

## 5G 디지털 트윈 기반 시설물 안전관리 통합플랫폼 계획 수립 절차에 관한 연구 : 수도권 광역시 시설물을 중심으로

장혜정\*

### A Study on the Procedure for Establishing an Integrated Platform Plan for Safety Management of 5G Digital Twin-Based Facilities: Focusing on Facilities in Metropolitan Cities

Hye-Jung Chang\*

**요약** 도시중심의 생활로 시설물의 종류가 늘고 규모가 증가함에 따라 도시의 시설물 안전관리 사각지대가 발생하고 다수의 인명피해가 연이어 발생하고 있다. 이에 스마트 시티에서 생활하는 시민들의 안전과 안심에 대한 니즈를 충족하는 방안으로 5G와 디지털 트윈 기술을 접목하여 시설물 안전관리 통합플랫폼 수립 절차를 제시하고 이를 통하여 시설물에 대한 위험 요소와 노후화에 따른 점검의 문제점을 해결하고자 한다. 본 논문에서는 시설관리의 현황과 5G 디지털 트윈 기반의 스마트 시티 신기술 적용 방향에 대해 살펴보고 디지털 트윈으로 구현하기 위한 추진 절차를 제시한다. 대상 지역은 수도권 광역도시 지역으로 안양시, 의정부시, 구리시, 광명시, 오산시 5개 도시를 선정하였다. 추진 절차는 각 지자체의 다중이용 목적 시설물 중에서 노후화되고 관리가 시급한 시설물을 플랫폼 구축 전문가와 지자체 스마트시티 담당자와 선정한 뒤 시별 정책 방향을 반영하여 디지털 트윈 시설물 대상 33개를 최종 선정하였다. 이렇게 확정된 시별 시설물을 중심으로 5G 디지털 트윈 시설물 안전관리 통합플랫폼으로 구축하기 위한 정보기술 인프라 요소와 구현 서비스의 카테고리화를 정의한 뒤 구체적인 통합플랫폼 구성안을 제시하고자 한다.

**Abstract** As the variety and scale of facilities increase due to industrialization and urbanization, blind spots for facility safety management have occurred, resulting in numerous casualties. To meet safety and security needs of citizens living in smart cities, we present a procedure for establishing an integrated platform for facility safety management by combining 5G and digital twin technologies. It can be used to perform inspection according to risk factors and aging of facilities. In this paper, the current status of facility management and application directions of new 5G digital twin-based smart city technologies are reviewed and digital twin implementation procedures are presented. Five cities were selected as target areas: Osan, Gwangmyeong, Guri, Uijeongbu, and Anyang. Old and emergency facilities of each local government were selected. A total of 33 digital twin facilities reflecting policy directions of each city were selected. Focusing on facilities determined by each city, the purpose of this study was to define information technology infrastructure elements for the application of the 5G digital twin facility safety management integrated platform, define categories of implementation services, and suggest a concrete integrated platform configuration plan.

**Key Words** : Digital Twin, Facility Management, IoT, Safety Management, Smart City

This Paper was supported by research Fund of Seokyeong University in 2021.

\*Corresponding Author : \*College of Multidisciplinary Studies, SeoKyeong University (mschang@skuniv.ac.kr)

Received July 22, 2021

Revised July 29, 2021

Accepted August 06, 2021

### 1. 서론

국내 시설물은 국토교통부의 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」에서 정한 '1종 및 2종 시설물'과 행정안전부의 「재난 및 안전관리 기본법」에서 정한 '특정 관리 대상 시설' 두 법을 통하여 안전 점검과 유지보수 업무가 수행됐다[1]. 그러나 도시중심의 생활로 시설물종류가 늘고 규모가 증가함에 따라 시설물 안전관리에 있어서 사각지대가 발생하여 다수의 인명피해가 연이어 발생하게 되어 정부는 재난안전법 특정 관리 대상 시설을 2018년 1월 18일부터 3종 시설물로 편입하고 안전 점검 업무를 국토교통부로 통합했다[1].

기후변화와 시설물의 노후화가 진행되어 공공의 안전 확보와 효율적인 추가 대책이 필요하다. 그러나 점검 시기가 [표1]과 같이 정기점검의 경우 반기 1회 이상, 정밀점검은 등급에 따라 1년에서 3년 사이에 1회 이상, 정밀안전진단은 등급에 따라 4년에서 6년 사이에 1회 이상으로 되어 있어 위험등급의 시설물에 대한 안전과 급격한 노후화 진행에 대응하기 역부족이다.

표 1. 시설물 안전점검 종류  
Table 1. Type of Facility Safety Inspection

Type	Period of Inspection		Target Facilities
Periodic Inspection	More than once every 6 Months		Class 1,2 Facilities
Close Inspection	Rank A	More than once every 3(4) years	Class 1,2 Facilities
	Rank B/C	More than once every 2(3) years	
	Rank D/E	More than once every 1(2) years	
Emergency Inspection	Where the Management Authority Deems it Necessary At the Request of the Head of the Relevant Administrative Agency.		Requested Facilities
Precision Safety Diagnosis	Rank A	More than once every 6 years	10 year old Class 1 facility Conducted based on Safety Inspection Results
	Rank B/C	More than once every 5 years	
	Rank D/E	More than once every 4 years	
	Other when necessary		

이에 본 논문에서는 스마트시티의 5G 기반의 IoT 첨단기술을 적용하여 도시기능을 효율화하고 도시문제를 디지털 트윈으로 해결하는 것을 목표로 구현 방안을 제시하고자 한다. 이를 통하여 지속해서 증가하

는 복잡하고 다양한 공공 시설물을 효율적으로 관리하고 안전 점검 방식을 디지털 트윈 기반 통합관제로 해소하여 체계화시키고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 시설물 안전 점검 현황

국가 주요시설물은 시설물안전법에 의거 그 규모와 중요한 정도로 1종과 2종 시설물로 구분되어 안전 점검을 수행한다. 안전 점검은 정기점검, 정밀점검, 긴급점검으로 구별하며 안전 점검에 관한 결과를 바탕으로 정밀 안전진단을 실시한다[1].

