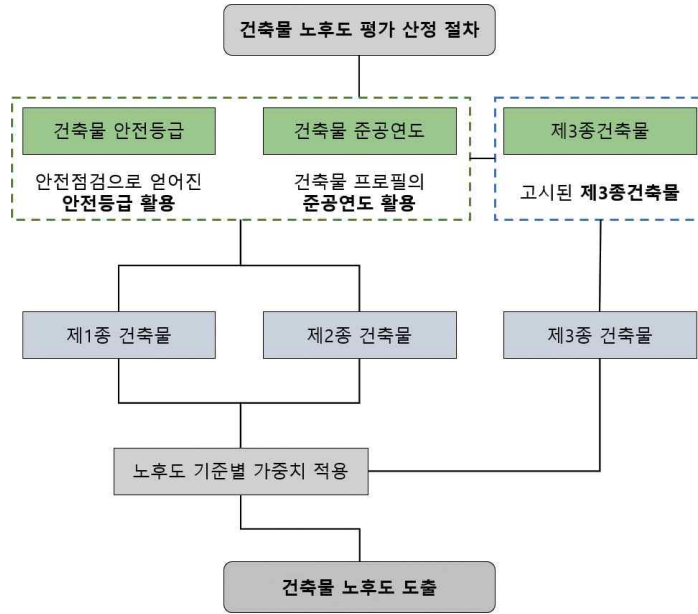
〈그림 2-16〉 시설물 의사결정지원 서비스 - 유지관리 정보 및 이력

- 웹 환경에서 BIM을 활용하여 직관적으로 시설물 상태 파악이 가능하고, 교량 노후도/위험도 정보를 제공하고, 교량에 설치되어 수집되는 실시간 센서 데이터를 제공한다. 이를 통해 점검/진단 최적 시점 도출 및 선제적 대응에 활용할 수 있고, 노후도/위험도 분석을 통한 시설물 진단 주기 설정에 도움을 줄 수 있는 5D 기반 의사결정 지원 서비스를 개발하였다.

## 4-5 시설물 유지관리 지원 기술

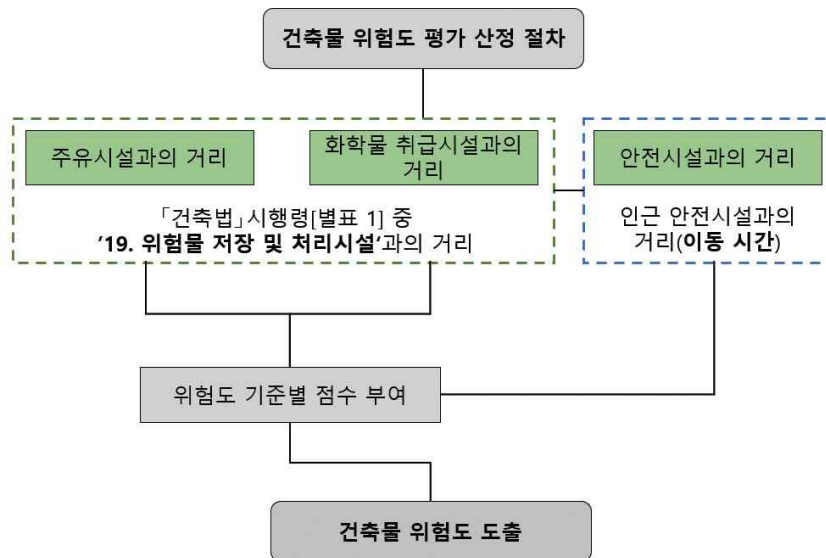
### ● 시설물 노후도/위험도 유지관리 비용 리포팅 연계

- 건축물의 노후도는 해당 건축물 자체를 평가하며, 위험도는 도시적인 측면에서 해당 건축물과 연관이 되어있는 외부 요인을 통해 평가한다.
- 건축물의 노후도는 건축물의 성능에 대한 평가로 도출된 안전등급, 건축물의 나이를 알 수 있는 준공연도로부터 경과된 시간, 그리고 마지막으로 중앙관리기관 및 지자체의 고시로 인해 선정된 제3종시설물 포함 여부로 도출된다.



