



융합연구리뷰

Convergence Research Review

**하천 및 재난관리를 위한 ICT와 디지털 트윈 등
4차 산업 연계 연구 및 향후 과제**

강준구(한국건설기술연구원 수자원하천연구본부 연구위원)

실감형 안전교육 콘텐츠 동향

권승준(한국전자통신연구원 콘텐츠연구본부 책임연구원)

CONTENTS

01 편집자 주

03 하천 및 재난관리를 위한 ICT와 디지털 트윈 등 4차 산업 연계 연구 및 향후 과제

33 실감형 안전교육 콘텐츠 동향

63 국가R&D 현황 분석

융합연구리뷰

Convergence Research Review

2024 January Vol.10 No.01

발행일 2024년 1월 31일

발행인 임혜원

발행처 한국과학기술연구원 미래융합전략센터
02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5
Tel. 02-958-4987 | <https://kist.re.kr/fcsc>

펴낸곳 공간기획 Tel. 044-863-0978

편집자주

홍수피해 대응을 위해 하천공학과 IoT, 디지털 트윈, AI 기술을 결합하다.

비즈니스포스트의 2023년 보도에 따르면, 미국에서 홍수로 인한 피해 추산 규모가 32조 원에 육박한다. 우리나라 또한 2023년 장마철 강수량이 660.2mm로 역대 세 번째로 많았고, 오송 공평제2지하차도 침수사고와 같은 심각한 재난도 속출하고 있다.

홍수로 인한 재난은 산지, 하천, 도심 등지에서 다양한 양상으로 나타날 수 있어 관련 전문분야를 융합하는 것이 필수적이다. 이에 본 호 1부에서는 홍수피해를 예측하고 대응하기 위해, 4차 산업 기술(IoT, 디지털 트윈, AI)을 이용하여 하천을 모니터링하는 하천공학과 첨단기술의 융합연구를 소개하고자 한다.

쉽고 위험 없는 가상 경험으로 스스로의 생명을 지킨다.

지루하고 귀찮은 안전교육이 재미있고 몰입되는 경험으로 바뀐다면?

내 몸을 지키기 위해 반드시 필요한 안전교육과 예방훈련. '설마' 하는 생각에, 실제 상황을 떠올리기도 힘들뿐더러 몸으로 기억하기도 어렵다.

이러한 상황에서 VR, AR, XR 등 실감형 콘텐츠 기술이 주목받고 있다. 가상현실에서 사고상황을 체험하며 스스로 보호하는 방법을 위험 없이 체득할 수 있다.

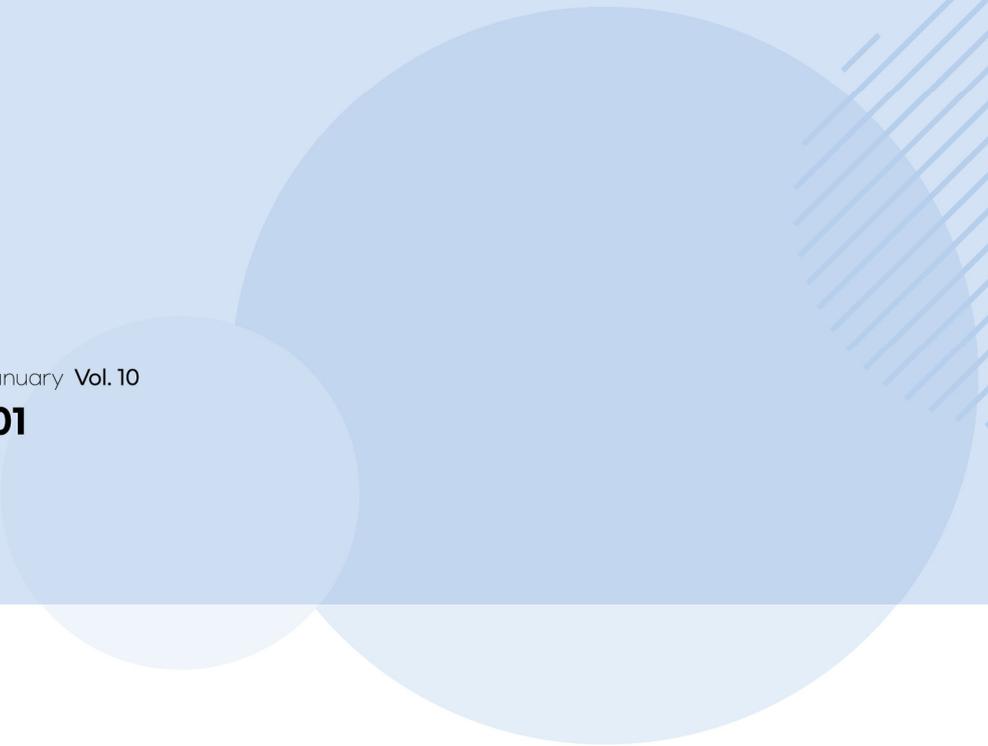
본 호 2부에서 소개하는 바와 같이, 체험활동의 관점에서 효과적이고 경제적인 실감형 안전교육 콘텐츠가 지속적으로 개발된다면 국민생활안전 문제해결에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.



융합연구리뷰
Convergence Research Review

2024 January Vol. 10

No. 01



1

하천 및 재난관리를 위한 ICT와 디지털 트윈 등 4차 산업 연계 연구 및 향후 과제

강 준 구

한국건설기술연구원 수자원하천연구본부 연구위원

1. 하천 및 재난관리를 위한 ICT와 디지털 트윈 등 4차 산업 연계 연구 및 향후 과제

강 준 구 (한국건설기술연구원 수자원하천연구본부 연구위원)

I. 서론

1. 연구배경 및 필요성

기후변화로 지구 온도의 상승으로 인해 전 세계적으로 홍수 피해가 증가하고, 국내에는 이상홍수가 빈번히 발생하여 피해가 속출하고 있다. 국내의 경우, 설계빈도(일정 기간 동안 가장 많은 비가 내린 날의 강수량을 해결할 수 있는 용량으로 설계하는 것을 의미)를 초과하는 강우 발생(500년 빈도 등)으로 예상치 못한 홍수피해가 증가하고 있다.

특히, 2020년 폭우는 댐 유역, 제방 인근 등 기존에 홍수 피해가 없던 지역에서 홍수피해가 발생하여 이상홍수에 따른 홍수 취약지점 확대 및 관리에 대한 대응이 요구되고 있다.

그림 1. 2020년 홍수 시 수해 보도자료



* 출처: (좌) 한겨레 (2020), (우) KBS뉴스 (2021)

또한 하천재해와 산사태로 인명피해를 야기한 2023년 경북지역의 기록적인 폭우는 기존에 위험지로 분류되지 않은 마을에서 피해가 발생하여, 이제는 홍수에 안전한 지역은 없다는 관점에서 재난 대응이 필요하다. 매년 발생하는 피해로 현실이 되어 버린 대규모 홍수에 어떻게 시급하게 대응해야 할 것인지에 대한 고민이 필요하다. 이제는 기록적인 강우로 인한 풍수해를 이상홍수가 아닌 재난으로 인지해야하며, 시급한 대응을 위한 다방면 기술적용이 필요하고 요구된다. 특히, 인명피해 문제는 반드시 해결해야 할 문제로 인명피해가 발생하지 않도록 재난관리 방안이 매우 필요한 실정이다.



* 출처: (좌) KBS뉴스 (2023), (우) 경향신문 (2023)

홍수로 인한 재난은 산지, 하천, 도심 등 여러 지역에서 발생하고 산사태, 하천 월류, 하천구조물 붕괴, 도시침수 등 다방면에서 발생할 수 있어 이에 대응하기 위한 각 전문분야의 개발기술을 융복합적으로 적용하는 것이 필요하다. 이에 정확한 홍수 및 재난 분석과 더불어 4차 산업 첨단기술 융복합 기술의 적용이 필요하며 실제 적용부분에 대한 실증이 요구된다. 또한 기록적인 폭우로 인한 피해위험을 효과적으로 저감시키기 위하여 과학적이고 실제적인 솔루션 개발이 시급한 실정이다.

홍수 위험을 과학적이고 효과적으로 저감하고 이에 대해 관리하며, 지역사회 안전문제를 해결하기 위한 풍수해 위험 통합관리기술 개발이 필요하다. 최근 ICT 기술의 발전으로 유역, 하천, 산사태 등 산재하는 다양한 수문 관측 시설들을 실시간 연계할 수 있는 기회를 제공할 수 있다. 또한 데이터와 물리 모형 간의 실시간 연계 및 자료동화(Data Assimilation, 관측 자료를 모델에 넣어 모델의 오차를 바로잡아 주는 과정) 기술은 홍수 예측의 정확도 향상에 도움이 될 수 있기 때문에 홍수피해 저감에 활용될 수 있다. 데이터의 실시간 연계 및 시설 간의 공간적 연계를 기반으로 하는 지능형 홍수관리 운영 시스템의 구축이 필요하며 시도되어 질 수 있다. 또한 기후변화에 따른 이상홍수에 대비한 디지털 기술 기반의 홍수관리 시스템 구현과 이를 이용한 대응 기술의 적용이 가능하다.

디지털 트윈(Digital Twin)은 가상공간에 실물과 똑같은 물체(쌍둥이)를 만들어 다양한 모의시험(시뮬레이션)을 통해 검증해 보는 기술로 정의되고 있다. 빅데이터를 수집해 현실 세계를 가상 세계에 적용하고, 5세대(5G) 네트워크·가상현실(VR, Virtual Reality)·증강현실(AR, Augmented Reality) 등 기술을 적용해 가상 세계에서 현실 세계로 다시 최적화한다. 3차원(3D) 모델링을 위해서는 드론과 지리 정보 시스템(GIS, Geographic Information System) 등을 활용하며, 이는 사람이 현장에 가지 않고도 산업 현장 등에서 작업 절차를 미리 검증할 수 있다.

산업적 측면에서 디지털 트윈은 한동안 성장세를 이어갈 것으로 예상된다. 시장조사기관인 Markets and Markets(2020)에 따르면, 디지털 트윈의 세계 시장은 2020년 31억 달러에서 연평균 58%의 높은 성장률로 2026년에는 482억 달러에 이를 것으로 전망되었다. 또, 시장조사기관인 Roots Analysis(2019)는 디지털 트윈 시장의 연평균 성장률을 23.8%로 예측하였고, Technavio(2019)는 37.7%의 높은 성장률을 제시하였다. 컴퓨터 지원 설계(CAD, Computer-Aided Design) 소프트웨어 회사인 Bentley Systems 연구소에서도 2018년부터 2025년까지 7년간 디지털 트윈 시장이 10배가량 성장할 것이라고 추정하였다. 가트너(Gartner)는 2020년 EU 지리정보 인프라(INSPIRE, Infrastructure for Spatial Information in the EU) 컨퍼런스에서 디지털 트윈이 전 세계 공간정보 시장에서 주류로 받아들여지는 데 대략 5년에서 10년이 걸릴 것으로 예측한 바 있다(신상희, 2021).

국내에서 솔루션 개발 등 디지털 트윈 구현과 직접 관련된 기업들은 주로 대기업과 통신사업자이며, 이들을 중심으로 시장이 성장하고 있다. 그 외 디지털 트윈을 도입해 활용하는 기업들은 주로 외산 플랫폼을 들여와 디지털 트윈을 구현하는 방식을 선호해왔다. 이는 외산 플랫폼이 기존 설비와의 호환이 용이하고, 신속하게 도입해 적용할 수 있기 때문이다. 디지털 트윈 구현을 통한 스마트 도시 구축은 주로 공기업을 중심으로 추진되고 있다(장윤섭 & 장인성, 2021).

우리나라에서는 가상모형(디지털 트윈)과 인공지능(AI)을 기반으로 도시침수 예보 및 신속 대응체계를 구축하고 있다. 과학기술정보통신부와 환경부는 지방자치단체에 첨단 디지털 기술을 활용한 도시침수 예보체계 구축을 계획하고 있으며 ‘디지털 트윈 기반 도시침수 스마트 대응 시스템’ 실증사업을 추진하고 있다. 특히 이 사업에는 2024년까지 총 160억 원을 투입하는데, 과학기술정보통신부의 공모를 통해 최근 5년간 집중호우와 태풍 등 자연재난 피해를 입은 광주광역시, 경북 포항시와 경남 창원시 등 3곳을 실증지역으로 선정했다(환경부 보도자료, 2023.04.12.).

최근 ICT 기술의 발전으로 유역 수문-댐(저수지)-하천에 존재하는 다양한 수문 관측 시설들을 실시간 연계할 수 있는 방법이 모색되고 있으며, 데이터와 물리 모형 간의 실시간 연계 및 자료동화 기술은 홍수 예측의 정확도 향상에 도움이 될 수 있기 때문에 홍수피해 저감의 활용을 위해 연구되고 있다. 또한 국토교통부가 2023년부터 2027년까지 향후 5년간 3조 7,700억 원을 투자하여 국가 디지털 트윈을 구축해 디지털플랫폼 정부를 실현하겠다고 발표한 가운데, 효율적인 물관리를 위한 디지털 트윈 기술 개발에 물관리 핵심 공공기관인 한국수자원공사는 총 5건의 연구 개발과 실증사업을 진행하고 있다(환경타임즈, 2023).

이와 같은 계획을 위해 유역 내 홍수 관리에 대한 공간적/물리적 고정밀·고품질 데이터 확보 및 기술 진보가 필요하다. 본 원고에서 소개할 내용은 재난 대응을 위한 하천에 대한 실시간 모니터링과 디지털 트윈 연구사례로, 해당 사례들은 향후 융복합적으로 활용이 가능하다. 원고의 내용은 실시간 하천모니터링 기술과 가상공간 안에서의 물리현상을 가시적으로 표출한 연구, 가상홍수 재현에 대한 것으로, 이론적인 부분과 실제 적용 부분으로 구성하였다.

II. 실시간 모니터링 기술

1. 모니터링 시스템 구성

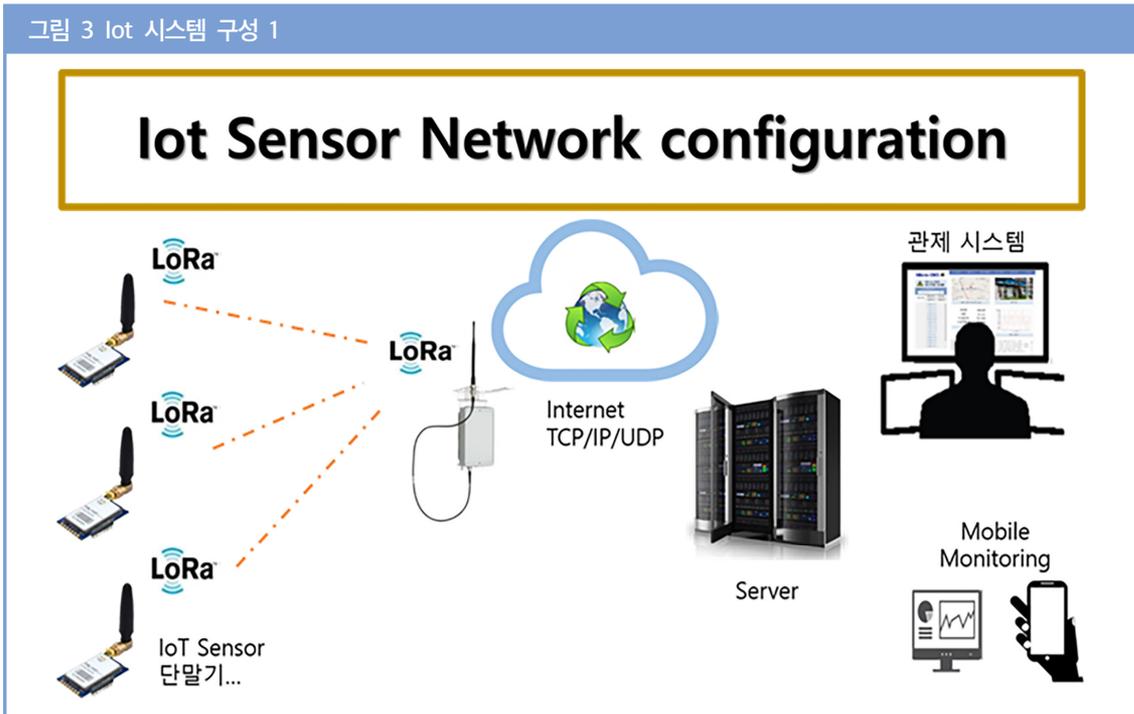
1.1 ICT 기반 센싱 구성

사물인터넷(IoT, Internet of Things) 기반 모니터링 기술은 스마트 하천관리 실현을 위한 하천정보 센싱(sensing) 분야 적용기술로 다채널 측정을 목적으로 구성하였다. 하천의 모니터링이 필요한 시점이 홍수가 발생했을 때가 중심이기 때문에 계측장비가 파손되거나 일시적으로 자료가 공급되지 않을 수 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 다채널 시스템을 개발하고 이를 적용하였다. 개발기술은 하천관리 적용 통신 모듈 및 IoT 기반 기술로 로라(LoRa, Long Range Radio의 약자로 장거리와 저전력이라는 두 가지 특징을 가진 무선 통신 기술), 와이파이(wifi)와 LTE(Long Term Evolution의 약자로, 3세대 이동통신(WCMA)의 후속 진화 기술로 차세대 통신 기술)을 연계한 통신 모듈 개발을 통한 최적 모니터링 시스템 구축을 목표로 하였다.