대표적인 1종 시설은 교량, 터널, 항만, 철도, 댐 등이 포함되고 대표적인 2종 시설은 공동주택, 문화 및 집회 시설, 의료시설, 판매시설, 숙박시설 등이 포함된다. 이러한 시설물에 대한 유지관리 점검의 장점은 안전 관점에서는 기본구조에 대한 안전성과 피난 내용을 점검하여 재난 시 안전하게 피난할 수 있도록 해주며, 기능적으로는 건축물이 최초 사용승인의 조건을 유지하는지 점검하여 편리하고 쾌적한 환경을 유지할 수 있도록 하고 시설물의 수명이 연장될 수 있도록 하며, 성능 면에서 시설물 내부의 설비들이 성능을 제대로 유지하고 있고 에너지 측면에서도 효율을 향상할 수 있도록 하여 시설물의 유지비용을 절감시키는 효과를 가져올 수 있다[2].

#### 2.2 5G , 스마트시티와 디지털 트윈

2019년 4월 정부 관계부처는 혁신성장 실현을 위한 10대 5G+핵심 사업 및 5대 핵심 서비스 육성 계획을 발표하였다. 이 중 5대 핵심 서비스로는 실감형 콘텐츠 구현, 스마트공장 관리, 자율주행차 추진, 스마트시티 활용, 디지털 헬스케어로 결정되었다[3]. 핵심 서비스 중 스마트시티는 5대 세부 추진전략을 세부적으로 보면 첫째, 공공 선도 투자로 5G 초기 시장 확보 및 국민 삶의 질 제고 지원, 둘째, 민간투자 확대를 통해 테스트베드 조성 및 산업을 고도화, 셋째, 제도 정비를 통한 5G 서비스 활성화 및 이용자 보호 지원, 넷째, 산업기반 조성으로 글로벌 수준의 혁신 기업 또는 인재 육성, 마지막으로 해외 진출 지원을

통한 우리 5G 기술 및 서비스의 글로벌화를 추진하는 것이다[3].

스마트시티는 기존 도시 운영의 인력 중심으로 상황을 확인하는 단계를 넘어 스마트시티의 디지털 트윈화를 통한 관리 부분의 효율을 높이려는 시도가 일어나고 있으며 이에 대응 가능할 수 있는 스마트시티 IoT를 통한 데이터를 받고 이를 빅데이터로 구축하여 통합관리 할 수 있는 플랫폼화로 디지털 스마트 시티에 대한 에코시스템이 요구되고 있다[4].

디지털 트윈으로 스마트시티의 공통 플랫폼을 구축하는 경우 이러한 플랫폼은 구축기술 전문가와 해당 서비스를 채택받는 시민 등 이해관계자들이 함께 참여할 수 있어서 협업의 도구가 될 수 있다. 시설물에 대한 현재 상태를 비롯하여 스마트시티의 각 기반인프라를 모니터링 할 수 있는 디지털 트윈 기반의 경우 각 센서로부터 수집된 데이터로 이상 징후를 발견하고 가상 시나리오로 시뮬레이션을 돌려볼 수 있어서 스마트 시티의 문제를 해결하는 데 도움이 될 수 있다[5].

과학기술정보통신부, 국토교통부, 산업통상자원부는 SOC의 안전하고 효율적인 관리지원을 위하여 기반시설에 대한 5G+스마트 SOC 프로젝트 추진과 생활시설에 대해서는 5G 기반 디지털 트윈 적용을 하고 노후 원전에 대해서는 5G 기반 안전한 원전 해체를 공공에서 선도 투자를 추진한다[6]. 이에 과학기술정보통신부는 5G 통신을 기반으로 디지털 트윈을 사용하여 시설물 안전에 관한 관리를 하는 실증 사업을 지속해서 추진하고 있다. 통신 및 4차 산업혁명의 신기술이 디지털 트윈과 융합하여 기존의 전통적인 산업의 디지털 혁신을 통한 새로운 서비스가 가능해졌다. 디지털 트윈 기반의 시설물 안전관리 통합플랫폼은 시설물의 3차원 맵 모델링으로 시각화를 지원하고, 시설물의 IoT 센서를 통해 수집된 데이터를 바탕으로 실시간 모니터링이 가능하다. 표준 행동 절차(SOP, Standard Operation Procedure)를 가지고 가상 시뮬레이션을 하여 5G 기반의 시설물 안전관리를 할 수 있도록 구성할 수 있다. 대부분 주요시설물은 정부나 지방자치단체에서 관리하고 있어서 디지털 트윈 활용 안전관리 수요 기관으로 정부 기관·지자체가 실증하게 된다.

국토연구원은 디지털 트윈 공간 추진전략을 각 부문의 구성요소를 고려하여 이해하기 쉽게 'DTS 452'로 칭하고 [표2]와 같이 제안하였다[7].

- (데이터 4) 공간 데이터, 센싱 데이터, 기록데이터, 빅데이터
- (기술개발 5) 구축 및 갱신기술, 분석기술, 가상화 기술, 초연결기술, 보안기술
- (서비스/활용 2)공공 및 행정서비스와 민간을 위한 플랫폼 서비스

표 2. 디지털 트윈 공간 추진전략 DTS452  
Table 2. Digital twin space promotion strategy DTS452

Category	Component
Data	Spatial data, Sensing data, Historical data, Big data
Technology	Construction and update technology, Analysis technology, Visualization technology, Hyper-connection technology, Security technology
Service /Utilization	Platform services for public and administrative services and the private sector

### 2.3 5G 디지털 트윈 기반의 시설물 안전관리

#### 2.3.1 필요성

1970년대 이후 집중되어 건설한 국내 시설물들은 급속히 노후화가 계속 증가하고 있고 이러한 시설물은 결국 화재나 붕괴 등의 위험으로 안전에 대한 우려가 증가하고 있다. 이러한 시설물 안전에 대한 시민들의 불안감을 줄이고 안전을 확보하기 위하여 시설물에 대한 5G와 디지털 트윈 접목을 통한 안전관리 체계 수립은 새로운 기회를 만들어 낼 수 있다. 이에 정부는 혁신성장 DNA·BIG3 전략을 통하여 5G 공공선도투자부문에 노후생활 시설 디지털 트윈 구축을 포함하였고 이를 통하여 지역 사회 안전 환경 조성을 통하여 병원, 체육관 등 주요시설물의 빅데이터 수집 및 디지털 트윈 구축으로 실시간 위험 감지 시스템 시장 창출 유도하는 노력을 하고 있다[8].