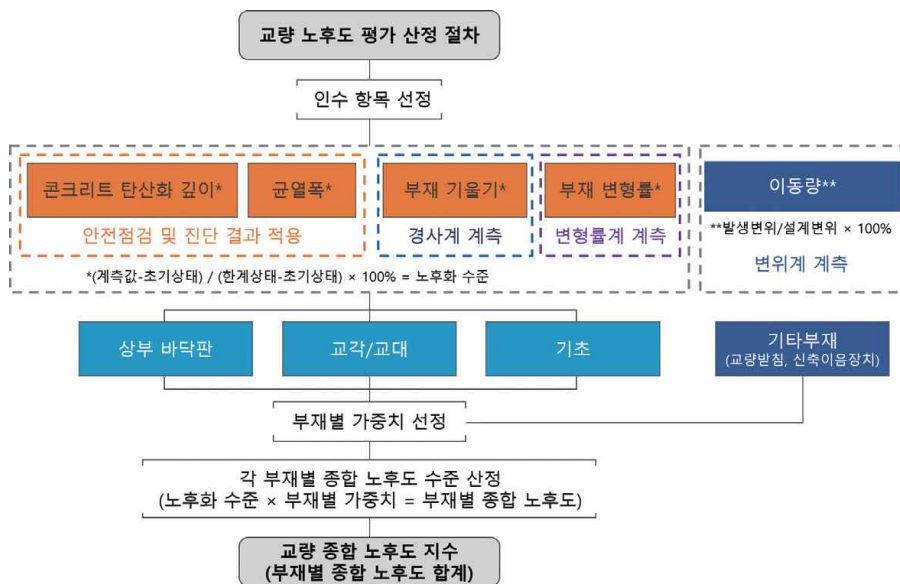
<그림 2-17> 건축물 노후도 평가 흐름도

- 건축물의 위험도는 건축물 용도별 분류 중 '위험물 저장 및 처리시설', 사고 발생 시 긴급 대처를 할 수 있는 안전시설과의 거리를 기준으로 점수를 부여하여 도출한다.



<그림 2-18> 건축물 위험도 평가 흐름도

- 건축물 노후도 및 위험도 점수의 합으로 건축물 통합 위험도를 도출한다. 내부인자와 외부인자의 중요도는 8:2로, 100점으로 환산하기 위해 최종적으로 10을 곱하여 도출한다.
- 건축물 노후도(내부인자) 산출식 = 준공연도별 부여점수 + (안전등급별 부여점수 x 6) + 제3종건축물 해당여부 점수
- 건축물 위험도(외부인자) 산출식 = 위험시설과의 거리에 따른 점수 + 안전시설과의 거리에 따른 점수
- ∴ 건축물위험도 = [내부인자점수 + 외부인자점수] × 10
- 교량의 노후도 수준 평가 방법은 한국건설기술연구원에서 제시한 시설물의 노후화 수준 평가 방법을 참고하여 산정 기준 및 절차를 제시한다. 교량의 노후도 수준 평가 방법은 노후화 수준을 평가하고자 하는 교량에 대한 세부 인수 항목을 측정하여 평가한다.
- 교량의 노후도 평가를 위한 측정항목은 노후화 수준을 평가할 수 있는 전략적 항목을 설정한다.
- 콘크리트의 탄산화 깊이, 콘크리트 균열폭, 부재의 기울기, 부재 변형률, 이동량 등으로 구분할 수 있으며, 측정 대상 부재는 우선적으로 교량의 바닥판, 교대/교각, 기초, 기타 부재(교량받침, 신축이음장치)로 구분되며, 필요 시 부속 시설물(교면 포장, 배수시설, 보호시설 등)에 대한 추가 측정항목으로 설정할 수 있다.



〈그림 2-19〉 교량 노후도 평가 흐름도

- 교량의 위험도는 정량적인 평가방법을 기초로 산정하며, '중소노후교량 실증기반 성능 및 보수보강 평가'에서 제시한 위험도 평가방법을 인용한다.
- 취약도, 사회적 영향도, 재해 영향도 평가를 위한 지수화를 혼합하여 교량의 최종 위험도를 평가할 수 있는 산정 방법 및 절차를 제시한다.
- 교량의 위험도 인자 점수는 각각의 위험 요소에 대한 관리기준을 단계별 지수화하고 기존 문헌의 자료를 통해 가중치를 선정한다.
- 위험도 평가 절차는 우선 취약도, 영향도를 고려하여 위험도를 평가해, 단기간에 교량의 안전성에 영향을 줄 수 있는 항목을 취약도(Vulnerability)로 정의한다.
- 다음으로 장기간에 걸쳐 교량의 안전성을 위협하는 항목과 교량 폐쇄 시 사회/경제적으로 미치는 영향 항목을 영향도(Social Influence)로 정의하고 계측자료 기반의 재해 위험성(재해도)을 세분화 및 지수화하여 취약도, 영향도, 그리고 재해도를 가중평균으로 하여 위험도 지수(Risk Index)를 산출한다.