모니터링 기술은 IoT 기반의 스마트 하천 모니터링 센싱, 근접거리 통신모듈, 데이터로거(Data Logger, 센서로 계측, 수집한 각종 데이터를 보존하는 장치)로 구성하였다. 계측장비는 수중과 지상부를 구분하여 무선장치 기반 시스템으로 제작하였다. <그림 3>은 LoRa 기반의 다용도 보드를 새롭게 설계하고 제작하여 다채널 자료를 데이터로거 없이 무선으로 서버에서 관리하게 하였다. 적용된 장치는 계측되는 수리특성에 따라 3개의 센싱 시스템 방식을 구성하고 이에 적합한 IoT 기반 센싱 보드를 개발하여 적용하였다.

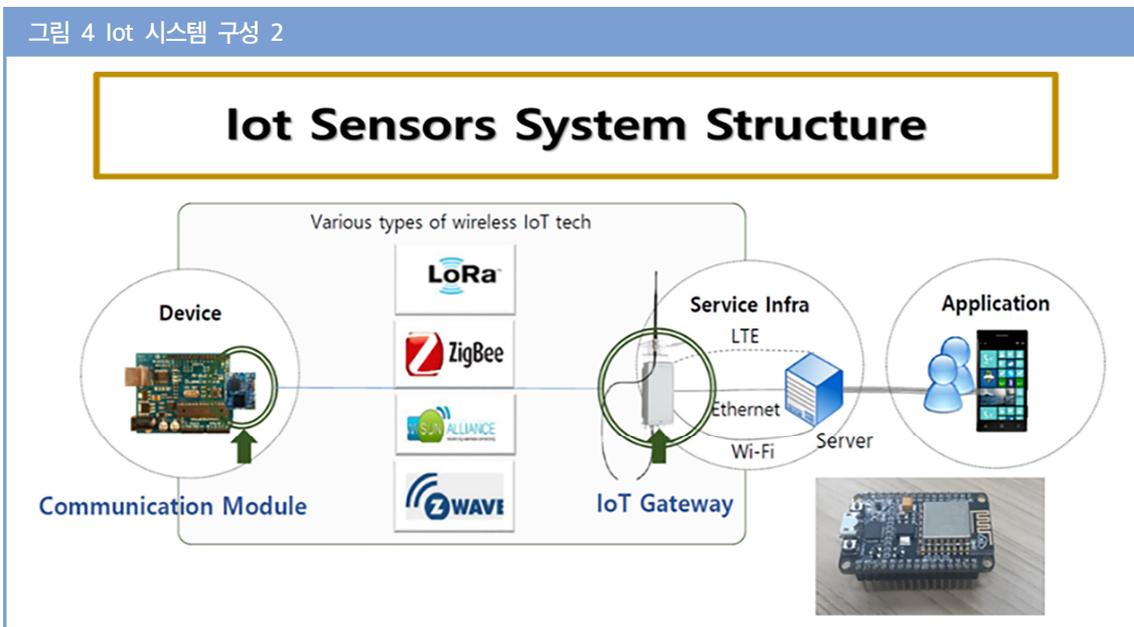
<그림 4>는 적용된 시스템의 모식도를 나타낸 것이다. 설치된 시스템은 기존의 센서를 추가하기 위한 다중 통신 모듈이 탑재되도록 구성하고 확장 가능하게 설계되었다. 통신설비 및 GPS가 내장되어 측정지점과 데이터가 별도로 송수신되도록 하였다. 또한 별도의 샘플링 포트를 구비하여 이동성이 편리한 구조로 개발하고 적용하였다(여흥구 외, 2023).

그림 3 lot 시스템 구성 1



* 출처: 여흥구 외 (2023)

그림 4 lot 시스템 구성 2



* 출처: 여흥구 외 (2023)

1.2 영상 모니터링 시스템 구성 및 표출 기술

영상(video) 기반의 모니터링 기술은 하천을 영상으로 모니터링하기 위한 최적의 하드웨어로 구성하고 기존의 다양한 종류의 카메라를 호환할 수 있도록 설정하여 추진하였다. 최적 모니터링을 위한 기술을 구현하기 위하여 인공지능(AI), 가상 공간 및 디지털 트윈과의 연계를 고려하여 시스템을 개발하였다. 기존 카메라와의 연계는 소프트웨어 기반의 적용기술을 개발함으로써 설치되어 있는 장비를 활용할 수 있도록 하였다. 또한 영상자료 DB화 및 다양한 서버운영 방법을 검토하고, 실시간에 준하는 수리 계측 값을 제공하기 위한 목적으로 소프트웨어를 개발하였다. 시스템의 최적화를 위해 소형컴 보드 일체형 AI 기반 모니터링 시스템, 다중 카메라 적용 및 영상과 다채널 센싱 연계 시스템을 개발하여 적용하였다.

영상 기반 하천모니터링 시스템은 전술에서 언급한 바와 같이 하드웨어 부분과 소프트웨어 부분으로 구분될 수 있다. 하드웨어 부분은 촬영카메라의 개발된 영상모니터링 시스템으로 구성되며, 지역 조건에 따른 현장 설치까지도 포함할 수 있다. 소프트웨어 부분은 영상모니터링을 통해 하천의 라이브 스트리밍과 실시간 유속, 유량, 수위 등을 분석하는 부분과 객체인식을 통해 하천재난을 대비하는 부분으로 구성하였다. 또한 드론을 이용하여 유속 및 유량 계측을 가능하게 시스템을 구성하였다. <그림 5>와 <그림 6>은 영상기반의 하천모니터링 사례를 나타낸 것이다.



* 출처: 저자 작성

그림 6. 영상 유속 유형 분석 적용



* 출처: 저자 작성

2. 영상기반 흐름(유속)모니터링

2.1 적용기술의 분석방법

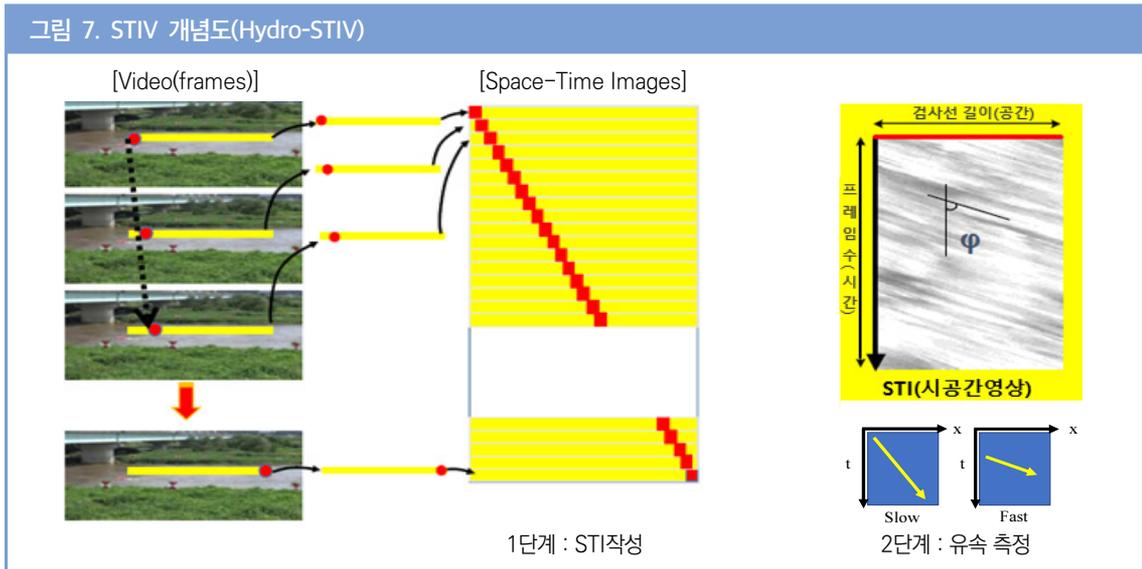
영상유속계(Hydro-STIV)는 비접촉식 유속계로 2단계로 유속을 산정한다. 우선 촬영한 영상으로부터 시공간 이미지(STI, Space-Time Image)를 생성하며, 이후 STI를 분석하여 유속을 산정하는 단계로 구성되어 있다.

1단계는 연속적인 영상을 취득하여 영상 속의 위치 관계와 명도값을 시간 축 방향으로 나열하여 STI를 제작한다.

2단계는 STI에 생기는 줄무늬 패턴의 각도로부터 유속을 계산한다. <그림 7>은 STIV 해석 방법을 나타내었다.

축선(황색선)은 측정단면으로 유체가 진행하는 방향으로 설정한다. 빨간색은 표면파문 등의 휘도치(luminance, 특정 방향에서 해당 표면을 향해 영역 단위당 방출되는 광도) 특성을 나타내며 STI는 동영상의 프레임별 이미지에서 축선을 따라 이미지를 추출하여 시간방향으로 순서대로 나열하여 생성한다. 유속은 STI로부터 계산하며 STI에 나타난 줄무늬의 기울기(φ)와 거리 및 시간 간격(사공간 범위(scale))을 이용하여 계산하고 기울기(φ)가 작은 경우에는 흐름이 느리고 큰 경우에는 빠른 유속이 산정된다.

그림 7. STIV 개념도(Hydro-STIV)



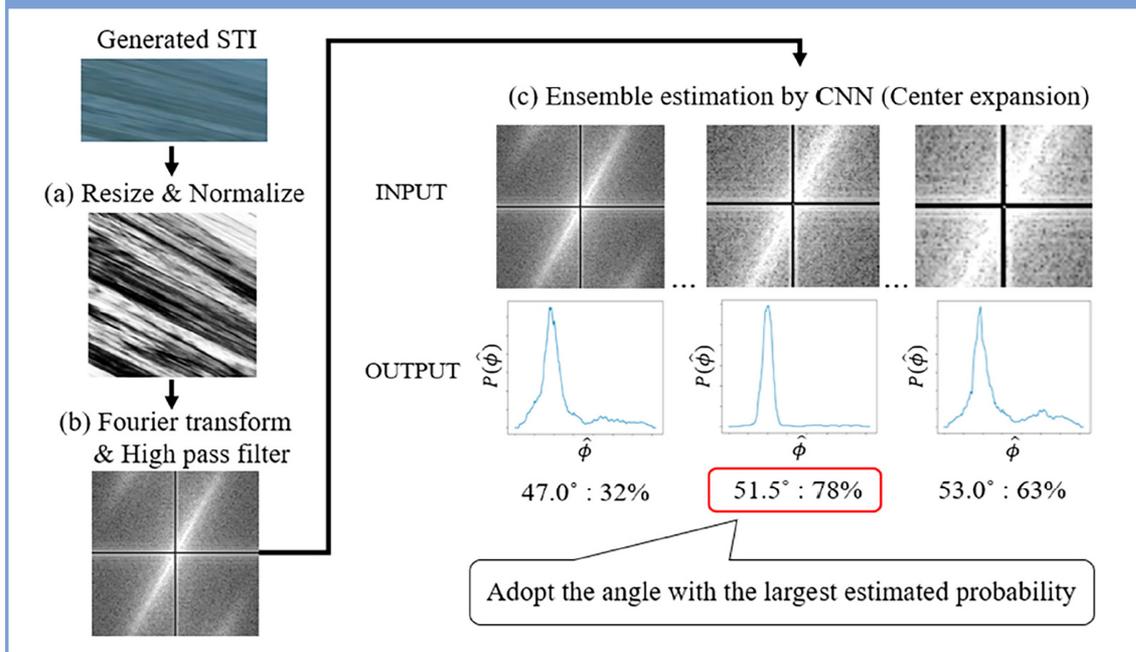
* 출처: 저자 작성

기울기(ϕ)의 산정방법은 직접 측정, 휘도경사 텐서법(1차원(주류 방향)의 평균 속도장을 구하는 영상 계측 방법), QESTA(Quality Evaluation of STI by using Two dimensional Autocorrelation Function)법 등이 사용된다. 육안으로 관측할 경우는 영상 속에 부유물과 입자와 같은 물질이 포함되어 기울기가 명료한 경우에 사용하며 휘도경사 텐서법은 줄무늬 패턴의 강도에 따른 가중치를 이용하여 평균하며, QESTA법(Notoya et al., 2017)은 2차원 자기 상관계수에서 산출하며 STI 품질을 정량화할 수 있는 장점과 푸리에(Fourier) 변환에 따른 노이즈 제거 등 화상 전처리를 실시하여 예측 정확도를 향상할 수 있다.

본 연구에서의 기울기(ϕ)의 산출방법은 딥러닝(Deep Learning)을 통해 학습된 모델을 적용하여 프로그램에서 직접 산정하는 것을 기본으로 하였다. 딥러닝에 사용된 학습 자료는 인공으로 생성한 대량의 STI와 현장에서 취득한 STI를 병용하였다.

최근 인공지능을 이용한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 머신러닝 방법론으로 비정형 데이터로부터 패턴을 학습하여 이미지 인식, 음성, 컴퓨터 비전 애플리케이션에 많이 사용한다. 딥러닝은 2012년 ILSVRC(ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge, AI 기반 이미지 분류대회)에서 알렉스넷(AlexNet)의 성공을 시작으로 다양한 영상 해석에 적용하여 많은 성과를 내고 있다. 특히 영상 해석에 있어 딥러닝 모델에서 많이 사용하는 합성곱 신경망(CNN, Convolutional Neural Network)을 적용하였다. CNN은 영상의 특징량 추출 필터로부터 구성되는 압축층과 추출한 특징량의 정보 압축을 실시하는 풀링층을 다층으로 쌓아 올린 구성을 기본으로 하며, 중요한 화상 특징을 추출하는 필터를 데이터로부터 자동 구성할 수 있는 큰 장점이 있어 STI 분석을 위해 본 연구에 적용하였다(〈그림 8〉 참고). 딥러닝을 적용하기 위하여 생성된 STI는 이미지 크기를 변경하고 푸리에(Fourier) 변환을 통해 규격화한다. 최종 이미지를 딥러닝을 통해 각도를 산정한다.

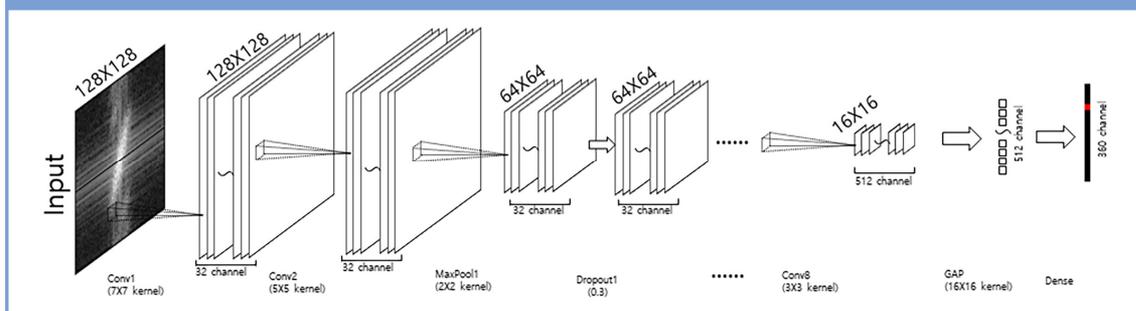
그림 8. CNN을 이용한 STI의 패턴 인식 개요



* 출처: 저자 작성

CNN 기법을 이용해 STI의 영상분석 예측성능을 파악하기 위해 모델을 구축하였다. 또한 딥러닝에 사용된 layer는 모두 6개를 사용하였다.

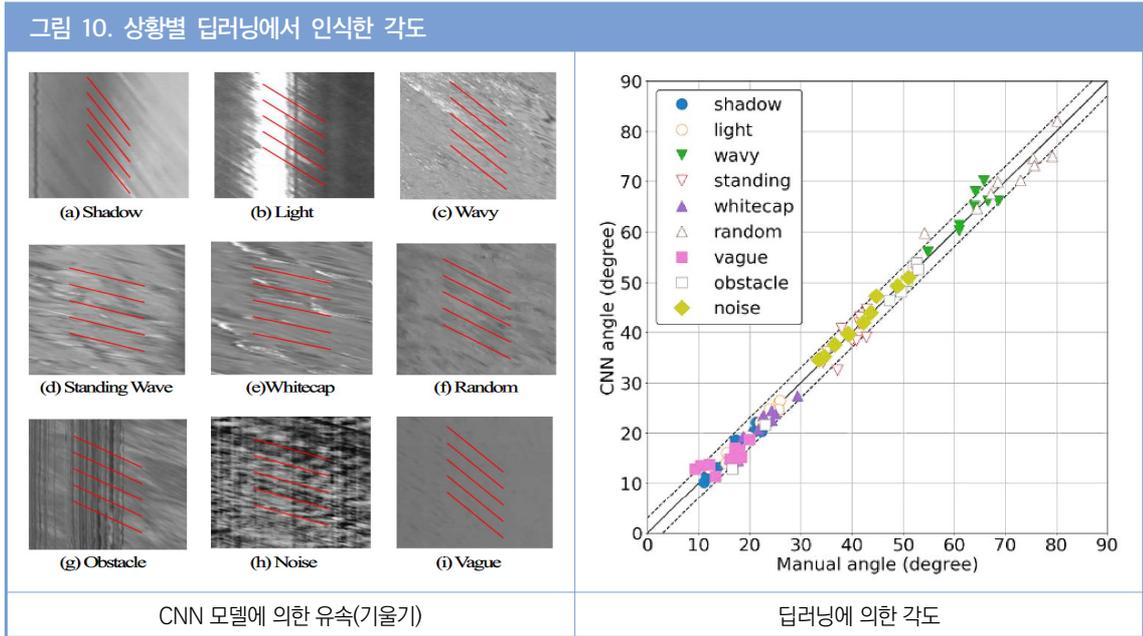
그림 9. CNN모델 개요도



* 출처: 저자 작성

학습된 모델에 의한 예측 결과를 평가하기 위해 다양한 환경에서 얻은 영상(그림자, 빛 반사, 웨이브, 정상파, 백파 등)을 이용하여 딥러닝에 의한 상황별 STI 인식 각도를 평가하였다. 그 결과 상황별 STI 인식 각도별 적중률은 $\pm 0^\circ$ (33.0%), $\pm 0.5^\circ$ (80.2%), $\pm 1.0^\circ$ (97.0%), $\pm 1.5^\circ$ (99.5%), $\pm 2.0^\circ$ (99.9%)을 나타내었다(그림 10) 참고). 허용오차 $\pm 1.0^\circ$ 의 범위에서도 97% 이상의 적중률을 나타내어 실제 영상에 포함된 다양한 노이즈 제거에 있어 성능이 탁월한 것으로 판단된다.