#### 2.3.2 디지털 트윈 시설물 안전관리 계획 수립 절차

디지털 트윈은 가상공간에 실물과 같은 환경을 5G,

IoT, 3D모델링 등을 활용하여 유기적인 연동이 가능하도록 구현하는 기술을 의미한다. 디지털 트윈의 요소를 살펴보기 위해서 3차원과 5차원의 디지털 트윈 모델로 각각 정의해 볼 수 있으며 3차원 디지털 트윈은 물리적 객체와 가상 객체, 이 둘을 엮는 데이터 및 정보의 연결 기능을 하나로 하는 총 세 가지 구성 요소로 이뤄져 있다. 5차원 개념 모델은 3차원 개념 모델에서의 데이터 및 정보의 연결 기능에 대해 서비스(Service), 디지털 트윈 데이터(DT Data), 연결(Connection)로 좀 더 상세화시킨 것으로 확대해 볼 수 있다[9][10]. 이를 기반으로 본 논문에서는 [그림1] 과같이 수도권 광역도시 5개 지자체인 의정부, 구리, 안양, 광명, 오산의 총인구 180만 명의 사회 취약계층시설, 다중이용 시설, 공공 시설 총 33개 건물을 대상으로 한다.

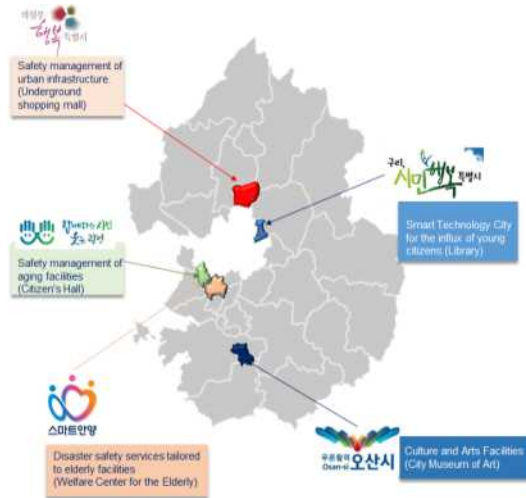


그림 1. 디지털 트윈 실증을 위한 도시 및 시설물  
Fig. 1. Cities and facilities for digital twin demonstration

5G 디지털 트윈 기반 재난 예측 및 안전관리 통합 플랫폼 계획 수립 추진은 [그림2] 와 같은 절차에 따라 진행하였다.

- 1단계 : 공감을 위한 변화관리
  - 시장 또는 부시장의 의지를 확인하고 승인
  - 기획부서, 스마트시티 부서, 정보시스템 부서, 시설물관리 부서를 대상으로 디지털 트윈 기반 시설물 안전관리 계획 수립 절차에 대한 공감대 형성
  - 플랫폼 추진에 관련된 이해관계자를 대상으로 설명회 실시. 관련자들에게 디지털 트윈에 대한 기대효과를 설명, 예상되는 우려 점 청취
- 2단계 : 현재 모습 분석
  - 5개 시 33개 시설물에 대한 현황을 파악함
  - 스마트시티 또는 정보시스템 담당 부서, 시설물관리부서, 시정 기획부서, 플랫폼 계획 수립 외 부전문가가 함께 시별 노후화된 건물, 취약계층 및 다중이용시설, 공공시설, 문화시설 등으로 시별 정책을 반영하여 선정
  - 시설물 선정 후 현장 건물 예비실사 수행
- 3단계 : 미래모습 정의
  - 5개 시 33개 시설물에 대한 대상에 따른 서비스 분류(문화시설, 사회적 취약계층 시설, 다중이용 시설, 공공 기관) 및 센서 종류 정의
  - 33개 시설물을 통합관리 할 수 있는 플랫폼 이미지 구성
- 4단계 : 시스템 아키텍처 정의
  - 5개 시 33개 시설물에 대한 통합플랫폼 시스템 아키텍처 정의

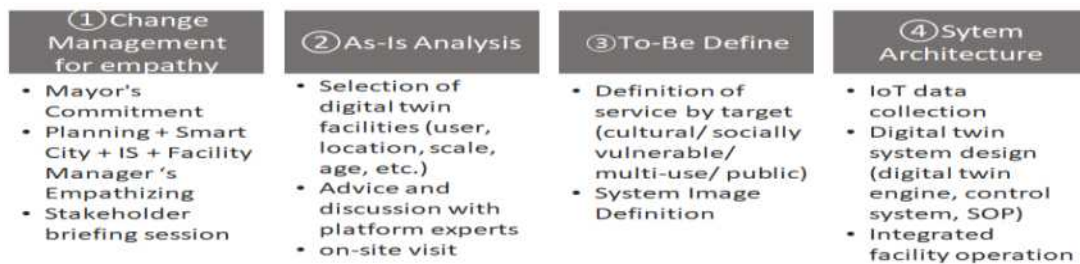


그림 2. 디지털 트윈 기반 시설물 안전관리 계획 수립 절차  
Fig. 2. Process of establishing a digital twin-based facility safety management plan

- IoT 자료수집
- 디지털 트윈 시스템 설계(디지털 트윈 엔진, 관제, SOP)
- 통합시설 운영 설계

**2.3.3 1단계 - 공감을 위한 변화관리**

1단계는 디지털 트윈 기반 시설물 안전관리 통합플랫폼에 대한 각 시의 의사결정권자의 추진 의지와 시정 방향과의 일치점을 찾는 것이 중요하다. 본 논문의 대상이 된 5개 시의 경우는 이미 스마트시티를 추진하고 있었고 국토교통부의 스마트시티 챌린지 사업 등 4차 산업혁명 기반 신기술을 추진 중이다 [11][12][13][14][15]. 본 계획 수립의 관계부서의 공감대 형성이 필요하였으므로 5개 시를 따로 방문하여 기획부서, 스마트시티 부서, 정보시스템 부서, 시설물 부서 관리자와 디지털 트윈 플랫폼 전문가가 인터뷰 및 토의를 통하여 디지털 트윈 기반 시설물 안전관리 통합플랫폼 계획에 대한 방향을 모색하는 과정을 실시하였다. 이 과정이 중요한 이유는 관리자급의 이해를 획득해야 이들의 후원을 받아서 해당 시의 이해관계자와 실무담당자를 대상으로 공감대 형성할 기회를 얻기 때문이다. 설명회 구성은 실무자를 위하여 디지털 트윈에 대한 이해, 해외 시설물관리 사례 및 시설물 안전관리 적용 방안에 대한 설명으로 [그림3] 과같이 준비하였다.