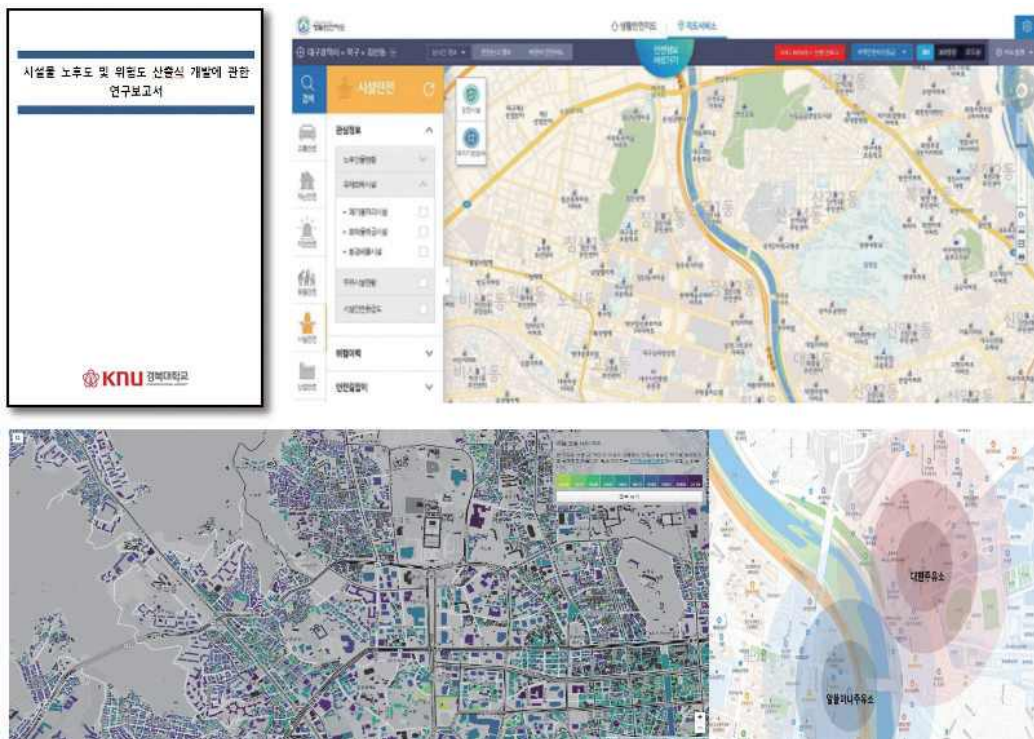


\*\* (취약도 지수 + 재해 영향도 지수) × 가중치 + 사회적 영향도 지수 × 가중치 = 종합 위험도 지수

〈그림 2-20〉 교량 위험도 평가 흐름도

### ● 시설물 노후도/위험도 리포팅 연계

- 건축물의 경우 건축물 정보, 기 수행된 안전점검을 통해 얻어진 안전등급, 해당 건축물과 위험 또는 안전 시설물과의 거리에 따라 도출되는 노후도 및 위험도를 통합 관리 시스템에 등급별 색깔의 구분으로 가시화할 수 있도록 연계한다.
- 또한, 안전점검 미실시로 인해 안전등급을 미확보한 건축물의 경우, 해당 요인을 제외한 건축물 노후도 및 위험도 기준을 개발한다.
- 교량의 경우 노후도 및 위험도를 통합관리 시스템에 연계하며 세부 정보는 현재 본 연구를 통해 구축한 대상 교량의 BIM(Building Information Modeling) 데이터 통해 시설물 의사결정 지원 서비스와 연계하여 상세히 제공한다. 또한 교량에 부착되어있는 센서의 정보 또한 가시화하여 제공한다.



〈그림 2-21〉 건축물 노후도/위험도 유지관리

### ● 건축물 5D 모델(산출식)

- 건축물 5D 모델은 도시행정 및 도시계획 결정권자들의 의사결정을 지원해줄 수 있는 데이터를 제공함으로써 도시 전반적인 상태를 파악하는 데 목적이 있다.

- 이에 건축물 5D 모델은 안전점검 및 정밀 안전점검 등을 통해 도출할 수 있는 건축물 하나하나의 유지보수 비용 등을 상세히 산출하는 것이 아닌 구역별 대략의 전체 금액을 비교/분석하는 데 의의가 있다.
- 2018년 조달청에서 제공한 공공건축물 유형별 공사비 분석 보고서를 참고하여 대상지 내의 공공건축물(일반청사, 대형청사, 초등학교, 중고등학교, 경찰서, 도서관, 체육시설 등)에 대한 공사비를 도출한 시설물 노후도/위험도 기준에 따라 금액을 산출한다. 금액은 제공되는 기준 단가에 물가 상승률을 고려하여 산정한다. 건축물 정보는 공공데이터 및 FMS 상의 데이터를 활용한다.



〈그림 2-22〉 건축물 5D 모델 산출 기준 데이터

### ● 교량(아양교)실시간 센싱 데이터베이스 구축

- 대상 교량(아양교)에 구조 모니터링 계측센서, 기상관측 모니터링 계측센서, 계측기기 함체 등을 설치하여 실시간 센싱 데이터를 수집한다.
- 이를 통해 5D 기술기반의 도시 공간시설물 통합관리 시스템을 통한 예방적 유지관리로 시설물 안정성 확보와 저비용/고효율의 유지관리 네트워크 체계 구축 및 실증을 하고자 한다.