그림 10. 상황별 딥러닝에서 인식한 각도

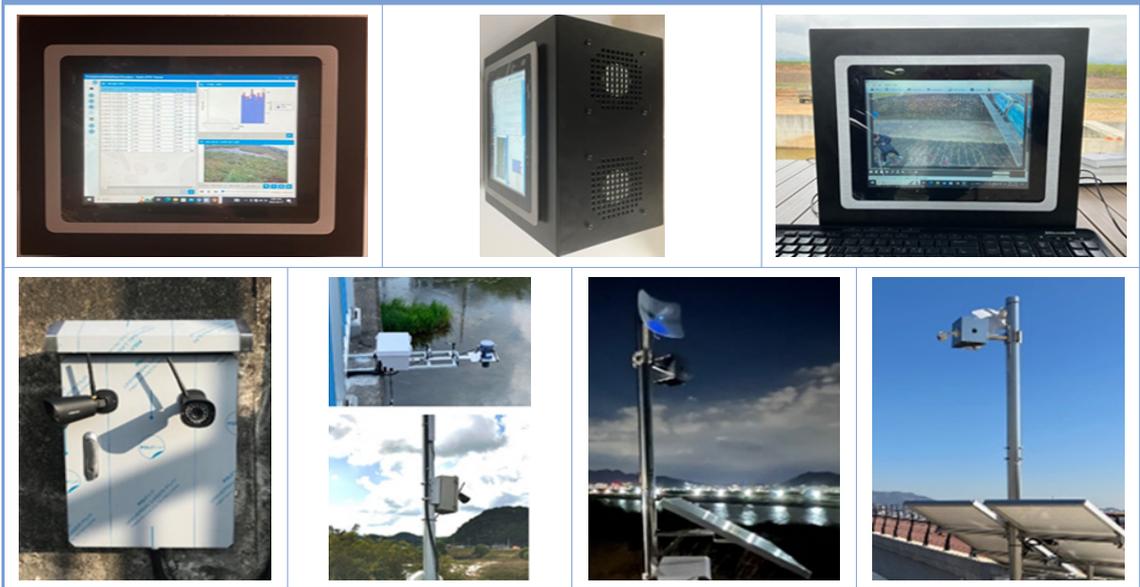


* 출처: 저자 작성

2.2 하천모니터링 시스템 현장 운영

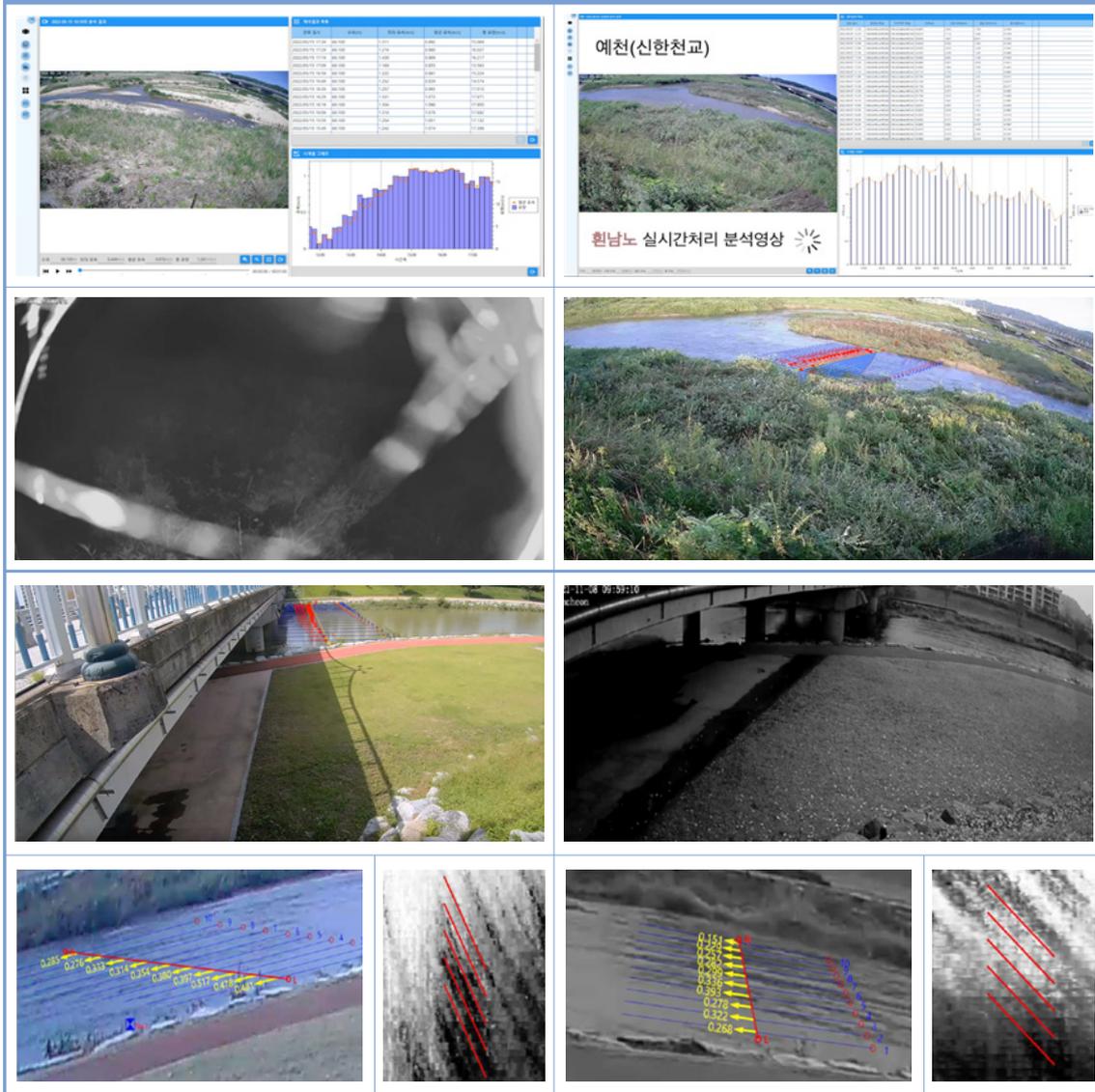
영상 기반의 유속 유량 모니터링은 실제운영을 통한 성능을 확인하였다. 대상지역은 예천군에 위치한 하천관 에코델타시티로 약 2년간 모니터링을 수행하였다. 예천군 하천 신한천교 지점의 경우, 2022년 발생한 태풍인 '힌남노' 및 홍수사상(flood event)에 대해 지속적으로 모니터링을 수행하였고 분석을 진행하고 있다.

그림 11. 실시간 모니터링 시스템 설치



* 출처: 저자 작성

그림 12. 실제 운영 사례



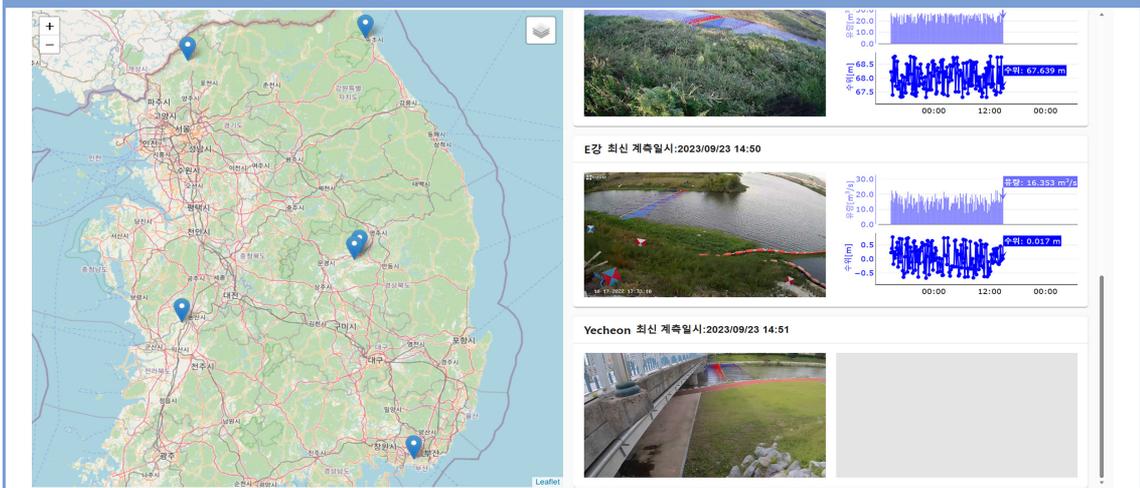
* 출처: 저자 작성

예천군 한천 동분교 지점의 경우, 사람이 많이 지나가는 지역으로 유속, 유량 계측뿐만 아니라 VR 제작 등 IoT, 원격제어와 디지털트윈 연계 시스템을 운영하고 있다. 또한 현재 실시간으로 모니터링 운영 중이며 야간계측에 대한 현장적용을 수행하고 있다.

실시간 유량계측 및 운영되는 영상유속계는 영상녹화와 분석으로 유속을 계측하고, 유량을 산정한 후 실시간으로 자료를 전송하고 표출하는데 활용된다. 또한 현재 영상과 함께 자료가 표출되므로 현장 상황에 대한 파악이 가능하다.

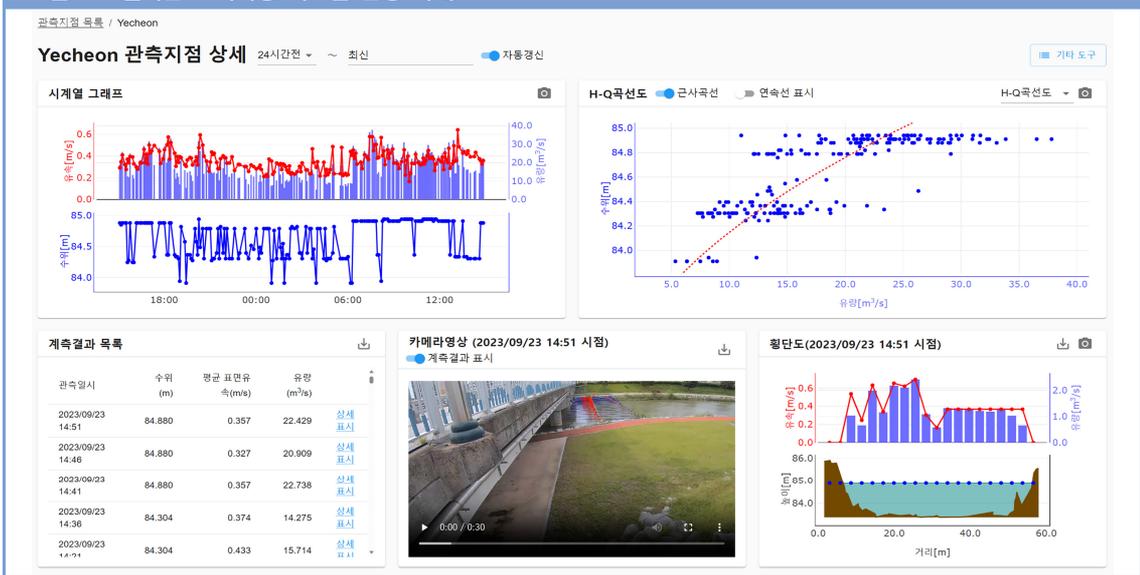
적용하는 모니터링 시스템은 실시간 관측 자료를 이용한 수위-유량 관계곡선을 제시할 수 있어 홍수 발생 당시의 빈도홍수량 등 원격지 상황 파악을 가능하게 구성하였다. 수위-유량 관계곡선을 자체 자동으로 설정할 경우의 장점은 미계측 자료가 있을 경우 기존 수위-유량 빅데이터를 이용해 예측 자료로 제공함으로써 미계측에 대한 보완으로 활용할 수 있다.