Focus Group Interview Platform Expert Discussion

Briefing session for city officials

그림 3. 공감을 위한 변화관리 활동  
Fig. 3. Change management activities for empathy

이때 현업에서 우려하는 사항 또는 연계 시스템에 대한 사항 등 실제 계획추진에 실행할 인력들의

요구사항은 향후 계획추진에 핵심이 되고 위험이 될 수 있으므로 세심하게 정리해야 한다. 해당 시에 대한 관계부서 공감 형성 과정과 전문가 토의 및 시 실무진 설명회 활동은 현상 파악 전에 약 4주간의 기간으로 시별로 진행하였다.

**2.3.4 2단계 - 현재 모습 분석**

디지털 트윈 기반 시설물 안전관리 통합플랫폼은 먼저 해당 시의 어떤 시설물을 대상으로 정할 것인지에 대한 관련자들의 깊은 토의가 진행되어야 한다. 이를 판단하기 위하여 누가 사용하는지(대상자), 얼마나 많은 시민이 사용하는지(사용 인원수), 규모(면적, 층수), 노후화 정도 등을 고려하여 해당 시별로 사전에 시설물을 조사하였고 이를 바탕으로 플랫폼 전문가들과 토의를 통하여 통합플랫폼에 들어갈 시설물의 형태를 정의하였다. 해당 시별 결정한 시설물을 다시 분류한 결과 노인, 장애인 등 사회취약계층 시설, 지하도, 체육관, 도서관, 문화센터, 예술 회관 등 다중이용시설, 시청, 주민 센터와 같은 공공시설 등으로 [표3] 과 같이 분류할 수 있었다.

표 3. 시별 디지털 트윈 플랫폼 대상 시설물  
Table 3. Digital twin application facilities selected by city

Area	total 33	facilities
Anyang	7	culture(2) Vulnerable(5)
Gwangmyeong	7	Vulnerable(4) Multi-use facility(3)
Osan	6	culture(1) Vulnerable(2) Multi-use facility(3)
Guri	7	Public(1) Multi-use facility(4) Vulnerable(1) culture(1)
Uijeongbu	6	Multi-use facility(5) culture (1)

- 안양시
  - 문화시설(2) : 평촌아트홀, 아트센터
  - 취약계층(5) : 동안 노인복지회관, 만안노인복지회관, 노인종합복지관, 수리장애인복지관, 관악 장애인종합복지관
- 광명시

- 취약계층(4) : 광명종합사회복지관, 소하1동 복합청사(노인복지관), 장애인 종합복지관체육관, 광명시 노인전문요양시설
- 다중이용시설(3) : 시민회관, 청소년수련관, 시민체육관
- 오산시
  - 문화시설(1) : 오산시립미술관
  - 취약계층(2) : 중양동 행정복지센터, 대원동 행정복지센터
  - 다중이용시설(3) : 양산도서관, 고용복지플러스센터, 에코리움(생태학습체험관)
- 구리시
  - 공공 기관(1) : 시청 본관
- 다중이용시설(4) : 인창도서관, 토평도서관, 청소년수련관, 멀티스포츠센터
- 취약계층(1) : 행정복지센터
- 문화시설(1) : 구리아트홀
- 의정부시
  - 다중이용시설(5) : 의정부 지하도상가, 체육관, 실내빙상장, 스포츠센터(장암동), 의정부시청소년회관
  - 문화시설(1) : 예술의전당

5개 광역도시의 디지털 트윈을 구현하기 위한 전용 IoT 센서 기능은 온/습도, 진동, 기울기, 미세먼지, 화재 식별 기능이 필요하다. 이를 위하여 각 해당

Area	facility	Classification of facilities	aging	fire	inclination	vibration	Temperature /Humidity	fine dust	CO2	BioMetrics
Anyang(7)	Pyeongchon Art Hall	culture	15	●	●	●				
	art center	culture	30	●	●	●				
	Dongan Senior Welfare Center	Vulnerable	26	●	●	●	●	●	●	●
	Minan Senior Welfare Center	Vulnerable	22	●	●	●	●	●	●	●
	Senior Welfare Center	Vulnerable	19	●	●	●	●	●	●	●
	Suri Welfare Center for the Disabled	Vulnerable	13	●	●	●	●	●	●	●
	Gwanak WelfareCenter for the Disabled	Vulnerable	24	●	●	●	●	●	●	●
Gwangmyeong(7)	Gwangmyeong Social Welfare Center	Vulnerable	15	●	●	●				
	Soha 1-dong Complex (Senior Welfare Center)	Vulnerable	10	●	●	●				
	Civic Hall	Multi-use facility	29	●	●	●	●	●	●	●
	Youth Training Center	Multi-use facility	5	●	●	●	●	●	●	●
	Citizen's Gymnasium	Multi-use facility	26	●	●	●	●	●	●	●
	Disabled Welfare Center Gymnasium	Vulnerable	16	●	●	●	●	●	●	●
	Gwangmyeong Senior Nursing Facility	Vulnerable	18	●	●	●	●	●	●	●
Osan(6)	Osan Museum of Art	culture	7	●	●	●				
	Junang-dong Administrative Welfare Center	Vulnerable	10	●	●	●	●	●	●	●
	Yongsan library	Multi-use facility	9	●	●	●				
	Employment Welfare Plus Center	Multi-use facility	15	●	●	●				
	Ecorium (Ecological Learning Experience Center)	Multi-use facility	7	●	●	●				
	Daewon-dong Administrative Welfare Center	Vulnerable	12	●	●	●	●	●	●	●
Guri(7)	City Hall Main Buiding	Public	23	●	●	●	●	●	●	●
	Inchang Library	Multi-use facility	16	●	●	●				
	Topyeong Library	Multi-use facility	9	●	●	●				
	Youth Training Center	Multi-use facility	17	●	●	●				
	Administrative Welfare Center	Vulnerable	9	●	●	●	●	●	●	●
	Multi Sports Center	Multi-use facility	5	●	●	●				
	Guri Art Hall	culture	7	●	●	●				
Uijeongbu(6)	Underground Shopping Mall	Multi-use facility	15	●	●	●	●	●	●	●
	indoor gym	Multi-use facility	13	●	●	●	●	●	●	●
	indoor ice rink	Multi-use facility	17	●	●	●	●	●	●	●
	Seoul Arts Center	culture	19	●	●	●				
	Sports Center (Jangam-dong)	Multi-use facility	17	●	●	●	●	●	●	●
	Uijeongbu City Youth Center	Multi-use facility	27	●	●	●	●	●	●	●