〈표 2-1〉 구조 센서(구조 모니터링 및 기상관측 모니터링 계측센서)

구조 모니터링 계측센서		기상관측 모니터링 계측센서	
			
신축변위계	3축가속도계	풍향풍속계	적외선 표면 온도계
			
온도계	변형율계	시정계	강우량계, 강우설량계
			
온도계_상온	경사계	온습도계	기상 관측 타워

〈표 2-2〉 구조모니터링 계측 센서 현황

계측항목	계측센서	모델	수량(EA)	비고
응력 측정	변형율계	KM-100B	12	
부재 및 상온	온도계	RTD PT100	6	
신축이음부 변위	신축변위계	DP-500F	4	
교각, 교대 기울기	경사계	KB-5DB	3	
거더, 교대, 교각 진동	3축가속도계	ARF-20A-T	3	
정적데이터 취득	정적데이터로거	CR1000	1	
동적데이터 취득	동적데이터로거	Q_bloxxA107	1	경북대학교 지급자재
로거 및 주변기기	계측기기 합체	-	1	

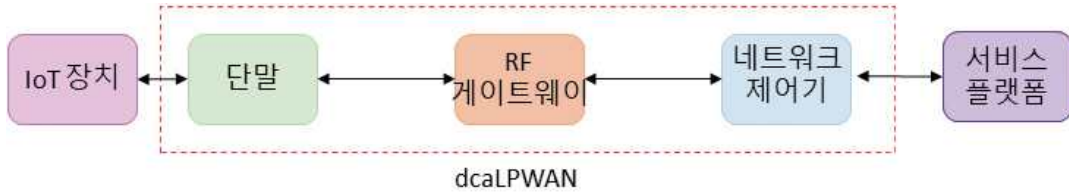
〈표 2-3〉 기상 관측 모니터링 계측 센서 현황

계측항목	계측센서	모델	수량(EA)	비고
풍향, 풍속	풍향풍속계	05103-5	1	
강우량	강우량계	WDR205	1	
강우설량	강우설량계	WDSA205	1	
시정 거리	시정계	CS120A	1	
도로면 표면 온도	도로표면온도계	SIF-111-SS	1	
습도	습도계	HMP60	1	
정적데이터 취득	정적데이터로거	CR10X	1	경북대학교 지급자재
로거 및 주변기기	계측기기 합체	-	1	

## 4-6 Massive IoT 기반 시설물 데이터 수집 및 전송 시스템

- Massive IoT 표준 규격을 지원하는 단말/게이트웨이/네트워크 제어기 및 엣지 시스템의 실증 적용, 데이터 수집을 위한 Massive IoT 네트워크 최적화를 수행하였다.
- 스마트시티를 위한 Massive IoT 네트워크 기술은 다양한 특성의 IoT 데이터에 대한 우선순위관리와 자원예약 기술을 통해 이질적 특성의 대규모 스마트시티 데이터를 예측 가능한 품질로 수집하고 관리할 수 있는 기술을 제공한다.
- 이 기술은 TTAK,KO-06,509/R1, TTAK,KO-06,540~2 등 차별화된 무선 채널 액세스 기반 저전력 광역 네트워크와 같은 Massive IoT 표준 규격을 준수하고 있다. 저전력 광역 네트워크 구성도에서 시설물 관리 계측장치 및 데이터 (Data logger)는 IoT 장치에 해당하며 단말과 RF 게이트웨이를 통해 네트워크 제어기에 전송된다. 네트워크 제어기는 Massive IoT 네트워크의 구성과 자원 관리를 총괄하며, 데이터의 변환 및 시계열 데이터 분석을 통한 이상치 감지 등의 수행 기술이 포함된다.