그림 13. 실시간 모니터링 시스템 운영 사례 1



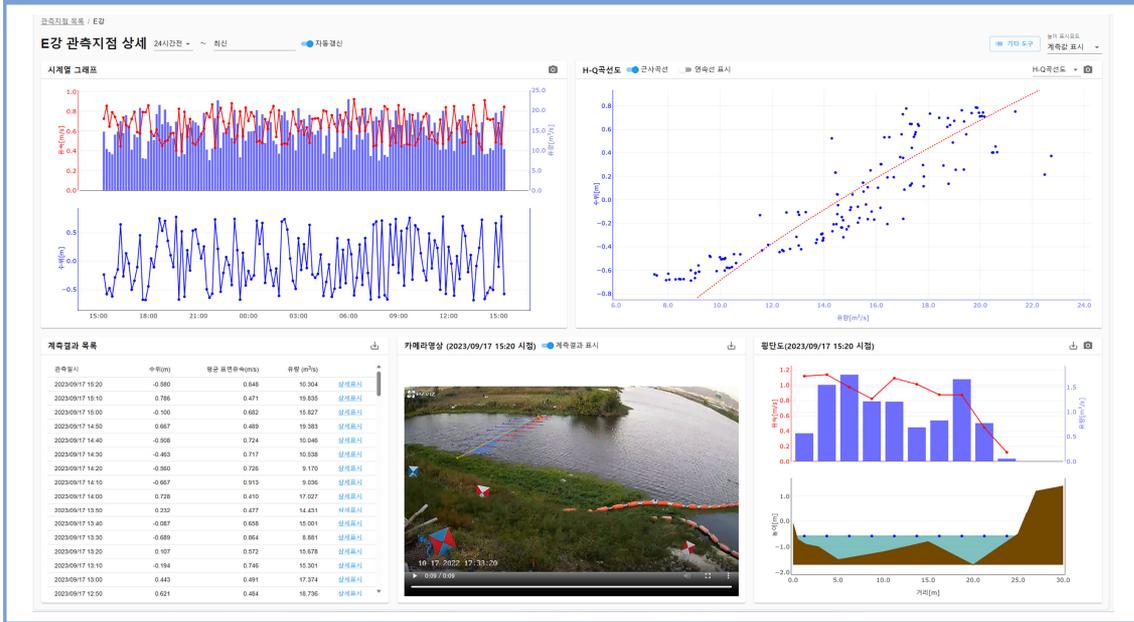
* 출처: 저자 작성

그림 14. 실시간 모니터링 시스템 운영 사례 2



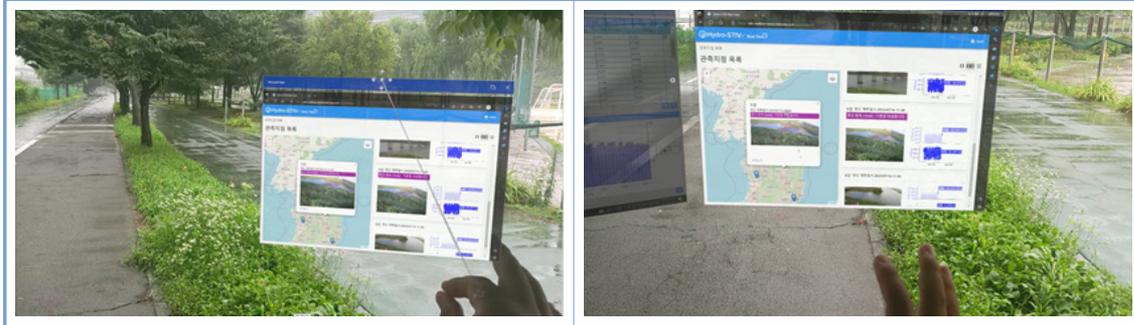
* 출처: 저자 작성

그림 15. 실시간 모니터링 시스템 운영 사례 3



* 출처: 저자 작성

그림 16. 홀로렌즈를 이용한 원격지 하천 모니터링



* 출처: 저자 작성

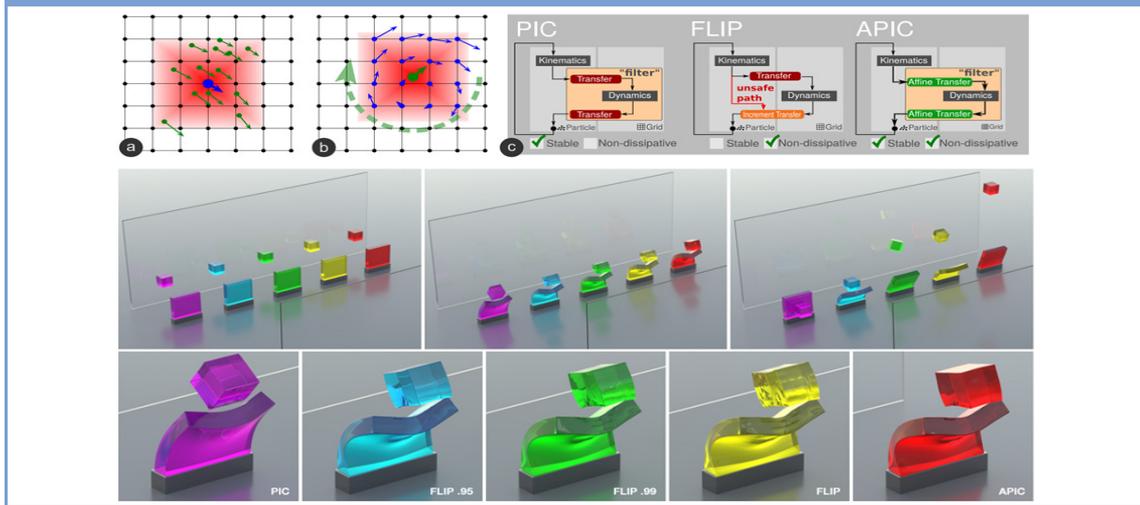
III. 하천 디지털 트윈을 위한 가상공간 흐름해석

1. 가상공간 재현 및 강우, 하천 흐름 모델링 기반 디지털 트윈 연구

1.1 가상공간의 하천흐름

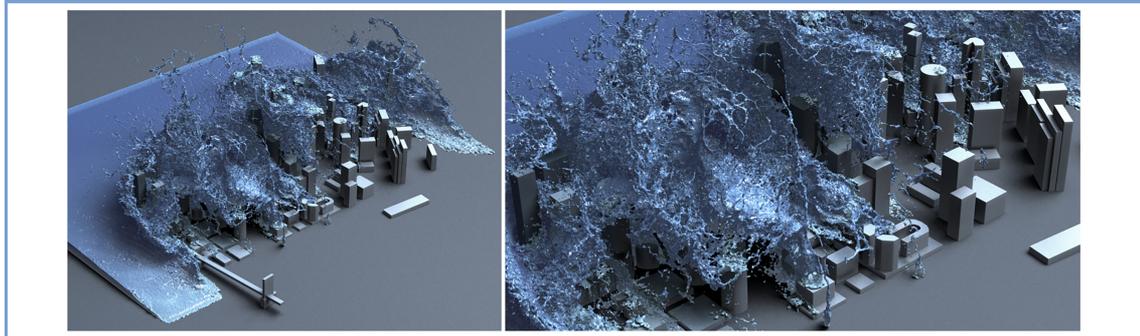
하천 디지털 트윈 구현을 위해 가상공간에서 하천 흐름을 물리적 이론을 기반으로 모델링이 가능한지를 우선 검토하였다. 일반적으로 가상공간에서의 흐름 재현은 게임모델에서 다양하게 보여주고 있으나 이에 대한 물리적 계산에 대한 부분을 검토하기에는 어려운 부분이 있다. 본 연구에서는 게임모형의 물리적 이론적용에 대한 검토를 위해 다양한 논문과 기존 연구동향을 분석하였다. 현재 물리적 이론을 이용한 수리해석은 발전된 수치기법으로 다양한 3차원적 해석이 가능하다. 그러나 가상공간에서의 해석은 영상으로 재현해야 하는 부분과 접목해야 하므로, 수리적인 결과와 영상적인 흐름의 현실감을 고려해야 하는 부분이 매우 중요하다(여흥구 외, 2023).

그림 17. 하천흐름 디지털트윈을 위한 이론적 검토



* 출처: Jiang et. al. (2015)

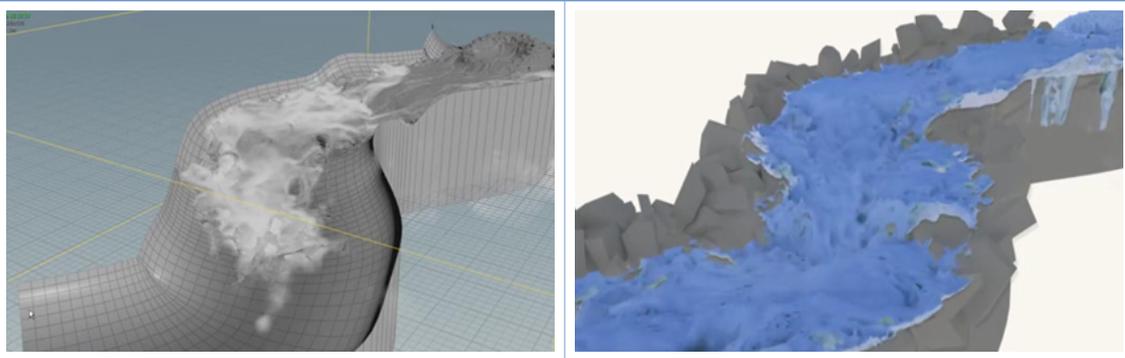
그림 18. 하천흐름 디지털트윈을 위한 이론적 검토



* 출처: Kui Wu et. al. (2018)

본 연구에서는 블렌더 모델에 적용된 물리적 이론과 영상의 표현에 대한 연구결과를 검토하였으며, 이는 가상공간에서 흐름해석 적용의 가능성이 있음을 확인할 수 있었다. 가상공간의 흐름에 대한 물리적 모델링을 위해서는 지형에 대한 부분이 중요한데 돌, 식생, 구조물 등 하천 피복을 구성하고 있는 재료들의 오브제 처리에 대해 검토 및 분석이 필요하다. 하천의 지형 부분만 이용할 경우, 구조물 대형 하상재료 등에 대한 흐름의 영향을 파악하기 어려우므로 가상공간의 흐름은 이에 대한 재현이 반드시 적용되어야 한다. <그림 19>는 하천의 흐름 모델링을 수행한 것으로 물리적인 하천의 흐름을 재현하기 위해서 2개의 모델링이 필요하며 1차적으로 물리적이반의 모델링과 디지털 영상 표출을 위한 렌더링 과정이 필요하다. 분석보다는 흐름의 자연성을 파악하기 위해 수행한 것이다. 영상적인 렌더링과 흐름재현의 자연성을 통해 가상공간에서의 현실감을 분석하였다(여홍구 외, 2023).

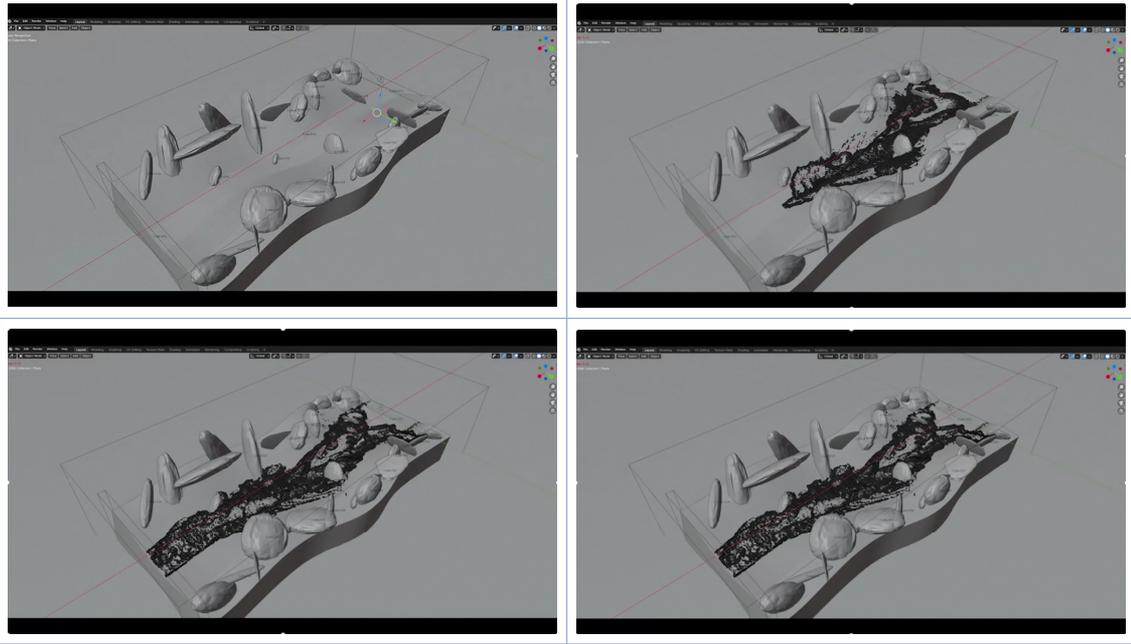
그림 19. 하천의 흐름 모델링



* 출처: 저자 작성

가상공간의 하천의 흐름의 재현은 가시적인 부분이 크기 때문에 디지털 영상 표출을 위한 렌더링(Rendering) 과정(논리적인 문서의 표현식을 그래픽 표현식으로 변형시키는 과정)이 중요하며 상당한 시간이 소요된다. <그림 20>은 하천에 대형 거석을 인위적으로 설치한 후 흐름의 형상을 분석한 것이다. 흐름분석은 거석 주변의 흐름으로 실제와 같은 와류 및 재순환 영역 등이 재현되는지 확인을 위한 목적으로 수행되며, 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 재현의 가능성을 찾을 수 있다(여홍구 외, 2023).

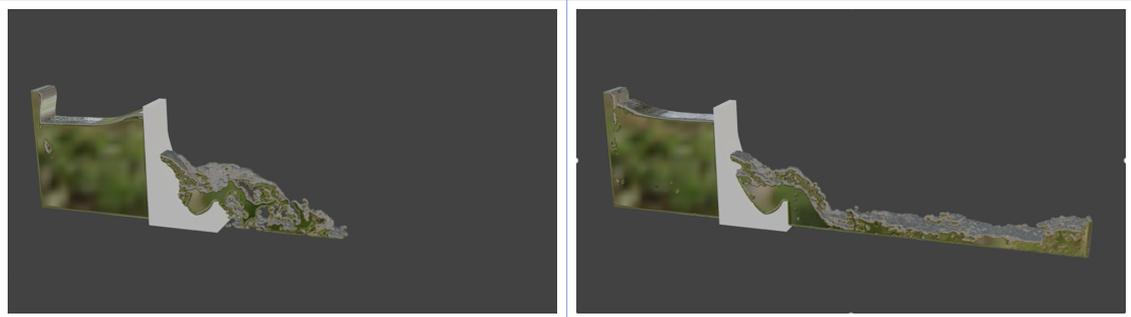
그림 20. 구조물 적용에 대한 하천 흐름 모델링



* 출처: 저자 작성

하천에 대하여 디지털 트윈을 적용하기 위해서는 설치되는 수공구조물(댐 및 제방과 같이 홍수로부터 안전하게 보호받기 위하여 인공적으로 설치되는 구조물)에 주변의 흐름을 재현하는 것이 매우 중요하다. 이를 위해 가상의 구조물을 만들고 흐름 모델링과 렌더링을 수행하여 실제 흐름의 재현 가능성을 검토하였다. 특히, 댐 등은 하천관리를 위한 주요 구조물이다. <그림 21>은 댐 구조물을 인위적으로 구성하여 모델링을 수행한 것이다. 또한 흐름의 역동성(dynamic)을 표현하기 위해 가상 여수로로 중심으로 모델링을 수행하였으며 이에 대한 실제 유체의 질감을 검토하고 분석하였다.

그림 21. 구조물 주변 흐름 모델링



* 출처: 저자 작성

〈그림 22〉는 구조물 하류의 흐름을 재현한 것이다. 이와 같은 분석을 통해 물리적 수리해석과 영상표출 기술의 연계성을 파악하였고 향후 적용방안에 대한 검토와 분석을 수행하였다(여홍구 외, 2023).

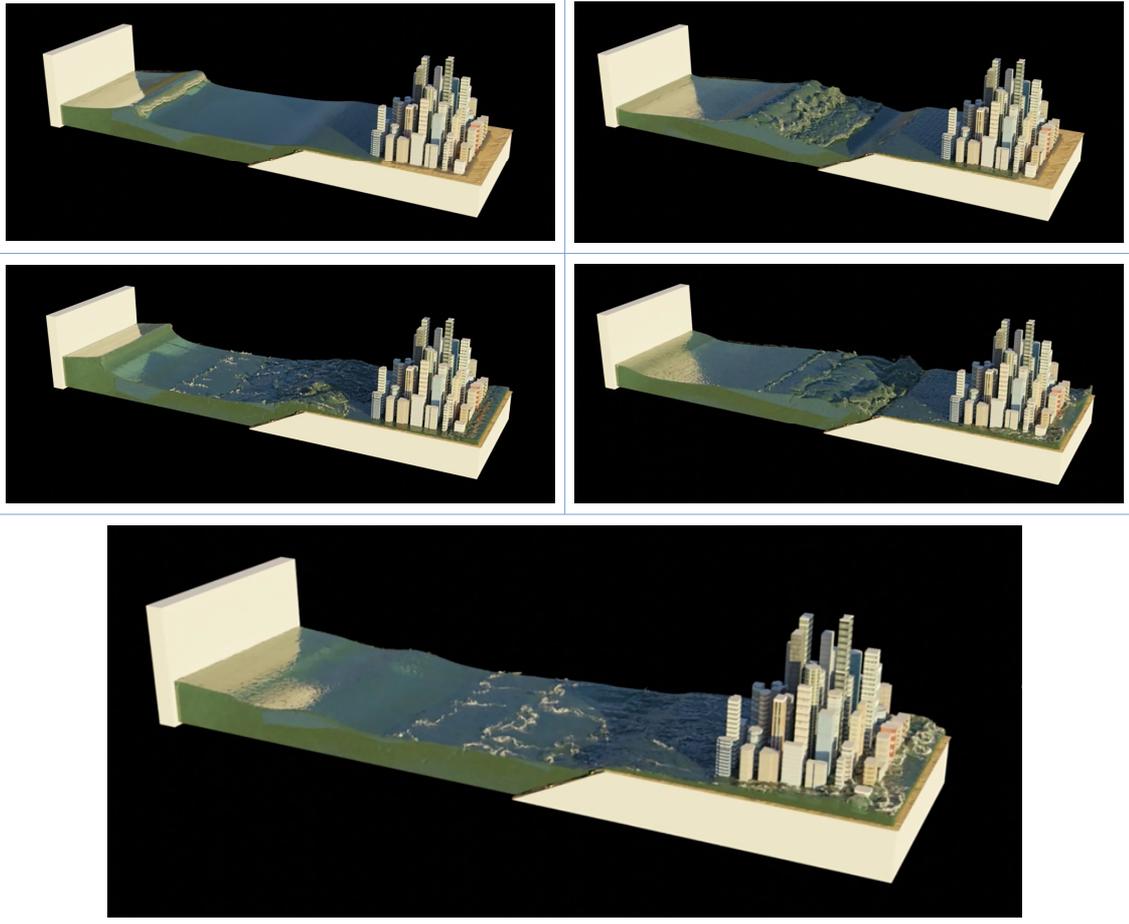
그림 22. 댐 하류부 흐름 모델링



* 출처: 저자 작성

테스트베드 대상지역인 에코델타시티에 디지털 트윈을 적용하기 위해 기 수행한 하천의 흐름해석뿐만 아니라 추가적인 흐름을 테스트하였고 이에 대한 보완 및 적용을 검토하였다. 본 연구는 하천 및 하구에 대한 수리적 해석과 디지털 트윈 적용 방안을 검토하는 초기적 연구로 향후 에코델타시티에 적용 가능한 기술 및 적용의 한계를 분석하는데 목적을 두었다. 에코델타시티는 하구에 위치하므로 향후 쓰나미 등 해일에 대한 영향을 재현할 가능성에 대해 가상 흐름 재현을 수행하고 적용성을 검토하였다(여홍구 외, 2023). 〈그림 23〉은 해안의 해일을 임의의 가상공간을 구축하여 모델링 한 것이다.

그림 23. 해안 해일 영향 검토



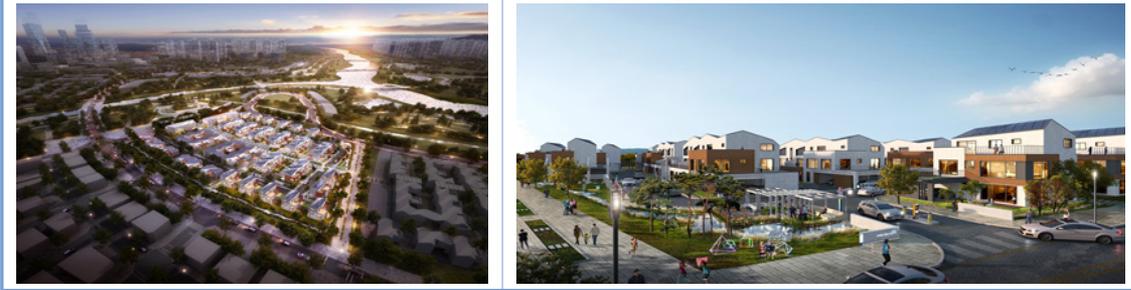
* 출처: 저자 작성

2. 에코델타시티 스마트빌리지 대상 가상공간 홍수재현 연구

2.1 가상공간 재현

에코델타시티 스마트빌리지 가상공간 구축을 통한 VR 제작과 디지털 트윈 적용을 위한 선제적 연구검토를 수행하였다. 스마트빌리지는 에코델타시티 내 형성되는 마을로, 이를 활용하여 홍수에 대응하기 위한 강우 및 관내 흐름 모델링을 적용한 디지털 트윈 구축 방안에 대한 선제적 검토를 하였다. <그림 24>는 대상지역인 스마트빌리지를 나타낸 것이다(여흥구 외, 2023).