그림 4. 시별 시설물별 센서 선정 결과 (용도, 노후화, 센서)  
 Fig. 4. Results of sensor selection for facilities by city (use, aging, sensor type)

시설에 적합한 5G 기반 IoT 센싱 기술을 플랫폼 계획 수립 전문가들(IoT, 빅데이터, 인프라 구축, 디지털 트윈, 통합플랫폼)을 중심으로 정의하여 총 센서의 규모나 필요기능을 [그림4] 와 같이 정의하였다. 화재, 기울기, 진동 센서를 통하여 붕괴 위험과 취약을 해당 시설에 설치하는 것으로 정하고, 사회 취약 계층과 시청, 청사에는 추가로 온도, 습도, 미세먼지, 이산화탄소 센서를 설치하는 것으로 정했다. 이러한 기준으로 33개 건물을 나누는 결과 최소 총 140개 기본 센서가 산출되었고 해당 시별 시설물 당 100개로 예상하여 총 1,400개의 센서 설치를 구상하였다.

각 센서 모듈은 로라(LoRa)망을 사용한다. 로라(LoRa)망은 저 전력으로 통신할 수 있는 통신망으로 최소한의 전력 소모로 10km 이상 통신하고 별도의 기지국이나 중계 장비도 필요 없이 데이터를 받을 수 있어서 인프라 구축 비용이 낮은 통신망이다. 각 시설물에 부착된 센서를 통해 정보를 받아서 로라망으로 AP(Access Point)로 전달하고, 이렇게 전달된 5개 지자체 33개 건물의 IoT 센서로 전달된 정보는 안전(화재, 진동, 기울기), 환경(온/습도, 미세먼지), 설비감지(전기)에 관한 데이터는 5G 게이트웨이를 통하여 IoT 융합 플랫폼에 저장된다. 이렇게 저장한 데이

터를 분석해서 시설물 안전관리 맞춤형 IoT 서비스를 제공하고 실시간으로 시설물의 상황을 감지하는데 활용할 수 있다.

### 2.3.5 3단계 미래모습 정의

디지털 트윈 기반 시설물 안전관리에 필요한 서비스의 종류는 [그림5] 와 같이 안전 측면, 기능 측면, 성능 측면 3가지로 나누었다.

동시에 본 플랫폼의 서비스 수혜 대상에 따라서 도시민 서비스와 관리자용 서비스로 구성하였다. 모든 서비스는 시에 공통으로 시설물에 제공되는 서비스(검정 원), 사회적 취약계층을 위한 서비스(노란 원), 공공 서비스(파란 원), 공공건물에서 필요한 서비스(회색 원), 지하상가를 위한 서비스(녹색 원)로 구성하였다.

예를 들어, 사회적 취약계층(노란 원)을 위한 안전 측면 서비스는 재난 안전 서비스(출입자 대피 시뮬레이션, SOP (Standard Operation Procedure)기반 시나리오 시각화)와 노약자를 위한 사고 예방 서비스(쓰러짐 감지)를 제공한다. 사회적 취약계층(노란 원)을 위한 성능 관련 서비스로는 지표관리 서비스 내에 사회적 약자 보호 지표관리를 하도록 제공한다.

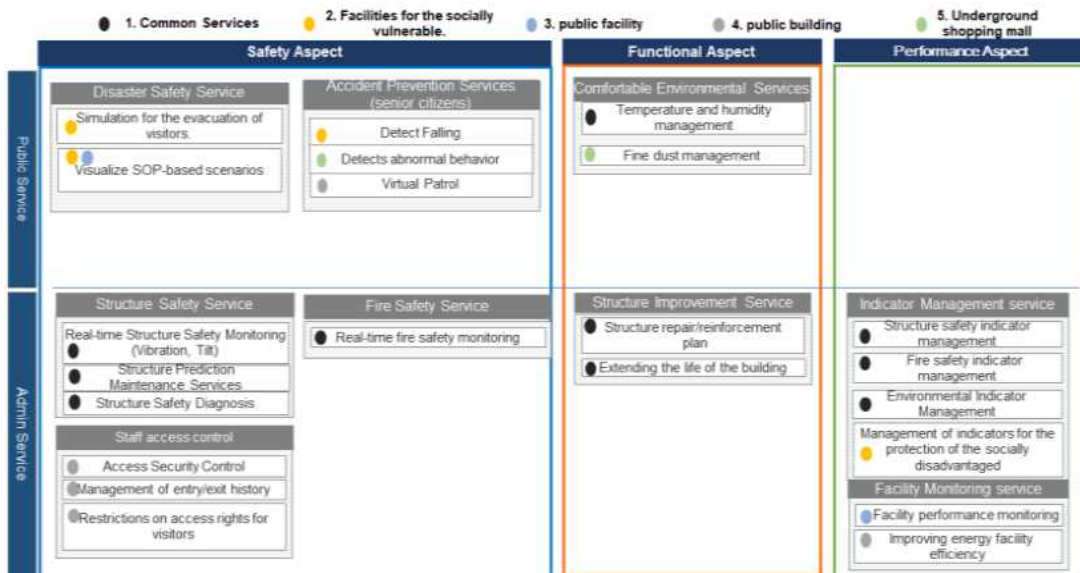


그림 5. 디지털 트윈 기반 시설물 안전관리 통합플랫폼 서비스 구성

Fig. 5. Digital twin-based facility safety management integrated platform service configuration

전체 플랫폼의 미래모습은 [그림6] 과 같이 구성하였다. 공공 G 클라우드 기반으로 IoT 플랫폼, 각 시설 용도와 형태로 구분한 건물 안전 관리용 3D 디지털 트윈 플랫폼이 주축을 이룬다. 이는 시설물 안전 환경지표·센서·시설물 통합관리를 데이터 기반으로 하게 되어 재난을 사전 예측하고 재난 발생 시 피해를 최소화하기 위한 시뮬레이션 구현이 가능하여 최적 대피로를 안내할 수 있다.