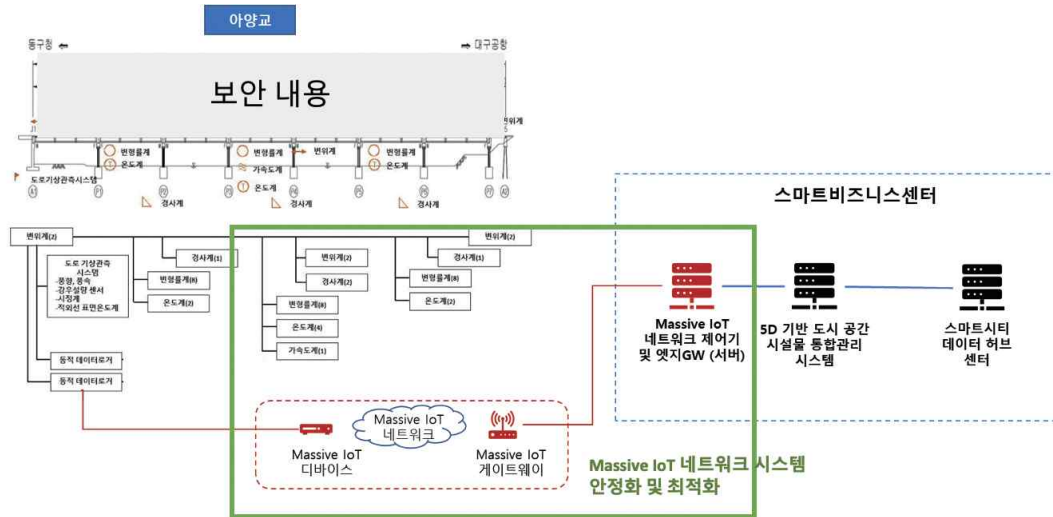


〈그림 2-23〉 차별화된 무선 채널 액세스 기반 저전력 광역 네트워크 구성도

- 실증 대상 아양교에 신규 설치한 센서로부터 **Massive IoT** 네트워크 시스템 장비(단말, RF게이트웨이 등)를 통해 데이터를 수집한다. 그리고 스마트비즈니스센터 내 **Massive IoT** 네트워크 제어기 및 엣지게이트웨이 서버를 구축하고 운용하여 시설물 센서 대상으로 안정적인 데이터 수집과 데이터 검증을 위한 **Massive IoT** 네트워크 시스템(네트워크 단말 및 서버, SW 등) 기능 고도화 및 최적화를 진행한다.
- **Massive IoT** 네트워크 단말과 RF 게이트웨이는 물리계층으로 범용적 활용도가 높은 LoRa (Long Range Radio) chip set을 적용하였으며, **Massive IoT**의 우선순위관리와 자원예약 기술을 적용한 MAC SW를 탑재하였다.

〈표 2-4〉 Massive IoT 네트워크 단말 및 RF 게이트웨이 사양

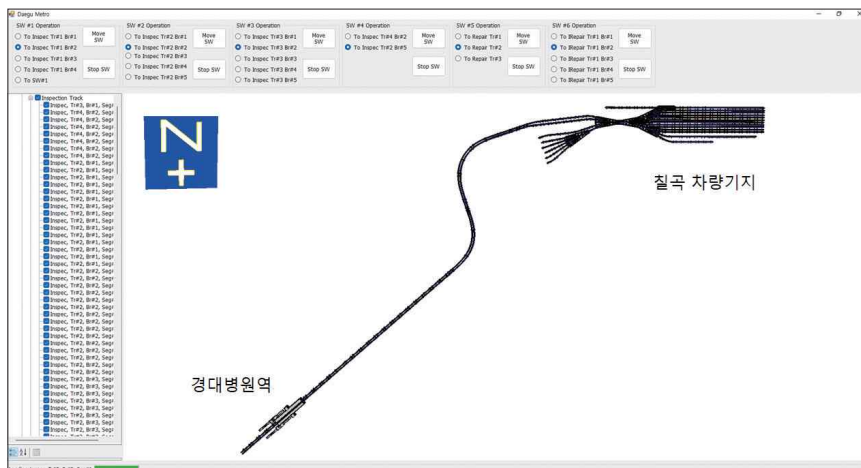
항목	Massive IoT 네트워크 단말	Massive IoT RF 게이트웨이
적용 칩셋	ST사 : Cortex-M3 MCU SEMTECH사 : SX1275 Transceiver	ST사: Cortex-M4 MCU SEMTECH사 : SX1276 Transceiver
무선 통신 규격	LoRa (spread spectrum modulation)	LoRa (spread spectrum modulation)
주파수 대역	중심주파수 920.9 ~ 923.3MHz (BW125kHz)	중심주파수 920.9 ~ 923.3MHz (BW125kHz)
최대 송신 전력	920.9 ~ 921.9MHz : 10dBm(Max) 922.1 ~ 923.3MHz : 14dBm(Max)	920.9 ~ 923.3MHz : 20dBm(Max)
무선 기술 방식	spread spectrum modulation	spread spectrum modulation
입력 전원	DC 5V	DC 5V
전류 소모	TX mode : ~ 130mA (Max) RX mode : ~ 60mA	TX mode : ~ 150mA (Max) RX mode : ~ 60mA



<그림 2-24> Massive IoT 기반 시설물 데이터 수집 및 전송 시스템

## 4-7 도시공간 BIM 관리 지원 시스템

- 건축, 토목, 플랜트 등 스마트시티 내 다양한 분야별 전문 CAD 혼합 사용을 지원하기 위한 Multi-BIM 환경, GIS-BIM 통합 운영환경 SW를 구축한다.
- 다수의 대기종 CAD를 동시 활용할 수 있는 Multi-BIM환경을 구축하여 제공한다.