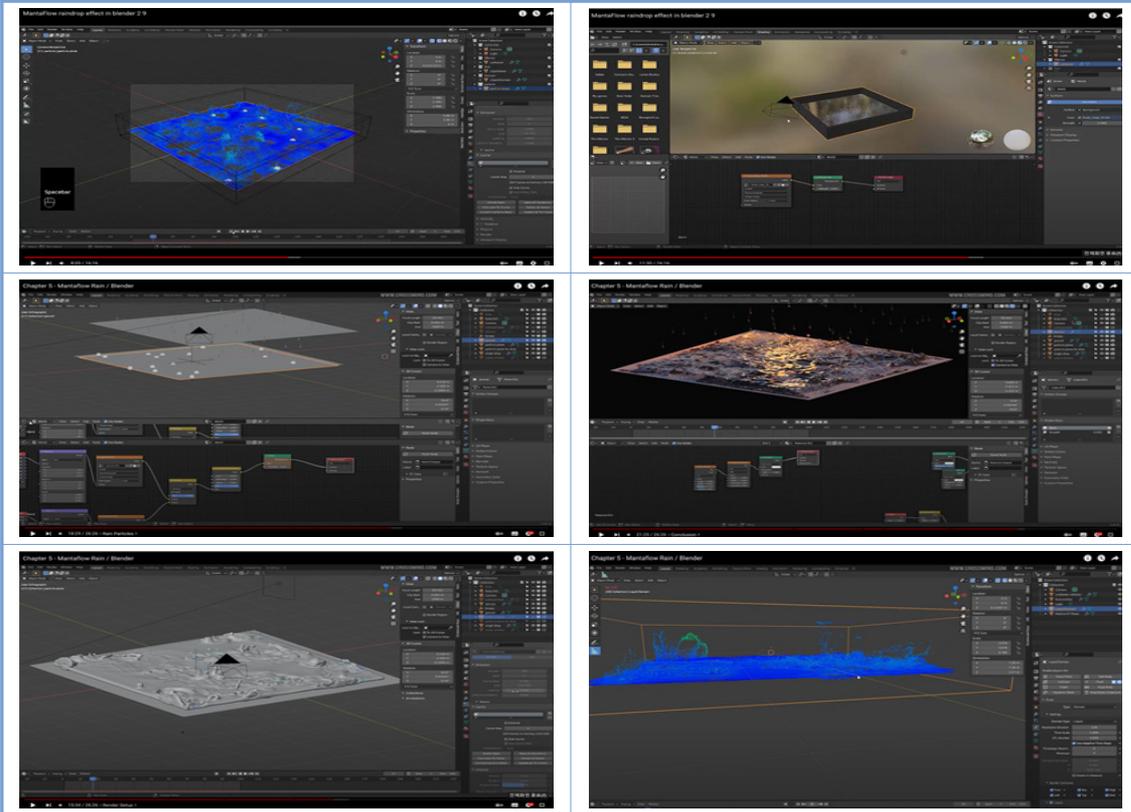
그림 24. 가상 강우 및 관내흐름 모델링 대상 지역 스마트빌리지



* 출처: 저자 작성

모델링 분석은 가상공간에서 적용할 강우를 선정하기 위해 홍수시나리오에 대한 강우강도, 강우량에 대한 조건과 가상공간의 강우 재현의 가능성을 검토하였다. 또한 가상공간에서 강우를 실제와 같이 재현할 수 있는 영상표출에 대해 분석하였다. 홍수시나리오 별 강우조건에 대한 모델링을 수행하고 이에 대한 렌더링을 통한 사실적 가시화에 대한 최적의 디지털 영상 표출에 대한 분석을 수행하였다. <그림 25>와 <그림 26>은 가상 강우 모델링에 대한 디지털 영상 표출 가능성에 대해 나타낸 것이다(여홍구 외, 2023).

그림 25. 가상 강우 모델링 디지털 표출 검토



* 출처: 저자 작성

그림 26. 가상 강우 모델링을 통한 강우 재현

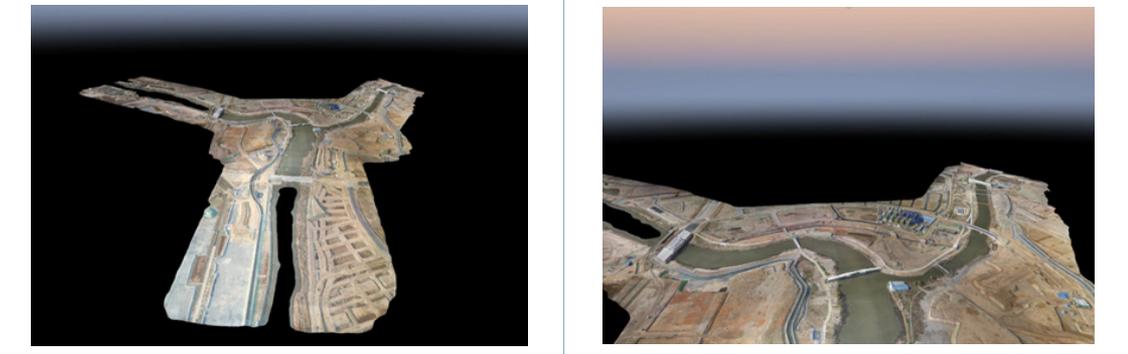


* 출처: 저자 작성

2.2 에코델타시티 가상 홍수상황 재현

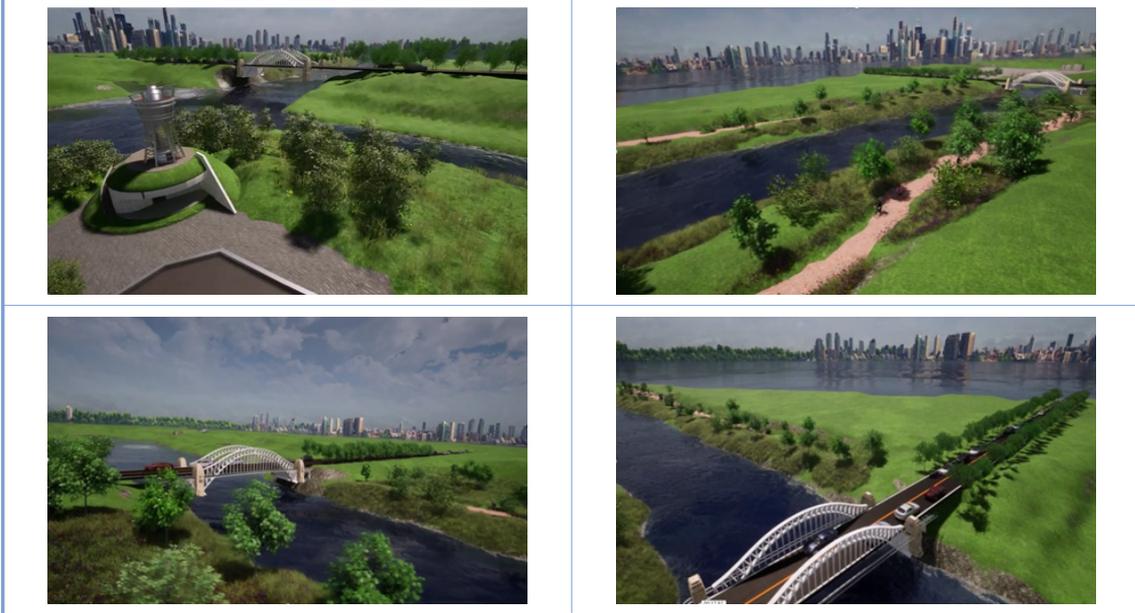
에코델타시티는 도시의 디지털 트윈 구축을 목표로 하고 있어 이를 지원하기 위해 에코델타시티 하천관리를 위한 가상공간을 구축하였다. 이를 기반으로 영상모니터링을 통한 수리계측과 가상공간을 연계한 스마트 하천관리기술을 적용하기 위한 초기적 시범사업을 수행하였다. 우선적으로 설계되어 있는 자료를 이용하여 공간적인 부분만을 대상으로 가상공간을 구축 하였다(여홍구 외, 2023).

그림 27. 에코델타시티 드론 촬영 애니메이션



* 출처: 저자 작성

그림 28. 에코델타시티 가상공간 구축



* 출처: 저자 작성

스마트빌리지에 적용은 에코델타시티 테스트베드 운영의 일환으로 대상지역 내 건설되는 스마트빌리지에 대한 디지털 트윈 구축을 위해 가상공간과 지하 관망에 대한 모델링을 수행하였다. <그림 29>는 스마트빌리지 디지털 트윈 구축을 나타낸 것이다.

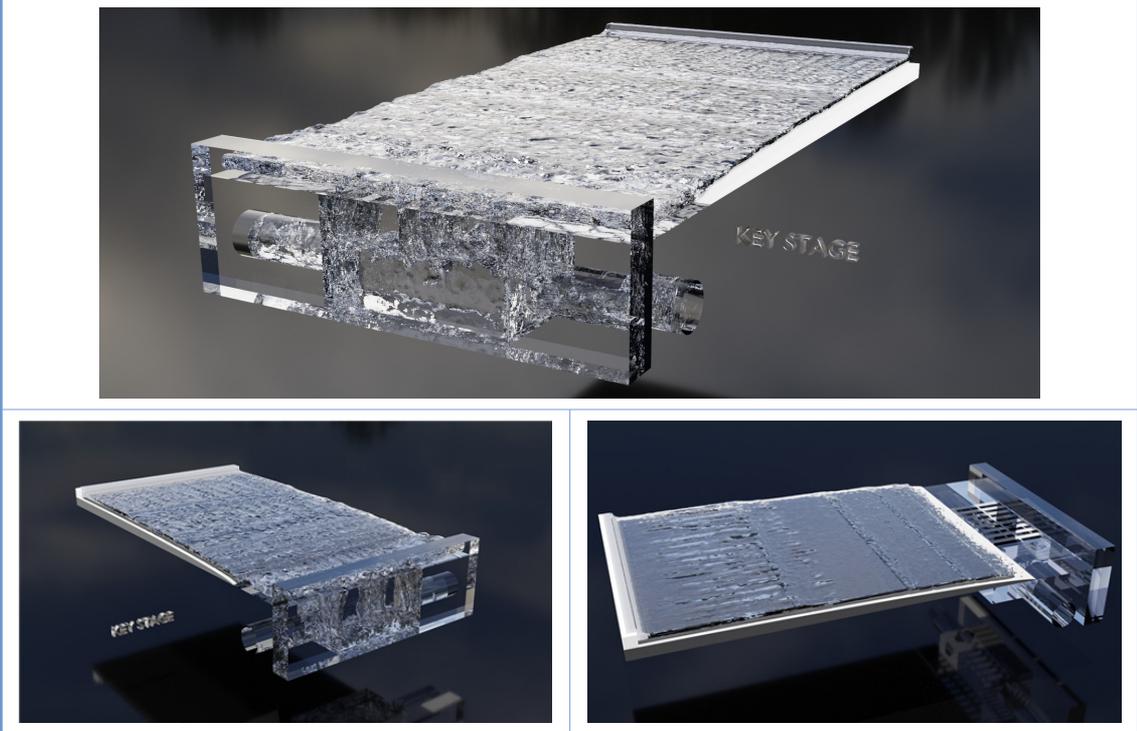
그림 29. 스마트빌리지 공간 디지털 트윈 구축



* 출처: 저자 작성

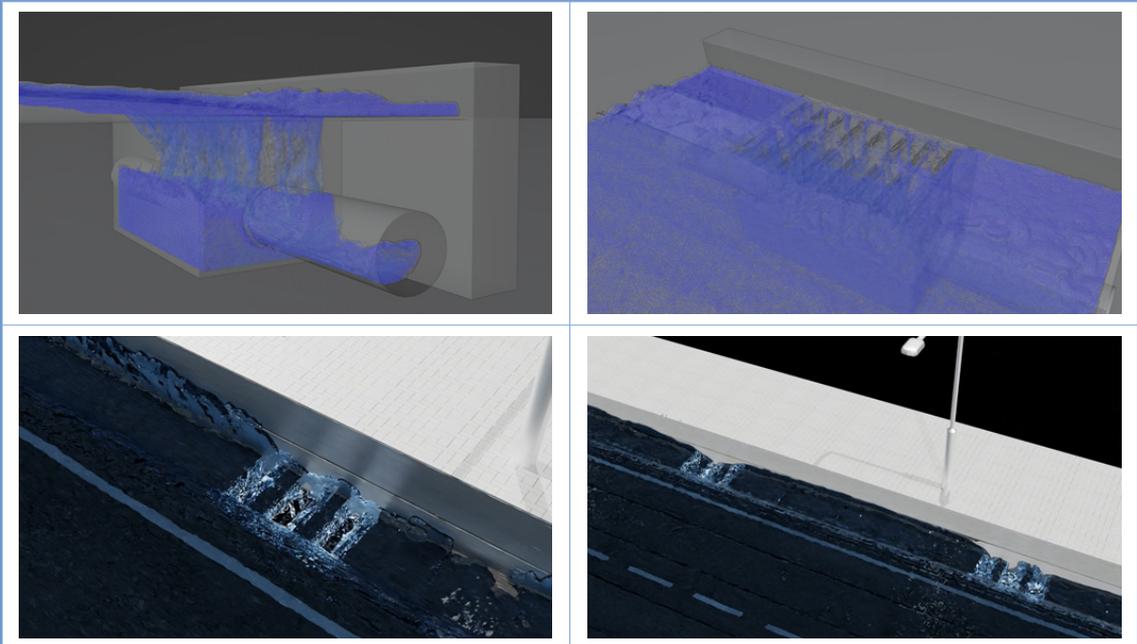
지하 관망에서의 흐름에 대한 적용은 물리적 이론적응에 대해 검토되어 실제 영상표출을 중심으로 검토하여 스마트빌리지에 적용하였다. 검토 대상은 도로면에서의 흐름과 집수정 주변의 흐름을 중심으로 분석하였다. 관내의 흐름은 관내의 흐름 뿐 아니라 합류부의 흐름 등에 대해 영상표출의 실제적 재현을 분석하였다(여흥구 외, 2023). <그림 30>은 집수정의 흐름 모델링 결과를 나타낸 것이며 <그림 31>은 영상 랜더링을 통해 스마트빌리지 도로의 홍수 시 흐름을 재현한 것이다.

그림 30. 스마트빌리지 도면 흐름 재현



* 출처: 저자 작성

그림 31. 스마트빌리지 도로면 흐름 재현



* 출처: 저자 작성

도시지역 지하 내 관내의 흐름을 파악하기는 매우 어렵다. 디지털 트윈을 적용하는 가장 중요한 목적은 실제 파악이 어려운 부분을 가상공간을 통해 해결하기 위한 것이다. 이에, 스마트빌리지의 디지털 트윈 역시 육안으로 파악하지 못하는 곳의 가상재현을 주요 목표로 수행하였다. 아래의 <그림 32>는 관망의 흐름을 수리적으로 해석한 결과이며, 흐름 재현을 나타낸 것이다.