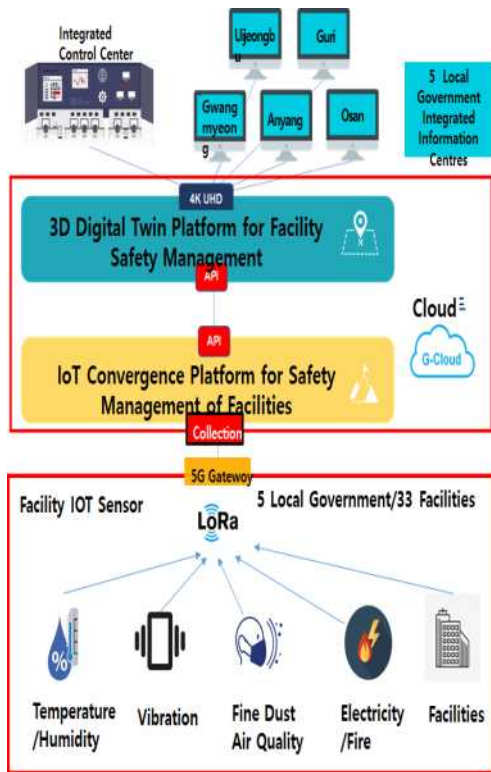


그림 6. 디지털 트윈 기반 시설물 안전관리 구성  
 Fig. 6. Digital twin-based facility safety management configuration

2.3.6 4단계 시스템 아키텍처 정의

5개 시 33개 시설물에 대한 통합플랫폼 시스템 아키텍처를 IoT 데이터 수집, 디지털 트윈 시스템 설계(디지털 트윈 엔진, 관제, SOP), 통합시설 운영 설계로 구성하였다. 디지털 트윈 기반의 시설물 안전관리 통합플랫폼의 시스템은 (1) 각 센서와 CCTV로부터 데이터를 수집하는 정보수집 부문 (2) 수집된 데이터

를 기반으로 디지털 트윈 엔진에서 통합하고 이를 분석 및 표출하는 디지털 트윈 시스템 부문 (3) 통합건물 운영을 위해 디지털 트윈 기반 시설물 안전관리 플랫폼을 활용하는 통합건물 운영 부문으로 다음과 같다.

- 정보수집 부문
  - 건물 IOT 융합 플랫폼 : 온도/습도 센서, 진동 센서, 미세먼지/공기 질 센서, 전기/화재 센서, 설비 센서 중심으로 센서 정보와 이벤트를 관리하고 Open API 연동됨
  - 지능형 영상 : 지능형 CCTV 관리 부분으로 지능형 CCTV, 영상관리, Deep Learning 엔진
  - 출입 통제 : 바이오센서로 입·출입 이력 관리를 하는 부분
- 디지털 트윈 엔진 부문
  - 디지털 트윈 엔진 :이벤트 서버, 3D 서버, DB 서버, 통계 서버
  - 관제 클라이언트 : 시설물 구조 3D 맵, SOP 시나리오 기반 시각화, 시설물관리, 가상순찰, 공간 정보 표출
  - AI 기반 SOP 운영 기능 : SOP 시나리오 수집 분석(시설물 관련 SOP 수집 분류, 시설물 대피 경로 매핑 등), SOP 룰 엔진(최적화 대피 경로 추출, 실시간 대시보드 데이터, 장애 정보 이력 등)
- 통합건물 운영 부문
  - 클라우드 플랫폼 (업무 지원, 이용자 관리, 보고서 관리, 이벤트 관리 등)
  - 관계기관 연동(지자체, 112, 119, 재난 망 연동)
  - 애플리케이션 연동(모바일, 웹, AR&VR)

디지털 트윈 기반의 시설물 안전관리 통합플랫폼은 3D 건물 모델링, 디지털 트윈 기법 적용, 대시보드(Dash Board) 등 안전 관제용 디지털 트윈 기술이 필요하며 3D 지능형 디지털 트윈 통합관제센터는 통합 Single View를 제공한다. 이는 3D Modeling 기



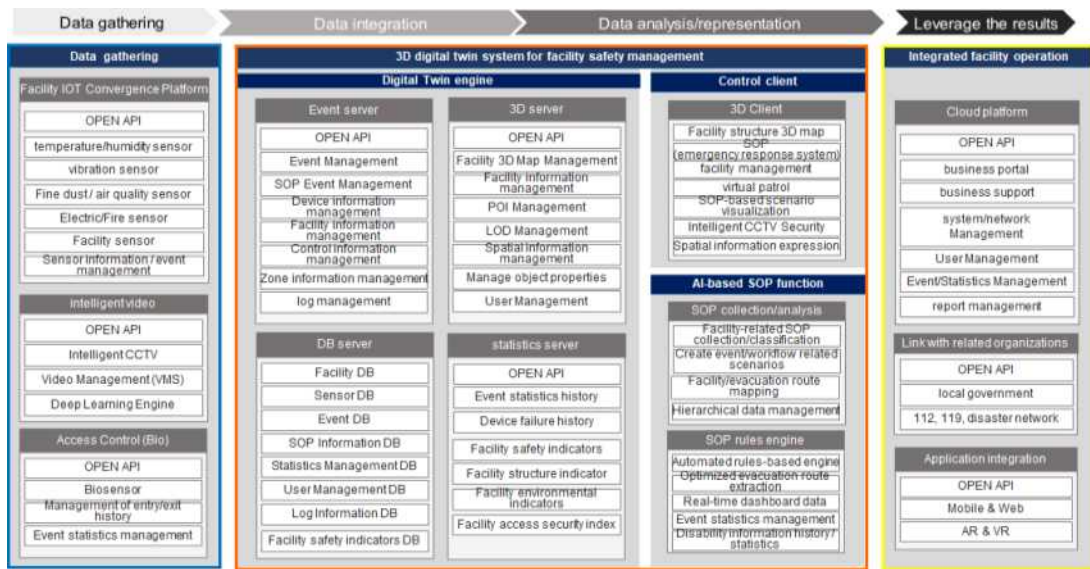


그림 7. 디지털 트윈 시설물 안전관리 통합플랫폼 시스템 구조도

Fig. 7. System architecture of digital twin-based facility safety management integrated platform

반 실시간 관제로 데이터 위치 및 정보를 취합하여 3D 시각화를 통해 관제센터 운영자에게 가시성을 제공한다. 대부분 해당 시에 구축된 기존 관제 운영시스템과 연동을 통한 통합적 운영을 할 수 있다. 통합관제 및 모니터링 센터는 G 클라우드 기반 5개 지자체 33개 시설 통합관제를 하게 되고 AI 기반 모니터링과 시민들에게 홍보용 쇼룸으로 운영할 수 있어서 시민 참여를 통해 의견을 제시하고 반영하는 협업플랫폼으로 활용할 수 있다. 대시보드는 다양한 시설물을 이벤트 상황을 고려한 상황판 구성한다. 전체 시스템 아키텍처 구성도는 [그림7] 과 같이 구성할 수 있다.