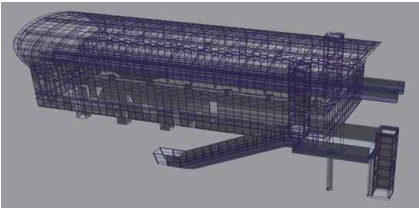
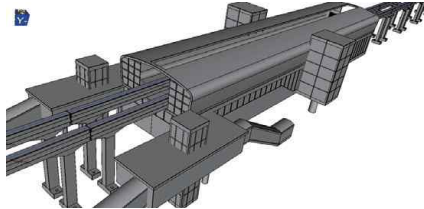

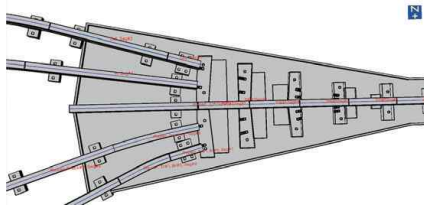
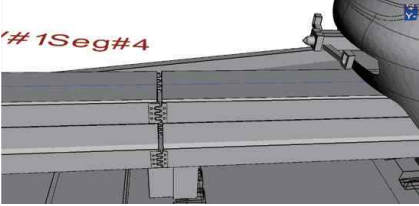
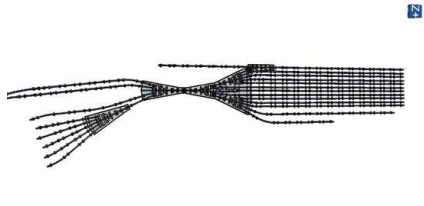


<그림 2-25> Multi-BIM 환경 구축

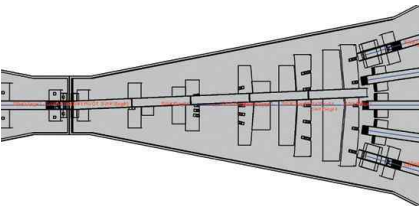
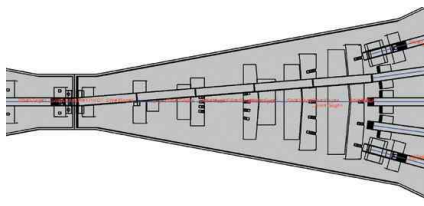
- 3D-GIS 데이터와 Multi-BIM 환경을 통합하여 활용할 수 있는 GIS-BIM 통합 환경을 구축한다.

- 대구 도시철도 대상 시설물(환승역사, 차량기지, 신축이음, 차량 등)에 대해 BIM 모델을 구축한다.
- 대구 도시철도 환승역사(청라언덕역), 차량, 차량기지, 분기기 등을 대구도시철도공사와의 협의를 통해 선정하여 BIM 모델을 구축한다.

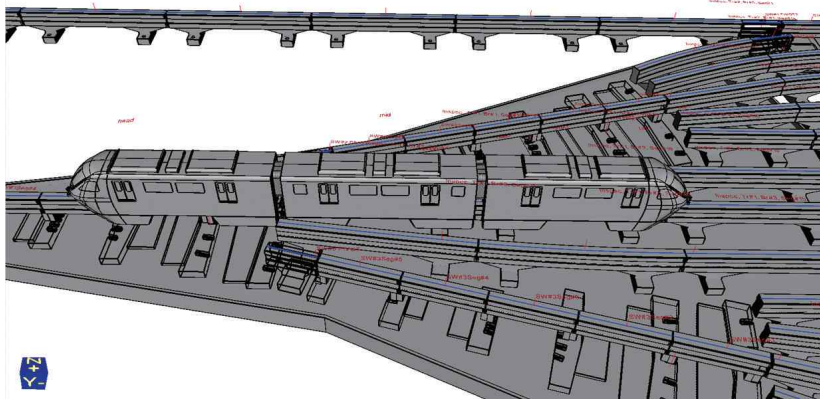
〈표 2-5〉 대구 도시철도 대상 시설물 BIM 모델

청라언덕역(건축)	경대병원역(건축)
	
차량(기계)	분기기(기계, 신호)
	
신축이음	차량기지(토목, 궤도)
	

〈표 2-6〉 분기기 모의 화면

분기기 이동 중	분기기 이동 완료
	

- 대구도시철도공사와 협의에 의하여 분기기(궤도 절체기) 선로 전환 모의 및 차량운행 모의를 구현하였다.