그림 32. 지하관망 합류구내 흐름 모델링



* 출처: 저자 작성

그림 33. 지하관망 및 합류구흐름 재현

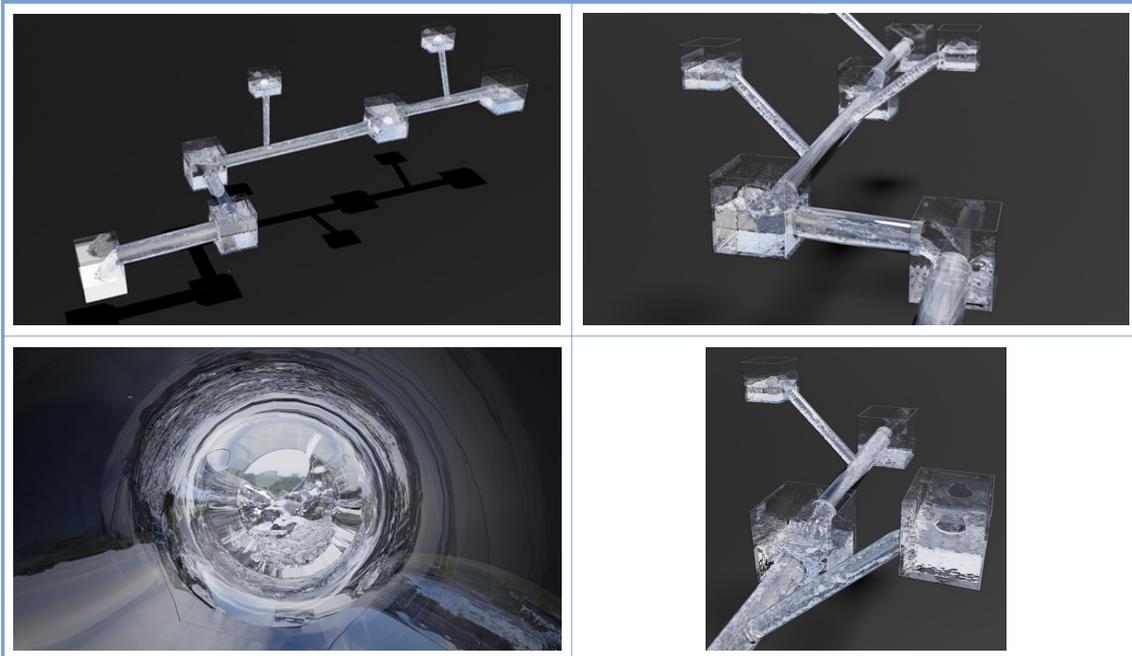
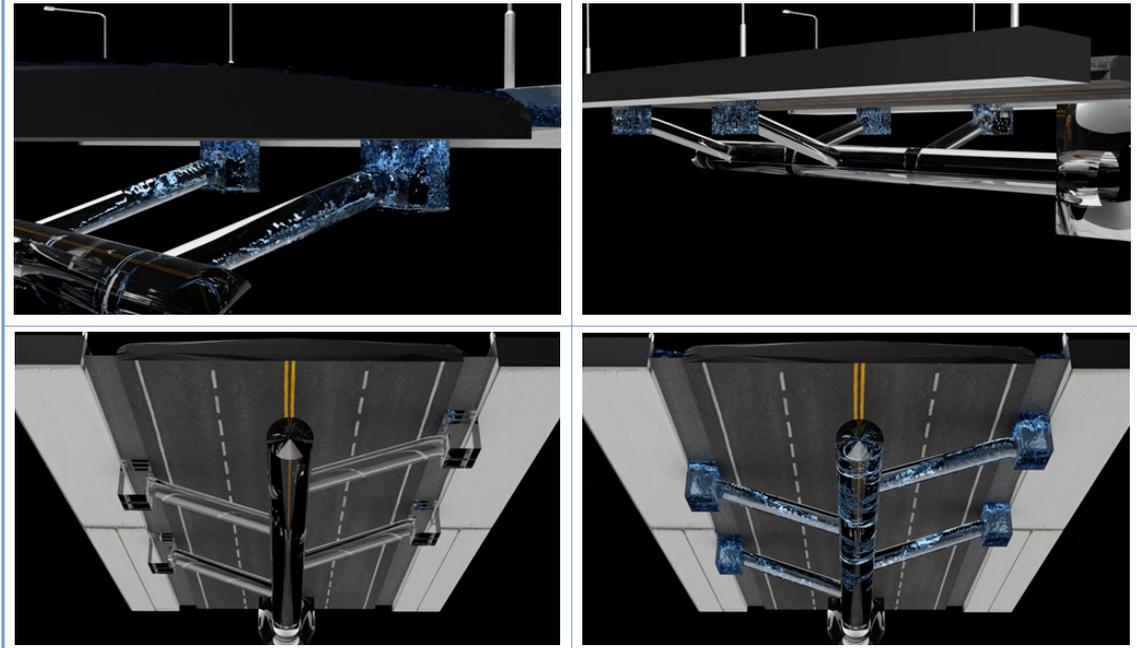


그림 33. 지하관망 및 합류구흐름 재현 (계속)

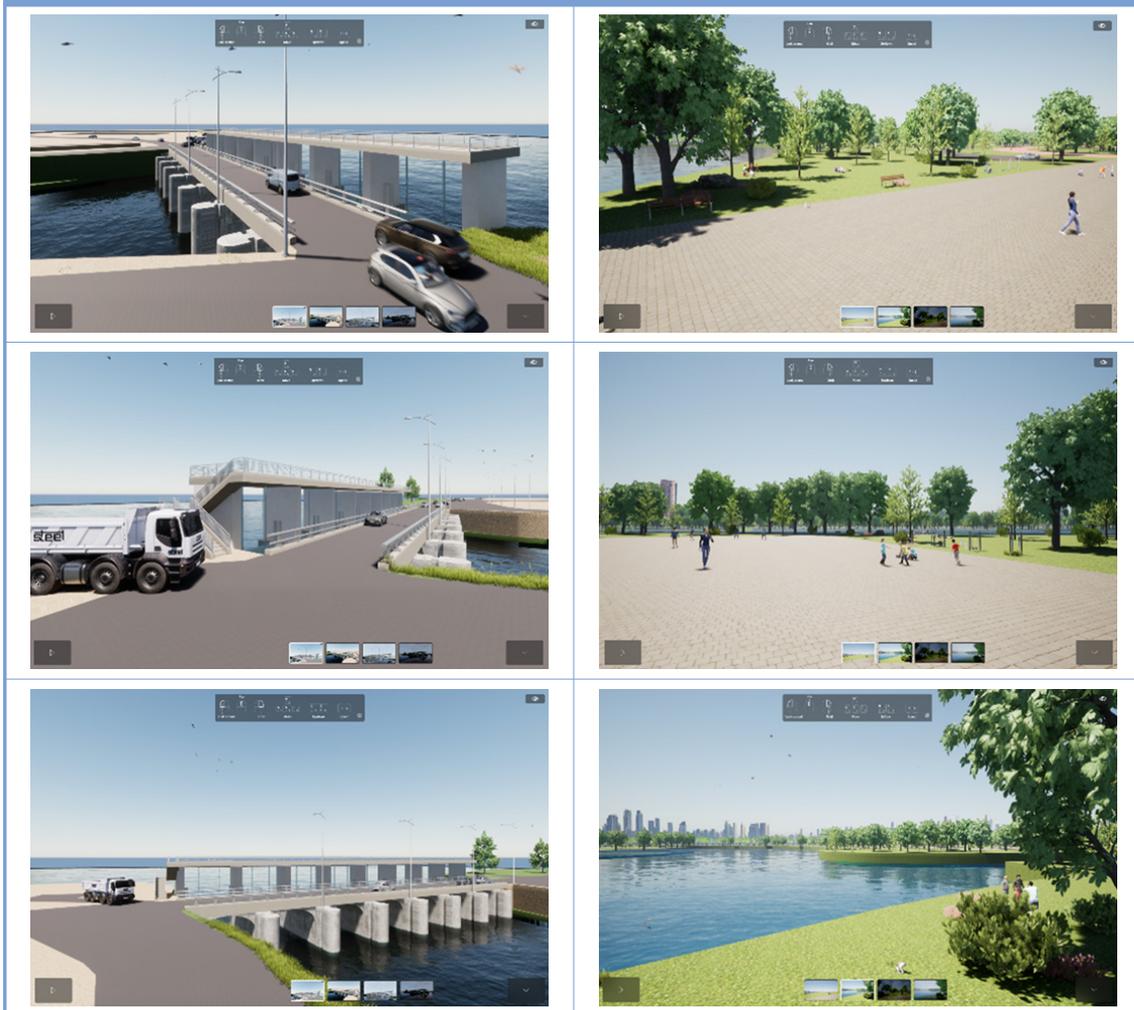


* 출처: 저자 작성

2.3 에코델타시티 IoT 시스템 및 디지털트윈 구축

에코델타시티의 하천관리는 IoT 모니터링 시스템을 활용한 실시간 계측 방법으로 수행하였다. 모니터링을 위해서는 영상을 기반으로 다양한 계측장치를 적용할 수 있게 구성하였다. 유속과 유량, 수위 등 수리적 기본 데이터를 획득하도록 하였고 이를 현장에 적용하였다. 현장 모니터링 장치와 연계해서 재난 등의 예측되는 위험상황을 가상현실(VR) 등 가상공간에 재현하게 하여 피난처 등 재난 대응기술로의 활용할 수 있게 적용하였다. <그림 34>는 에코델타시티의 가상공간을 구축하여 VR을 이용해 예측되는 현상을 경험하도록 한 것이다. 이 모든 과정을 원격지에서 조정 가능하게 개발하였으며, 홀로렌즈 등 새로운 장치를 결합하여 공간과 시간의 제약을 받지 않고 하천과 홍수를 관리할 수 있는 기술적 시도를 완성하였다. <그림 35>는 에코델타시티 평강천에 설치된 시스템과 원격지에서 홀로렌즈를 이용하여 하천을 모니터링하고 관리하는 것을 나타낸 것이다(여홍구 외, 2023).

그림 34. 에코델타시티 가상공간 표출(VR 제작)



* 출처: 저자 작성

그림 35. IoT 모니터링 시스템



* 출처: 저자 작성

IV. 향후과제

실시간 하천재해관리기술은 4차 산업 기술(IoT, 디지털 트윈, AI)을 이용한 하천홍수에 대한 실시간 모니터링뿐만 아니라 하천 홍수로 예상되는 재난 피해에 대한 대응이 가능하도록 하는 하천공학과 첨단기술의 융합적 연구로, 향후 하천 모니터링과 홍수 대응 디지털 트윈 적용 분야에 나아가야 할 방안을 제시한다고 할 수 있다. 앞으로 기후변화로 인한 이상홍수로 예상되는 재난방지 이슈에 대해서도 대응하고 홍수로 인한 인명피해도 저감할 수 있는 다양한 연구가 활성화되어야 할 것이다.



* 출처: 저자 작성

향후 하천관리나 모니터링 등 재난 대응을 위한 기술로 모니터링 및 계측 장비를 다양하게 이용하고, 영상을 센서로 인식하고 유속, 수위, 유량, 산사태 등 재난의 원인이 되는 요소를 관찰하고 분석하여 재난 솔루션 제공의 기반을 마련해야 할 것이다. 현재 현장적용과 시범사업을 통한 검증이 이루어진 기술의 운영을 통해 바로 당장 재난에 대한 인명피해 대응에 융합된 기술적용이 필요하다.

ICT와 연계된 디지털 트윈 기술은 홍수로 인한 재난을 산지와 도심지 등 지역적 특성, 실시간 수리·수문 상황 연계 및 지하차도 등 인명피해 발생 지역 등 재난을 유형화하고 그에 상응하는 선택적 재난 대응 시스템을 제시할 수 있을 것이다. 하천변 재해와 산사태 재해를 첨단 기술과 연계한 실시간 대국민 서비스 시스템 제공이 가능하고 스마트 기술과 디지털 트윈을 연계한 홍수 대응 및 재난 비상대처 시스템의 적용이 시행되어야 할 것이다.

또한 홍수분석을 통한 홍수피해 위험지역 예측과 위험지역에서의 영상기반 객체인식 기술과 인공지능(AI)를

이용한 재난 비상대처 대응 기술 개발이 필요하다. 기술의 개발은 예측되는 위험지역의 가상공간과 객체인식 비상대처 매뉴얼을 연계한 디지털 트윈 재난대응 시스템 개발 및 현장적용이 가능할 것이다.

데이터-물리모형 연계 시스템은 돌발적인 상황발생에 대한 예측의 기능을 높이고 위험(risk) 요인을 최소화하게 홍수를 대응하는 기술로 향후 유역별 효율적인 맞춤형 디지털 트윈 기술을 제안할 수 있을 것이다. 3D 공간모델링과 물리모델링을 연계한 홍수 비상 대처 기술을 통해 피해를 최소화하고 효율적인 안전체계 수립이 가능할 것으로 사료된다.

기상·증강·복합현실 기술과 멀티디바이스 연동을 통한 재난 인지 복합현실 시각화 기술을 확보 및 활용 가능하게 하여, 선도적인 수준의 재난 대응 시스템을 개발함으로써 풍수해로 인한 피해저감 및 사전 방재대책이 시행되기를 기대한다.

객체(사람)인식을 연계한 인명 위험 정보 알림 시스템, 인공지능(AI)을 이용한 영상에 의한 객체(사람)인식 시스템 구축 및 재난 예·경보 통합 플랫폼과 연계 실시간 재난 알림 시스템 구축을 통해 방재선진국으로 선도해나가길 기대한다.

저자소개 강준구(Kang Joon Gu)

• 학력

명지대학교 수공학 박사
명지대학교 수공학 석사

• 경력

現한국건설기술연구원 연구위원
前동명기술공단 사원

참고문헌

〈국내문헌〉

- 1) 신상희. (2021). 디지털트윈 기술 동향과 전망. 국토연구원.
- 2) 여홍구, 강준구, 홍일. (2023). 능동형 하천정보 운영을 통한 다차원 하천관리 체계 구축 및 활용기술 개발. 한국건설기술연구원 내부연구보고서.
- 3) 장윤섭 & 장인성. (2021). 스마트 도시 실현을 위한 디지털 트윈 기술 동향. 전자통신동향분석, 36(1). 한국전자통신연구원. <https://doi.org/10.22648/ETRI.2021.J.360111>
- 4) Hydro-STIV 영상유속계 설명서

〈국외 문헌〉

- 1) Jiang, C., Schroeder, C., Selle, A., Teran, J., Stomakhin, A.. (2015). The Affine Particle-In-Cell Method, <https://www.math.ucla.edu/~cffjiang/research/apic/paper.pdf>
- 2) Wu, K., Truong, N., Yuksel, C., Hoetzlein, R. (2018). Fast Fluid Simulations with Sparse Volumes on the GPU, Eurographics, 37, https://people.csail.mit.edu/kuiwu/gvdb_sim.html.

〈기타 문헌〉

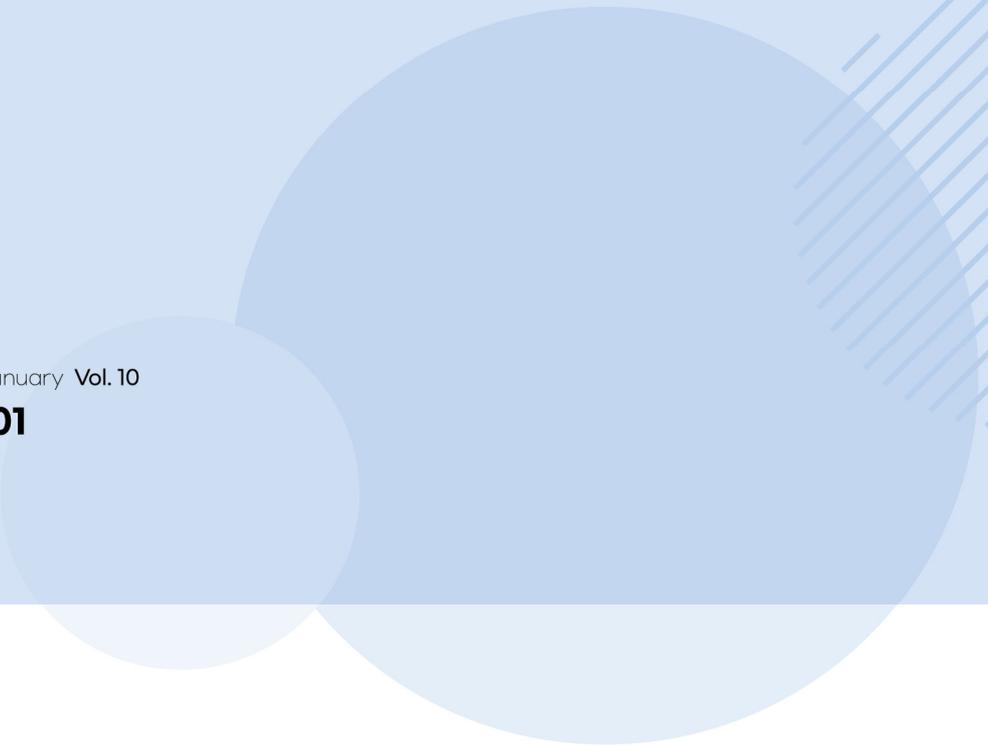
- 1) 한겨레 (2020), 섬진강 피해 500년만의 폭우 탓...이상기후 대비 소하천 치수를. <https://www.hani.co.kr/arti/society/environment/957275.html> (08.11.)
- 2) KBS 뉴스 (2021), [지구촌 날씨] 세계기상기구 “아시아 지난해 가장 더워”...한국 28조 원 손실. <https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=5310610> (10.27.)
- 3) KBS 뉴스 (2023), 인명피해 큰 대구·경북, 오늘도 큰 비... 이 시각 예천. <https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=7726685> (07.18.)
- 4) 경향신문 (2023), 경북 인명피해 마을 14곳, ‘재해위험지구’ 아니었다. <https://m.khan.co.kr/national/incident/article/202307192130005#c2b> (07.19.)
- 5) 환경부 보도자료. (2023). 가상모형(디지털 트윈) 인공지능(AI) 기반 도시침수 예보 및 신속 대응체계 구축한다. <https://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=1594150&menuId=10525> (04.12.)
- 6) 환경타임즈. (2023), 2023년 국감현장, 물 관리 디지털트윈 기술 연구. <https://www.envtimes.co.kr/news/articleView.html?idxno=19017> (10.13.)



융합연구리뷰
Convergence Research Review

2024 January Vol. 10

No. 01



2

실감형 안전교육 콘텐츠 동향

권 승 준

한국전자통신연구원(ETRI) 콘텐츠연구본부 책임연구원

2. 실감형 안전교육 콘텐츠 동향

권 승 준 (한국전자통신연구원(ETRI)
콘텐츠연구본부 책임연구원)

I. 서론

1. 개요

대한민국 정부에서는 최근 '제4차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획(2023~2027년)'을 마련하고 전략 주제로 '현장', '국민', '미래'와 관련된 3개 분야를 설정하였다. 그 중 두 번째 전략인 '국민'과 관련해서는 가정과 일터 등 국민의 안전한 생활을 보장하고 안전취약계층의 재난 사각지대를 해소하기 위한 맞춤형 기술개발에 지속 투자를 계획하였다. 생활안전, 식중독, 산업재해, 교통사고 등 '국민' 주제와 관련한 10대 국민안전 문제해결 연구개발 내용이 여기에 포함되어 있다. 이러한 상황에서 국민의 직접적인 안전과 관련된 실제 문제들을 해결하고 생활 속에 바로 접목시키는데 도움을 주는 기술 분야로 가상현실(VR, Virtual Reality), 증강현실(AR, Augmented Reality), 확장현실(XR, eXtended Reality), 메타버스(Metaverse) 등이 주목받고 있다.