이다.

예를 들어 안양시의 만안노인복지관 3층은 [그림 8] 과같이 시설물 구조를 디지털 트윈 전문기업인 (주)서블의 디지털 트윈 엔진 시스템을 활용하여 3D맵을 구현하였다.

[그림8] 의 오른쪽 아래에 있는 그래프를 보면 화재 센서(하늘색 선)와 붕괴를 알리는 센서(녹색 선)가 표시되는데 이는 각 센서 값이 정상이며 각 방에 설치된 센서가 정상으로 작동됨을 의미한다. 각 방에 있는 센서는 위치를 녹색 원으로 방마다 표시하였다.

### 2.3.7 재난 안전 시뮬레이션 제공

디지털 트윈 기반의 시설물 안전관리 통합플랫폼에서는 화재·재난대피 솔루션 및 일부 시설물에 대해 디지털 사이니지를 적용한 용도별 시뮬레이션 시나리오 개발이 필요하다. 이러한 시나리오 개발은 노인과 장애인 등 사회취약계층 시설과 지하도, 체육관, 도서관, 문화센터, 예술 등 다중이용시설에 대해서는 AR·VR 기반 시뮬레이션을 제공하면 재난 예측 및 재난 발생 시 대응 방법으로 활용할 수 있기 때문



그림 8. 만안노인복지관 센서 설치 시뮬레이션  
Fig. 8. Manan Senior Welfare Center sensor installation simulation

복지관 3층에 설치된 CCTV는 해당 위치를 파악하여 [그림9]와 같이 디지털 트윈에서 CCTV를 표시하고 해당 층의 인원수와 내부에 있는 인원의 위치를 파악할 수 있도록 정보를 제공한다. [그림9]의 오른쪽 그래프 또한 현재 정상임을 나타낸다.



그림 9. 만안노인복지관 CCTV 설치 시뮬레이션  
Fig. 9. Manan Senior Welfare Center CCTV installation simulation

그러나 화재가 발생하는 경우 [그림10]의 그래프의 화재 센서(하늘색 선)가 위험까지 올라가서 알람을

주고, 시설물 안전관리 통합플랫폼에서 CCTV와 센서를 기반으로 기존의 SOP 시나리오로 화재 발생 시 비상 대피로를 통한 대피 행동을 알려주는 방식을 구현할 수 있다.

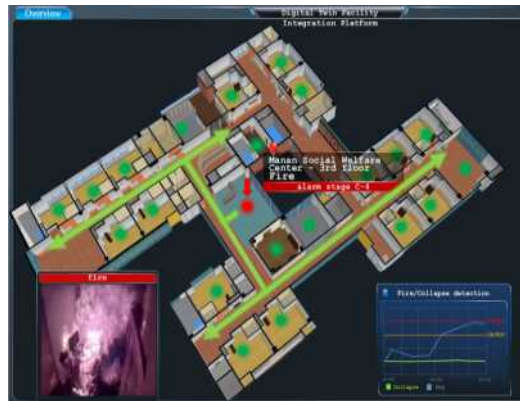


그림 10. 만안노인복지관 화재 발생 시 대피 경로 시뮬레이션  
Fig. 10. Fire evacuation route simulation at Manan Senior Welfare Center

이외에도 다양한 업무 시나리오(SOP, Standard Operation Procedure)를 적용하여 시각화로 운영하여 효율을 높일 수 있다.

앞으로 발생 가능한 재난과 안전사고를 대비하기 위하여 SOP 시뮬레이션은 IoT 데이터 분석과 사전 예측을 통하여 각종 재난·안전사고를 사전방지하고 시뮬레이션, 디지털 사이니지 등을 통하여 인적·물적 피해를 최소화할 수 있다. 그리고 건물 용도별 시뮬레이션은 축적된 데이터 및 정보로부터 새로운 가치를 창출하고 이를 기반으로 분석·시뮬레이션 기능을 하는 예측 플랫폼으로 활용될 수 있으며 궁극적으로는 법령에 따른 건물 안전 점검 기본 지표 이외의 보조 지표로 사용된다면 건축물 안전 유지관리 지표인 안전, 기능, 성능 측면의 상향 달성할 수 있다.

### 3. 결론

도시중심의 생활로 시설물 종류가 늘고 규모가 증가함에 따라 시설물 안전관리에 있어서 사각지대가 발생하여 다수의 인명피해가 연이어 발생하게 되고, 기후변화와 시설물의 노후화가 진행되어 공공의 안전

확보와 효율적인 추가 대책이 필요하게 되었다. 그러나 지금까지의 시설물 안전관리가 맨눈검사에 의존한 안전관리로 데이터를 통한 시설물 안전관리에 한계가 있었다.

이에 본 논문에서는 수도권 광역도시 5개를 대상으로 디지털 트윈 기반 시설물 안전관리 통합플랫폼을 구현하기 위한 계획 수립 사례를 제시하여, 지금까지의 실행되어 온 시설물 안전관리를 디지털 트윈 기반으로 하는 계획을 수립하는 추진 절차를 제시하였다. 이러한 추진 절차에 따라 5G와 디지털 트윈 기반 시설물 안전관리 통합플랫폼 구현을 하게 되면 궁극적으로는 구조물 이상 상황 예지 정비, 안전 대피 시간 최소화 등 AI 기반의 최적화된 대국민 안전 서비스를 제공하고 구조물, 안전, 환경 등 5G IoT 기술 기반의 건물 안전 지표 서비스를 제공할 수 있다.

본 논문에서 제시한 추진 절차는 총 4단계로, 1단계는 해당 시 관계자와 플랫폼 전문가들의 포커스 그룹 인터뷰 활동, 이해관계자 공청회를 통한 공감을 위한 변화관리 활동을 하고, 2단계는 시설물을 확정하는 단계로 각 시의 특성과 정책 방향에 따른 33개의 시설물의 선정과정과 이에 따른 시설물 안전관리에 필요한 센서를 구체적으로 시설물별 정의하는 절차를 설명하였다. 3단계는 시설물 안전관리 통합플랫폼 서비스를 사용자 측면과 관리자 측면으로 정의하고 플랫폼에 대한 시스템 이미지를 구성하는 단계로 5개 지자체의 공통 서비스와 특별 대상에 대한 서비스 등을 구체적으로 분류하였고 통합플랫폼에 대한 시스템 이미지를 제시하였다. 4단계는 통합플랫폼에 대한 시스템 아키텍처를 구성하는 단계로 정보수집 부문, 디지털 트윈 시스템 부문, 통합시설물 운영 부문으로 구성하여 세부 내용을 제시하였다. 또한 디지털 트윈을 통한 재난 안전 시나리오에 따른 SOP 시뮬레이션을 안양시 노인복지관을 대상으로 가상 시나리오 구현 사례를 제시하였다.