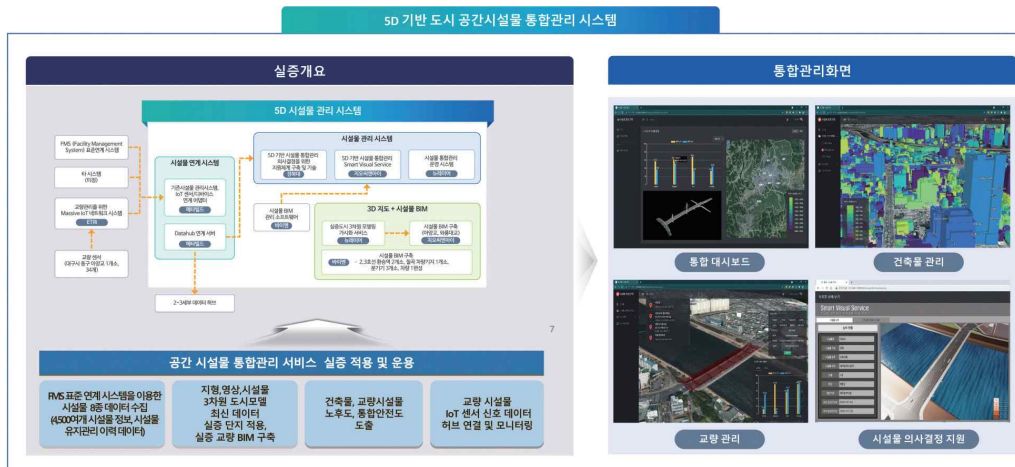
<그림 2-26> 분기기 선로 전환 모의 및 차량운행 모의

# 제3장

# 실증 경과

## 1 | 실증 체계

- 공간시설물 통합관리 서비스 실증은 대상 따라 건축물 실증과 교량 실증으로 구분된다. 건축물 실증에서는 대구시 전역 건축물을 대상으로 시설물에 노후도/위험도 지수를 활용하는 서비스이며, 교량 실증에서는 아양교에 설치된 센서로부터 수집되는 실시간 데이터와 교량 유지관리 데이터를 이용하여 노후도/위험도 지수를 제공하는 서비스이다.



〈그림 3-1〉 Multi-BIM 환경 구축

## 2 | 실증대상

- 본 과제에서는 대구시 전역 건축물을 대상으로 노후도/위험도 지수를 제공하고 있으며, 아양교에는 신규 센서를 다음과 같이 설치하여 실시간 데이터를 수집하여 시설물 노후도와 위험도 분석과 결과를 시설물 유지관리 의사결정지원 서비스를 통해 사용자에게 제공하는 데 활용한다.

- 서비스 실증 대상 건축물: 대구광역시 전역
- 서비스 실증 대상 교량: 아양교

〈표 3-1〉 실증대상 예시(아양교)

분기기 이동 중	분기기 이동 완료																	
<p>아양교 (대구 동구 검사동)</p>	<div data-bbox="539 539 1190 902" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="783 920 943 954" data-label="Caption"> <p>〈아양교 전경〉</p> </div> <div data-bbox="539 999 1190 1361" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="783 1379 943 1413" data-label="Caption"> <p>〈아양교 위치〉</p> </div>																	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Massive IoT 네트워크 통신 단말 : 1개</li> <li>● Massive IoT 네트워크 제어기 : 1개</li> <li>● Massive IoT 엣지 게이트웨이 서버 : 1개</li> <li>● 구조 모니터링 센서 5종 28개</li> </ul> <table border="1" data-bbox="501 1659 1171 1928"> <thead> <tr> <th>계측항목</th> <th>계측센서</th> <th>수량(EA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>응력 측정</td> <td>변형률계</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>부재 및 상온</td> <td>온도계</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>신축이음부 변위</td> <td>신축변위계</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>교각, 교대 기울기</td> <td>경사계</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>거더, 교대, 교각 진동</td> <td>3축가속도계</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	계측항목	계측센서	수량(EA)	응력 측정	변형률계	12	부재 및 상온	온도계	6	신축이음부 변위	신축변위계	4	교각, 교대 기울기	경사계	3	거더, 교대, 교각 진동	3축가속도계
계측항목	계측센서	수량(EA)																
응력 측정	변형률계	12																
부재 및 상온	온도계	6																
신축이음부 변위	신축변위계	4																
교각, 교대 기울기	경사계	3																
거더, 교대, 교각 진동	3축가속도계	3																



● 기상관측장비 6종 6개

계측항목	계측센서	수량(EA)
풍향, 풍속	풍향풍속계	1
강우량	강우량계	1
강우설량	강우설량계	1
시정 거리	시정계	1
도로면 표면 온도	도로표면온도계	1
습도	습도계	1



### 3 | 실증 경과

○ 서비스 실증을 수행하기 위한 실증경과는 다음과 같다.

〈표 3-2〉 실증경과

구분	실증 지역	실증 경과
서비스 실증 (건축물)	대구광역시 전역	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실증 점검회의 : 2022년 7월</li> <li>• 서비스 테스트 : 2022년 9~10월</li> <li>• 만족도 조사 결과 도출 : 2022년 11월</li> </ul>
서비스 실증 (교량)	아양교 (대구 동구 검사동)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이관 진행 : 2022년 11월~12월</li> </ul>

## 4 | 실증 결과

- 현재까지의 주요 성과 및 실증 결과로는 데이터 수집 및 분석, 서비스 구축을 진행하였다. FMS 표준 연계 시스템을 이용한 대구시 4,500여개 시설물의 8종 데이터를 대상으로 데이터 수집하고, 아양교 1개소에 구조모니터링 센서(5종 28개), 기상 관측 모니터링 센서(6종 6개) 설치 및 데이터 수집, Massive IoT 네트워크 시스템 장비 구축 후 센서 데이터 수집 및 연계 서버로 전송한다. 대구 3차원 모델 고도화 구축(와룡대교, 아양교, 산격대교), 교량 BIM 데이터 구축(아양교, 와룡대교), 건축물/교량 대상 시설물 유지관리 시나리오, 유지보수 대응 가이드라인, 노후도 및 위험도 산출식 개발 및 시스템 반영하였다. 도시 시설물통합관리 시스템(운영관리, 의사결정지원) 구축 및 운영 테스트를 수행하였고, 5D 시설물 정보 데이터 및 위험도/노후도 데이터 대상 2-3세부 데이터허브와 연계 진행하였다.