기존 국민안전 문제 해결에 도움을 주는 대표적 활동으로는 국내 지자체 혹은 행정안전부, 소방청 등과 같은 부처에서 운영하는 재난안전체험관을 통한 방문객 대상 안전예방교육 및 안전체험교육이 해당된다. 또한 민간기관 혹은 사설업체에서 운영하는 안전체험관 등도 예방교육 및 체험교육을 위해 운영되고 있다. 이런 안전체험관은 고정된 형태의 탑승 및 체험기구와 도구를 통하여 방문객들에게 안전예방교육 및 안전체험 활동에 대한 경험을 제공한다.

근래들어 일부 안전체험관에서는 고정형으로 설치된 체험기구와 도구 외에 방문객이 최신IT기술을 통해 안전사고 상황이 묘사된 가상공간에서 체감도 높은 안전교육을 받을 수 있는 환경 구축을 위해 노력하고 있다. 가상현실, 증강현실, 확장현실 등이 적용된 실감형 콘텐츠 기반의 안전교육 인프라를 구축하여 보다 많은 방문객의 유입과 재방문율을 높이고자 하는 것이다. 이렇게 구축된 인프라는 표준화된 교육프로그램을 기반으로 안전교육 세부시나리오 및 콘텐츠 제작, 방문객 체험용 기구물 등이 개발되어야 하고 지속적으로 현행화가 이루어져야 한다. 안전체험관 방문객이 몸으로 직접 경험하게 되는 묘사된 안전사고 상황 체험 및 예방교육 진행과정은 실제 안전사고 현장상황을 방문객이 직접 경험할 수 없기 때문에 방문객 눈높이 맞춰서 최대한 현실감 높은 재현과 실제와 비슷한 감각을 체계적인 프로그램 안에서 지속적으로 제공해야 교육효과가 높아지기 때문이다.

하지만 한정된 안전체험관 운영 예산과 자원, 대규모 고정형으로 설치된 안전체험 기구물로 인하여 안전교육 콘텐츠와 체험용 기구물의 지속적인 개발 및 현행화가 어려운 상황이다. 예방교육 및 체험교육활동의 관점에서 교육효과가 높고 경제성 있는 실감형 안전교육 콘텐츠와 관련 체험기구가 지속적으로 만들어진다면 국민생활안전 문체해결에 실질적인 도움이 될 것이다. 관련하여 본 기고에서는 안전교육 분야에 활용될 수 있는 실감형 콘텐츠 전반에 대한 동향 내용을 소개하고자 한다.

그림 1. 목동재난체험관



* 출처: 목동재난체험관 홈페이지

II. 실감형 안전교육 콘텐츠 동향

2. 실감형 안전교육 콘텐츠 관련 동향

2.1 실감형 안전교육 콘텐츠 관련 시장 동향

전국에 수많은 다중이용 복합시설과 대형건물, 도로 등에서 반복적인 안전사고[제천 스포츠센터 화재(2017.12.21.), 밀양 세종병원 화재(2018.1.26.), 경기도 이천 물류창고 화재(2020.4.29.), 대전 현대 프리미엄아울렛 화재(2022.9.26.), 제2경인고속도로 과천 갈현고가교 화재(2022.12.29.)]가 일어나고 있다. 이러한 형태의 계속된 안전사고 원인과 문제점을 파악하고 향후 대책과 개선방향을 모색하는 접근들이 있었으며, 특히 정부에서는 세월호 사고 이후 이전 국가안전관리 기본계획(현재 제5차 국가안전관리 기본계획 수립 연구용역 진행 중)을 보강한 재난안전 중장기 종합계획인 ‘안전혁신 마스터플랜’을 제시한 적이 있다. 이를 통해 재난관리 표준체계를 마련하고 생활 속 안전문화 확산, 재난안전 인프라 확충, 현장의 재난대응역량 강화 등을 위한 세부과제를 마련하였다. 또한 최근 행안부는 관계부처와 협업을 통해 국민이 체감하는 안전교육을 본격 추진하기 위해 제2차 국민 안전교육 기본계획(‘23~’27년)을 수립하며, ‘국민의 일상이 안전한 사회 구현’을 비전으로

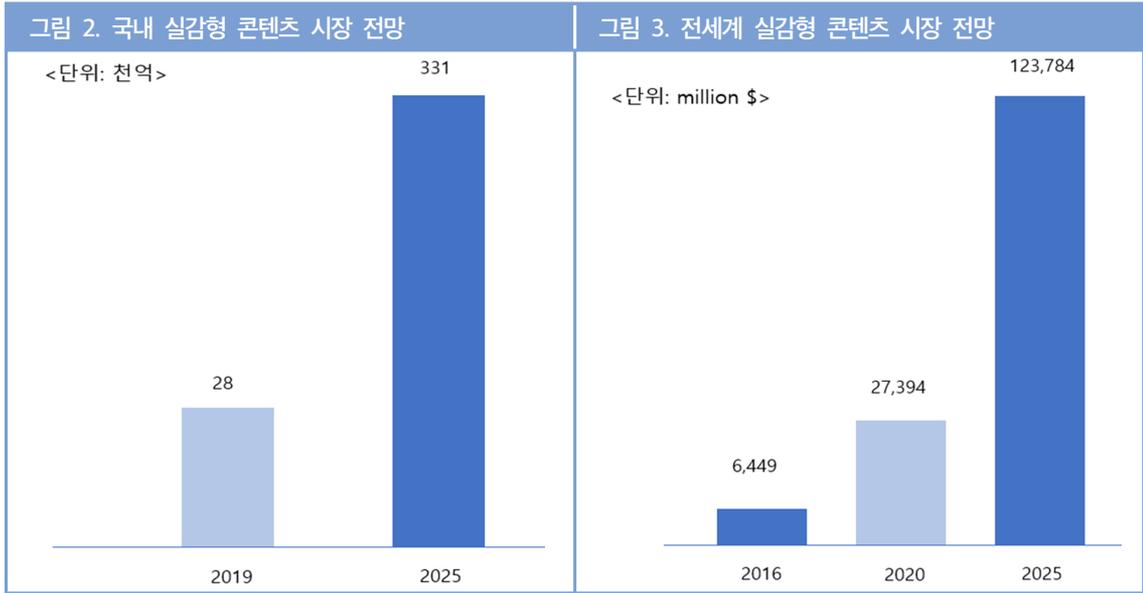
제시하였다. 주요 내용으로는 ‘안전교육 추진체계 강화’, ‘안전교육 활성화’, ‘체험 위주의 안전교육 확대’, ‘콘텐츠 및 프로그램 개발·보급’, ‘안전교육기관 및 전문인력 육성’, ‘사회 안전교육 지원’ 등의 6개 분야 14개 추진과제가 포함되어 있다. 국가안전체계 구축과 관련된 정책진행 시점들은 각기 다르나 국민 일상 생활 속 안전문화를 확산하고 체험 위주의 안전교육 확대는 정책적으로 강조되는 공통 항목에 속한다.

안전문화 확산과 체험 위주의 안전교육 확대에 도움을 주는 방안으로 가상현실(VR, Virtual Reality), 증강현실(AR, Augmented Reality), 확장현실(XR, eXtended Reality), 메타버스(Metaverse) 등을 활용한 실감형 콘텐츠 기반의 안전교육 적용이 있다. 국민이 일상생활 속에서 쉽게 경험 가능한 낙상안전사고, 승강기안전사고, 건물화재사고, 지진안전사고 등을 단순히 시청각 동영상 매뉴얼 자료를 보거나 고정된 형태 혹은 일률적인 형상의 도구를 통해 경험하는 방식이 아닌 가상현실, 증강현실, 확장현실 등의 기술을 통해 시간·장소에 상관없이 사용자 맞춤형으로 안전사고예방 체험교육 형태로 받는 사례가 있는 것이다.

이와 관련하여 안전교육을 위한 실감형 콘텐츠 개발과정에 사용되는 요소 기술 및 관련 시장 현황을 살펴본다. 먼저 실감형 콘텐츠의 정의는 다음과 같다. 인간의 오감자극을 통해 실제와 유사한 경험과 현실감을 제공하는 디지털 콘텐츠를 의미하는 것으로, 몰입감, 상호작용, 지능화 등의 특징을 통해 양방향 상호작용으로 높은 현실감과 사용자 경험을 제공한다.

또 다른 정의로는 하나의 기술 분야로 압축하기보다는 인간의 감각 기관과 인지 능력을 자극하여 실제와 유사한 경험 및 감성을 느낄 수 있게 해주는 유형의 콘텐츠를 통칭하거나, 인간의 다감 자극을 통해 실제와 유사한 체험을 제공함으로써 현실감을 극대화하는 콘텐츠를 의미하기도 한다. 여러 관점에서 다양한 정의가 존재하지만 공통적인 사항을 추려보면 기존 시청각 위주의 자극이 핵심이었던 콘텐츠 영역과 다르게 인간의 다양한 감각 기관을 자극하는 기술수준으로 진행되고 있으며, 좀 더 포괄적인 표현으로 요약하면 가상 혹은 현실공간에서의 인간이 가상객체와 상호작용하고 그 결과를 확인하며 동시에 실세계에 존재하는 것과 같은 현실감을 느끼게 하는 콘텐츠가 실감형 콘텐츠라고 말할 수 있을 것이다.

한편 실감형 콘텐츠 시장 현황은 다음과 같다. 국내 실감형 콘텐츠 시장은 2019년 약 2조 8,000억 원에서 연평균 51%의 평균 증가율로 2025년에는 약 33조 1,910억 원까지 성장할 것으로 전망된다.



* 출처: TIPA (2023), 재가공

* 출처: 과학기술정보통신부 (2022), 재가공

전 세계 실감형 콘텐츠 시장은 2020년 약 273억 달러를 기록했으며, 2025년까지 연평균 35.2%의 증가율로 약 1,237억 달러를 기록할 것으로 전망된다.

실감형 콘텐츠에 포함되는 분류체계에는 가상현실 및 증강현실(확장현실 포함), 그리고 홀로그램과 관련된 하드웨어, 소프트웨어 등이 들어가 있다. 네트워크 고도화 및 메타 퀘스트 HMD 시리즈 등과 같은 모바일 디바이스 장비 보급 확대 등으로 시장 성장 잠재력이 계속적으로 높게 평가된 것으로 본다.

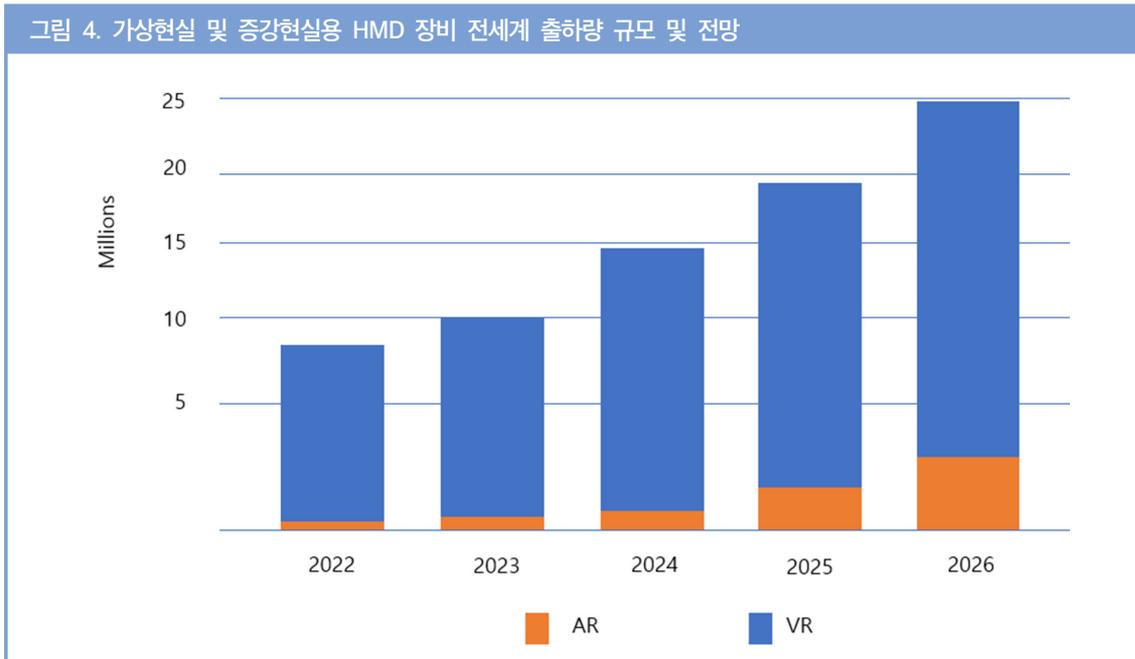
표 1. 전세계 실감형 콘텐츠 시장규모 및 전망(2016 ~ 2025)

구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2020 ~ 2025 CAGR
실감형 콘텐츠	6	9	11	16	27	40	59	80	102	124	35.2 %

* 출처: 과학기술정보통신부 (2022). 재가공

앞서 언급한 실감형 콘텐츠를 구성하는 요소로 가상현실 및 증강현실(확장현실 포함), 홀로그램(Hologram) 등이 대표적이다. 실감형 콘텐츠의 범위를 하드웨어나 소프트웨어 관점에서 어느 범위까지 포함할지에 따라 시장 규모와 전망치를 다양하게 추출할 수 있을 것이다. 먼저 실감형 콘텐츠를 가시화하고 사용자가 직접 체험하기 위해 필수적인 가상현실 및 증강현실용(확장현실 포함) HMD 장비의 시장 현황을 기술한다.

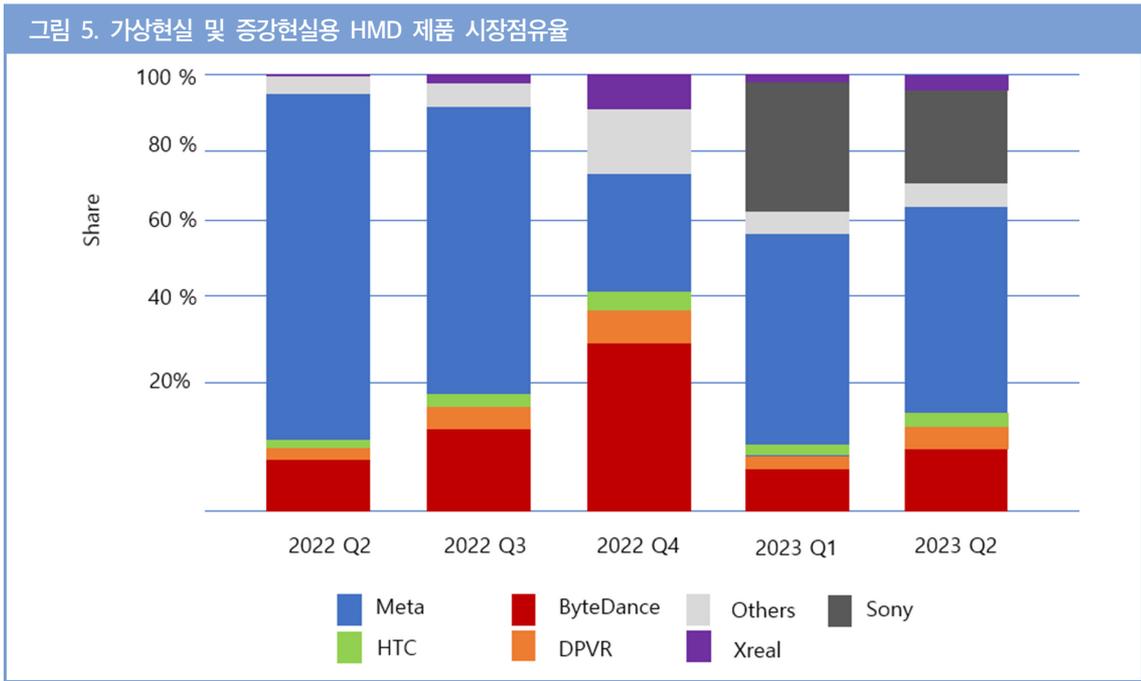
시장분석기관 IDC에 따르면 2023년 기준 가상현실 및 증강현실용 HMD 장비의 전세계 상품출하량은 전년(2022년) 대비 14% 증가한 1,010만대 수준으로 예상하였고, 2027년까지 5년간 연평균 32.6%의 성장률을 기록할 것으로 전망하였다.



* 출처: International Data Corporation (2023), 재가공

다만 코로나 이후 세계적인 경기 침체와 메타 퀘스트3와 같은 HMD의 가격인상 등의 여러 요인이 맞물려 한동안 상품 출하량이 줄어들 수 있다는 전망도 하였다. Gear VR과 같은 화면 뷰어가 내장되지 않은 HMD는 시장에서 더 이상 출시되지 않고 있으며 Stand-alone 방식의 HMD가 시장의 주류 상품군이고, AR 및 VR 겸용으로 활용 가능한 제품군이 많아지고 있는 특징이 있다. 기존 VR용으로 특화된 저가형 HMD와는 다르게 확장현실(XR)에 활용될 수 있는 상대적으로 고가인 멀티채널 카메라를 탑재한 HMD에 대한 개발과 관심이 높아지고 있다.

상품 출하량 기준으로 사용자의 시야를 가리는 VR용 HMD가 전체 시장을 장악하고 있고 Nreal(현재 Xreal)과 같은 AR 용 HMD(글래스 타입, 투명 또는 반투명 디스플레이 포함)도 계속 증가세를 보인다. SLAM과 3차원 가상객체 제어 조작이 가능한 HMD 제품군 출하량은 Microsoft의 부진으로 인해 증가세가 줄어들고 있다. 전세계 AR 및 VR HMD 제품 공급업체의 시장점유율 현황을 요약하면 다음과 같다.