본 논문은 디지털 트윈 기반의 시설물 안전관리 통합플랫폼 구축 절차에 관한 연구로 데이터 획득부터 분석, 디지털 트윈으로 시설물 구현하고 이를 바탕으로 시뮬레이션까지 연결되는 하나의 통합플랫폼을 계획하는 과정을 통하여 시설물의 총체적 안전관리를

구현할 수 있다는 것을 5개 광역도시 시설물을 기반으로 확인하였다. 즉 지금까지 시설물 안전관리가 IoT를 통한 단순하게 데이터를 수집·활용하는 수준이었다면 본 연구에서 제시한 디지털 트윈 기반 시설물 안전관리 통합플랫폼은 AI·IoT·빅데이터·디지털 트윈 등 4차 산업 혁명의 소프트웨어 신기술과 5G 융합 관리를 의미한다.

본 플랫폼 계획을 구현하게 되면 시뮬레이션을 통한 사전 예방, 사고 발생 시 피난 등 상황 발생 순간에 즉시 센서가 감지하고 해결하게 되므로 향후 지자체 스마트시티의 플랫폼에 연동될 수 있어 플랫폼 확산을 기대할 수 있다. 또한 지금까지 관리 중심의 안전 점검으로 개별 구축 및 관리하던 시설물관리가 민관협업 산업 혁신 및 미래 먹거리 창출을 할 수 있는 기반이 될 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 그리고 시설물 안전관리를 담당하는 유관부서인 경찰청과 소방청, 지방자치단체 등 상호 협력하는 조직적인 체계를 구축하게 된다면 디지털 트윈 융합을 통한 시설물 안전관리 통합플랫폼으로 민관이 협업하여 실제 구축하게 된다면 이를 바탕으로 기존의 공공 관련 산업과도 융합하여 확산 발전을 시킬 수 있을 것이다.

향후 과제로는 지자체가 디지털 트윈 기반 시설물 안전관리 통합플랫폼 추진을 위한 실증 및 그 결과에 따른 연구가 필요하다. 이러한 실증 연구는 각 지자체의 스마트시티 관점에서 재난재해 등 도시의 다양한 문제에 대응을 할 수 있는 효과적인 스마트 플랫폼의 구현에도 도움이 될 것이다. 또한 지금까지 중앙 정부가 데이터를 구축하고 제공하는 기존의 방식은 디지털 트윈 기반 플랫폼을 효과적으로 구축·유지관리·갱신하는데 어려움이 있으므로 이해관계자가 적극적으로 참여할 수 있는 개방적인 에코시스템을 조성하는 연구가 필요할 것이다.

## REFERENCES

- [1] J. S. Kim, "Status of safety inspections of major national facilities and future tasks", *NARS Current Issues and Analysis*, 1412, National Assembly Research Service, pp.1-4, January, 2018

[2] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Building maintenance and management inspection system, this will change from 2014." ,<http://www.molit.go.kr/2014report/,2014>

[3] 5G+Strategic Committee, "5G+Strategic Action Plan", 1st 5G+Strategic Committee, 2019

[4] H. J. Kim, Y. C. Lee, "Digital Twin for Smart City", Review of Architecture and Building Science 63(12), pp.29-34,2019

[5] S. Y. Im, M. J. Kim, "Digital Twin Application for the Success of Smart City," KRIHS POLICY BRIEF, No.687 ,pp.1-6, 2018

[6] J. S. Park, K. T. Noh, "5G+ Strategy to Realize Innovative Growth," Eugene Research Industrial Analysis, pp.1-6, 2019

[7] H. S. Sakong , "Infrastructure and Transport for the Strategic Construction of Digital Twin Space (DTS) that drives the Fourth Industrial Revolution", KRISH Policy Brief, No.661, pp1-6, 2018

[8] Innovative Growth Strategy Conference, "Directions for 2020 Strategic Investment for Spreading and Accelerating Innovative Growth", 19-21-2, pp.7-8, 2019

[9] H. S. Cho, "[Column] Digital Twin-based Innovation", CAD & Graphics 2019-11-19, 2019

[10] T. H. Yoon, "Engineering Simulation Based Digital Twin" ,Korea Institute of Science and Technology Information, 2020

[11] Anyang City, "Anyang City, '2020 Smart City Business Blueprint' Revealed", Incheon lbo,<http://www.incheonilbo.com/news/articleView.html?idxno=1018967>, 2020

[12] Uijeongbu City, "Uijeongbu City, Smart City Integrated Platform Construction and Operation Full-scale", Cheonji Ilbo,<http://www.newscj.com/news/articleView.html?idxno=870123>, 2021

[13] Guri City, "Guri City, Ministry of Land, Infrastructure and Transport's '2021 Smart City Solution Expansion Project' selected", <https://www.yna.co.kr/view/RPR20210305006500353>, 2021

[14] Gwangmyeong City. "Gwangmyeong smart city map, safety information around me at a glance!", Gwangmyeong City News Portal,

<http://news.gm.go.kr/news/articleView.html?idxno=14999>, 2021

[15] Osan City, "Osan City strengthens the Smart City Integrated Operation Center..." to establish itself as the nation's best safe city", Aju Economic Daily, <https://www.ajunews.com/view/20210409143156083>, 2021

---

## 저자약력

---

### 장혜정 (Hye-Jung Chang) (중신회원)



- 1988년 8월 : 중앙대학교 대학원 SW공학(석사)
- 2017년 2월 : 성균관대학교 U-City Planer (공학박사)
- 2017년 3월 ~ 2019년 8월 : 청운대학교 창의융합대학 융합기술경영학부 교수
- 2019년 9월 ~ 현재 : 서경대학교 융합대학 교수

〈관심분야〉 스마트시티, 빅데이터, 디지털트윈, 산학융합기술, 디자인싱킹, 안전도시,