## 1 | 운영/확산방안(안)

- 5D 통합시설물관리시스템을 대구시에 이관하기 위한 장비 구입 비용, 최소 요구 사항 등에 대한 사전 협의가 필요했고, 유지보수 관련 사전 협의 후 진행하였다. 또한, 아양교 시설 이관 과정(교량에 설치된 센서 및 각종 장치 설치 계획 검토, 설치, 테스트 등 일련의 과정에서 지자체 협조 및 관리 감독 사항이 발생하였고, 지속적인 운영 관점에서 전기, 네트워크 비용에 대해 지자체 이관 부서와의 협의가 필요하였다.

## 2 | 향후 연계가능한 시나리오

- 노후도 및 위험도 분석을 통한 시설물 진단 주기 설정, 유지보수 우선순위 설정 및 효율적 예산 수립에 활용할 수 있다.
- 연구개발과제 종료 후 관리 시설물별 BIM을 지자체에서 별도 구축하여 대구시 전역으로 서비스 확장하는 데 활용 가능하다.
- 물리적인 IoT 센서와 가상공간의 센서를 연결하는 기술을 활용하여 실제 세계에서 다양한 센서를 교량이라는 시설물에 국한하지 않고 다양한 분야와 현장에 적용하여 실세계의 센싱 객체를 가상세계의 센싱 객체와 연결하고 신호를 수신하는 기술로 활용할 수 있다.
- 교량 외 타 도시공간시설물(가로등/보안등, 다중이용시설 내 주요시설물 등)의 데이터 수집 네트워크 기술로 Massive IoT 네트워크 시스템을 활용할 수 있을 것이다.

## 1 | 문제해결 사례

- 대구 시설물정보관리시스템(DFMS) 연계방식에서 FMS 연계로 변경 진행하였다. 이를 위해 DFMS 연동을 위한 담당 기관인 대구 시설안전관리사업소와 협의하여 진행하였다.
- DFMS 시스템 운영 중지로 기존 계획 수정 필요
- FMS(시설물정보관리시스템)와의 데이터 연계로 선회
- FMS 연계를 위한 국토안전관리원 시설안전관리실 협조 요청 및 진행
- 대구시 담당자 신청을 통한 FMS 연계 채널 확보
- 이후 현재까지 FMS 연계를 통해 대구시 시설물 기본 정보 및 유지관리 이력정보를 확보하는 과정을 거쳐 문제를 해결

## 2 | 기술적 한계

- 3D GIS/BIM 구축 관련하여 비용/시간적 제약으로 대구시에서 관리하는 모든 시설물에 대해 3D 모델 고도화하거나 BIM 모델을 구축하는 것은 불가능하여 시설물 중 일부를 선택하여 진행하였다.
- 본 과제에서 진행한 시설물 노후도/위험도 알고리즘은 전체 시설물 종류 중 건축물과 교량에 한정하여 진행하였다. 또한, 해당 알고리즘 검증의 경우 실증 데이터 반영을 통한 검증 기간이 부족하다.
- 시설물 노후도/위험도 알고리즘을 개발하면서 고려한 다양한 변수 중 국가 FMS에서 수집할 수 없는 값들은 시스템에 탑재하기엔 지속적인 반영이 어려워, 서비스 SW에 탑재하는 과정에서 제외되었다.

### 3 | 거버넌스 관련

- 지자체 산하 시설안전관리사업소에서 시설물 유지관리 업무를 담당하고 있고, 각종 시설물 운영지침에 따라 관리하고 있다. 신규 시스템 도입/활용 부분에 있어서는 시스템 이관에 참여하는 담당 부서 및 관련 부서 간의 협의를 통해 서비스 거버넌스가 구축/운영되어야 한다.

#### 참고문헌

- 시설물통합정보관리시스템(Facility Management System), 국토교통부, (URL: <http://fms.or.kr>)
- 대구시 시설물 관리현황, 대구광역시, (URL: [https://www.daegu.go.kr/build/index.do?menu\\_id=00933689](https://www.daegu.go.kr/build/index.do?menu_id=00933689))
- 연계자료구조 및 공통코드, FMS 표준연계시스템, 국토교통부, (URL: <http://eai.fms.or.kr:8080/com/mainFrame.do>.)
- 행정안전부, 건물 DB, 주소기반산업지원서비스, 행정안전부, (URL: <https://www.juso.go.kr/addrlink/main.do?cPath=99MM>.)
- 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(시설물안전법), 국토교통부 시설안전과, (URL: <https://www.law.go.kr/법령/시설물의안전및유지관리에관한특별법>)

스마트시티  
혁신성장동력  
프로젝트



SMART CITY