* 출처: International Data Corporation (2023), 재가공

표 2. 전세계 상위 AR/VR HMD 제조사 시장점유율

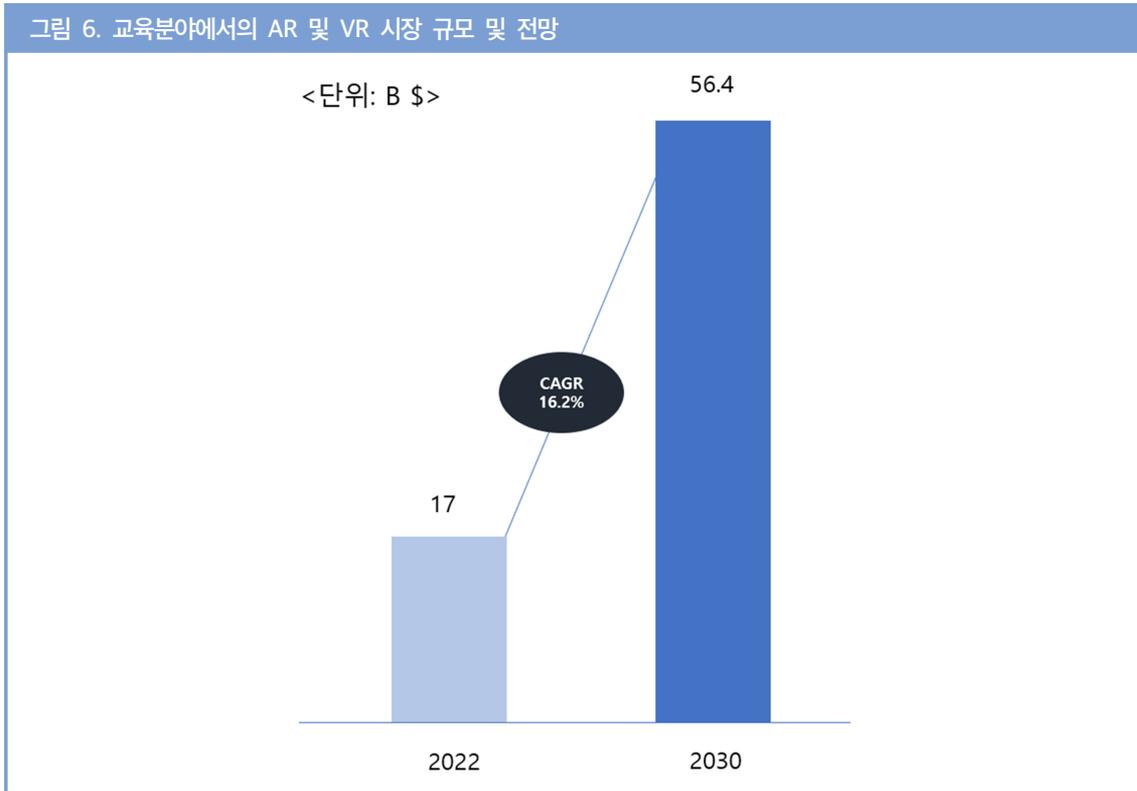
분기	2022 Q2	2022 Q3	2022 Q4	2023 Q1	2023 Q2
Meta	84.6%	73.3%	35.2%	47.8%	50.2%
Sony	-	-	-	35.9%	27.1%
ByteDance	8.0%	13.9%	33.3%	6.1%	9.6%
DPVR	1.6%	2.6%	4.5%	1.7%	2.2%
Xreal	0.2%	1.9%	7.0%	1.3%	2.5%
HTC	1.1%	1.5%	2.5%	1.4%	2.0%
Others	4.5%	6.7%	17.5%	5.7%	6.4%

* 출처: International Data Corporation (2023), 재가공

퀘스트(Quest) 시리즈로 유명한 메타는 2022년과 2023년 2분기 동안 가장 높은 시장점유율을 기록하며 시장 선두주자로 발표되었다. 2023년 데이터 기준으로 Sony의 점유율이 높아졌으며, Pico 시리즈가 대표 제품군인 ByteDance는 꾸준히 높은 시장점유율을 유지하고 있다. 상위 6위 안에는 Xreal(이전의 Nreal)과 DPVR, HTC 등이 포함되었다. 2023년 Apple의 Vision Pro 출시를 기점으로 2024년 시장 상황은 변동될 것으로 예측되고 있다[IDC 2023].

한편 교육 분야에서의 전세계 AR 및 VR 시장 규모는 2022년 170억 달러로 평가되었으며, 2024년부터 2030년까지 연평균 성장률(CAGR) 16.2%로 성장하여 2030년까지 564억 달러에 이를 것으로 예상된다. 기존

원격 교육의 단점을 네트워크 및 하드웨어 기술의 발달과 코로나 사태를 계기로 보완되어 많은 교육 기관/회사 등에서 AR 및 VR 기술을 사용한 몰입형 및 대화형 교육 서비스를 더욱 다양하게 제공할 것으로 보인다.



* 출처: Verified Market Research (2023), 재가공

외부 센서(신체 부착형, 지상 고정형 등)나 연산장치 등에서 생성된 감각요소 데이터를 사용하여 대화형 및 몰입형 학습 환경이 구축되고 HMD와 트래커(tracker) 등과 같은 하드웨어, 콘텐츠를 저장하고 유통하기 위한 플랫폼(SteamVR 등) 등을 사용함으로써 학습자들은 AR과 VR 교육에 더욱 쉽게 접근할 수 있고 높은 관심도로 교육 과정을 경험하게 된다. 기존 전통적인 교육방식에서 AR 혹은 VR 기반의 실감형 콘텐츠를 이용한 교육 프로그램으로 점차 전환되면서 관련 시장 규모는 확대될 수 밖에 없을 것이다.

또 다른 현황인 AR, VR, AI 기술 등을 활용한 디지털 재난안전 시장을 살펴본다.

전세계 디지털 재난안전(public safety and security) 시장은 2018년 기준 3,182억 달러 규모로 추정된다.

표 3. 디지털재난안전 시장규모 예측

(단위: 세계 백만 달러, 국내 십억 원)

구분		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAGR
디지털	세계	318,200	363,800	415,900	543,700	543,700	621,600	710,700	812,600	14.3%
재난안전	국내	8,395	8,922	9,483	10,079	10,712	11,385	12,100	12,861	6.28%

*출처: 정보통신기획평가원 (2020), Grand View Research (2019)

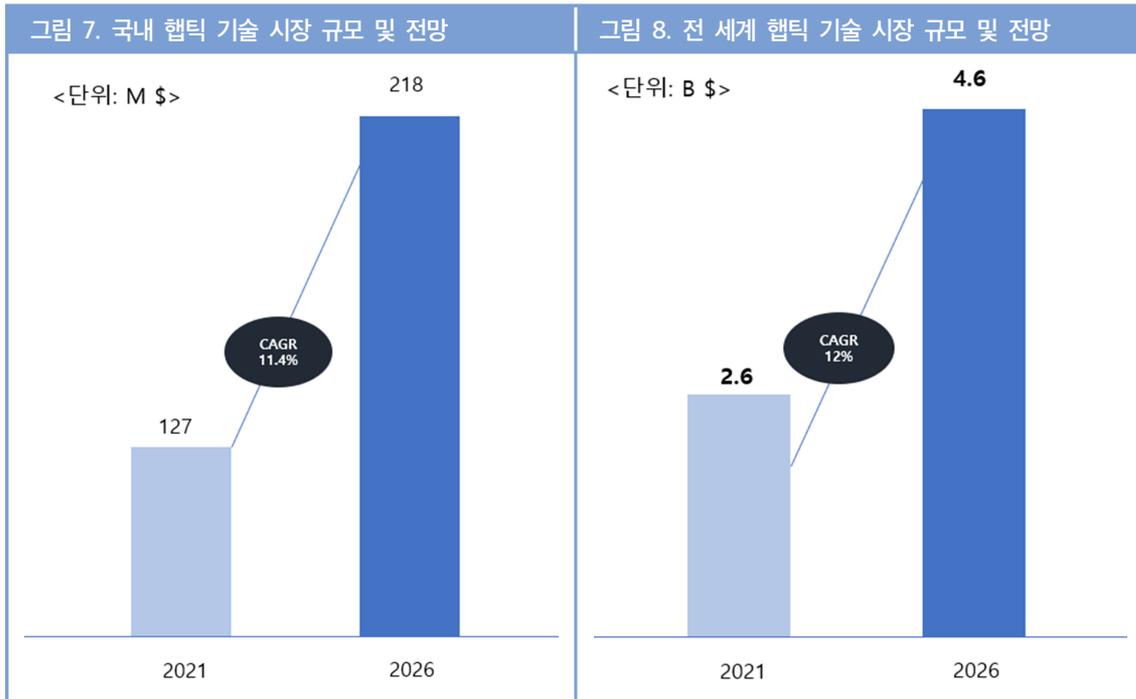
3D콘텐츠, VR, 시뮬레이션 기술, AI 기술 등을 활용한 사회안전문제 해결을 시도하려는 사례(미국 FEMA의 Immersed 프로젝트 등)가 증가하고 있으며, 싱가포르(버추얼 싱가포르)처럼 디지털트윈 등 가상플랫폼 기술을 통한 공공안전 서비스를 진행하는 곳도 생기고 있다. 국내에서는 AI 기반 실시간 객체 인식·트래킹 등의 기술이 적용된 안전모니터링 시스템 등이 구현되고 있다. 국토정보공사는 공간정보 기반 디지털 트윈 구축을 통해 디지털 도시안전 체계 구축을 시도한 바 있다.

디스플레이 및 네트워크 기술, 고성능 연산처리장치 등의 발달로 일반 사용자는 콘텐츠 소비 과정에서 시간이 지날수록 점점 더 높은 수준의 오감 자극을 경험하는 환경에 놓이게 된다. 따라서 실감형 콘텐츠도 기존 AR, VR, MR(혼합현실) 등을 전체 포괄하는 형태로 진화하게 되었고 그 결과 확장현실(XR) 개념으로까지 확대되었다. 확장현실 영역의 실감형 콘텐츠는 햅틱기술을 사용자 인터페이스 기술로 많이 사용한다. 햅틱 기술은 AR, VR 분야에 속하는 사용자 인터페이스 기술로 촉감, 역감 등의 오감요소를 사용자에게 현실감 있게 전달하는 역할을 주로 한다. 햅틱 기술로 사용자 신체에 힘, 진동이 전달되도록 함으로써 사용자가 촉감과 같은 감각을 느끼게 할 수 있다. 특히 안전교육을 위한 실감형 콘텐츠 개발 과정에서 사용자에게 현실에서의 안전사고 상황과 아주 유사하게 가상공간 내 안전사고 상황을 재현하는 목적으로 사실감 증대를 수행하기 위해서는 햅틱 기술이 필수적이다.

이런 햅틱 기술 시장의 규모와 전망치를 살펴보면 다음과 같다.

터치 피드백 등의 특허를 보유한 미국 Immersion 기업이 시장에서의 경쟁우위를 보이고 있으며, 액추에이터 및 컨트롤러 제조업체 다수가 서로 경쟁하고 있다. 기존 안전관련 서비스 분야 외에 의료계열 서비스 산업 등에서 햅틱 기술 사용이 증가하고 있고, 촉각 피드백(feedback) 관련 응용 분야가 높은 성장세를 보인다.

국내 햅틱 기술 시장은 2021년 1억 2,700만 달러에서 연평균 성장률 11.4%로 증가하여, 2026년에는 2억 1,800만 달러에 이를 것으로 전망된다.



* 출처: Marketsandmarkets (2021), 연구개발특구진흥재단 (2021)

* 출처: Marketsandmarkets (2021), 연구개발특구진흥재단 (2021)

전세계 햅틱 기술 시장은 2021년 26억 달러에서 연평균 성장률 12.0%로 증가하여, 2026년에는 46억 달러에 이를 것으로 전망된다.

전 세계 햅틱 기술 시장에서 교육 및 연구 분야는 2021년 1억 300만 달러에서 연평균 성장률 10.2%로 증가하여, 2026년에는 1억 6,700만 달러에 이를 것으로 전망된다. 햅틱 장치를 구성하는 단위 컴포넌트 기준으로 햅틱 기술 시장을 분류하면 액추에이터, 드라이버 및 마이크로컨트롤러로 두 부분으로 나눌 수 있고, 액추에이터 시장 규모가 드라이버 및 마이크로컨트롤러 시장 규모 보다 약 3배 이상 더 큰 수치를 보이고 있다. 2021년 기준으로 액추에이터는 18억 1,800만 달러이고, 드라이버 및 마이크로컨트롤러는 6억 6,100만 달러로 추산된다.

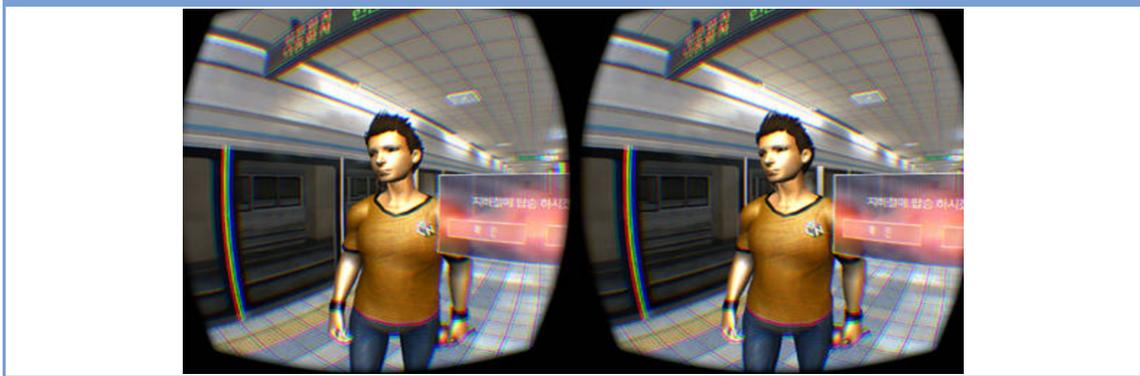
한편 일반 사용자가 몸에 두르는 안전교육 체험용 장비나 HMD와 같은 추가적인 착용 장치 없이 입체정보를 생성하는 홀로그램으로 안전교육을 받는다면 이것은 실감형 콘텐츠를 활용한 궁극적인 서비스 형태 예로 볼 수 있다. 유사 홀로그램이 아닌 완전시차정보를 제공하는 홀로그램 디스플레이 기술이 추후 개발된다면 사용자의 감각과 흥미를 완전히 사로잡을 수 있고 연출의 자유도가 높은 안전교육용 홀로그램 실감형 콘텐츠가 생성될 수 있을 것이다. 전시공간 등에서 유사 홀로그램 형태로 단순 유물이나 엔터테인먼트 영상을 시각화하는 수준이 아니라 완전 입체영상으로 재현되며 현실 공간의 사용자가 상호작용을 편하게 할 수 있는 수준에 이르면 사실상 높은 안전교육 실감형 콘텐츠를 사용자가 자유롭게 편한 상태로 몰입해서 체험할 기회를 가질 것이다. 이와 관련한 시장도 크게 생성될 것이다.

2.2 실감형 안전교육 콘텐츠 관련 산업 동향

실감형 콘텐츠를 이용하여 안전교육 등을 진행하는 국내외 산업 동향을 살펴본다. 국내 기술개발을 통한 서비스 동향은 다음과 같다.

지하철 화재 상황 시 개인의 대처능력을 향상시키는 목적으로 'Metro Escape VR(CNBOX)'서비스가 국내 벤처회사에서 개발된 적이 있다. 이 서비스의 특징으로는 재난상황을 미리 경험해보는 실감 체험형 교육에 게임물을 도입해 사용자의 적극적인 참여 유도가 가능하고, HMD 컨트롤러를 통한 룸스케일 적용으로 작은 공간에서도 전동차 내부부터 지상까지의 탈출을 체험할 수 있다.

그림 9. METRO FIRE ESCAPE VR 콘텐츠



* 출처: 문화경제 (2016)

대한안전교육협회에서는 선박 이용 시 발생할 수 있는 사고를 VR 콘텐츠를 통해 체험하는 안전교육 서비스를 소개하였다. 선박 탑승 시 숙지해야 할 안전수칙을 VR체험콘텐츠를 통해 익히는 방식으로, 일반 사용자는 사고 발생 시 올바른 대처 방법을 가상환경에서 미리 학습할 수 있다.

그림 10. 선박안전교육을 위한 VR콘텐츠



* 출처: 대한안전교육협회 홈페이지

또한 현장감과 몰입감을 살린 VR안전교육 콘텐츠를 어디서나 즐길 수 있는 키오스크(Kiosk)형 통합안전교육 솔루션(일체형 VR타입 안전체험 키오스크 솔루션)을 선보였다. 키오스크 구조물 내부에 보관함을 내장하여 훈련용 마네킹, AED장비, VR 장비 등의 보관 및 관리가 용이하고, 학교 혹은 실내 사업장 등에 쉽게 설치하여 안전교육이 상시 가능하다. 센서 기반의 가슴압박 측정으로 정확한 심폐소생술 훈련이 가능한 가슴압박훈련, 훈련영상 가이드를 통해 인공호흡 훈련을 숙지하고 직접 체험 가능한 인공호흡 훈련, AED 혹은 자동심장충격기 훈련이 가능한 AED훈련, IoT 기반 소화기 시뮬레이션 훈련 등을 포함하고 있다. HMD착용 후 내장된 다양한 VR 안전교육 콘텐츠로 여러 장소에서 맞춤형 교육 진행이 가능하다.

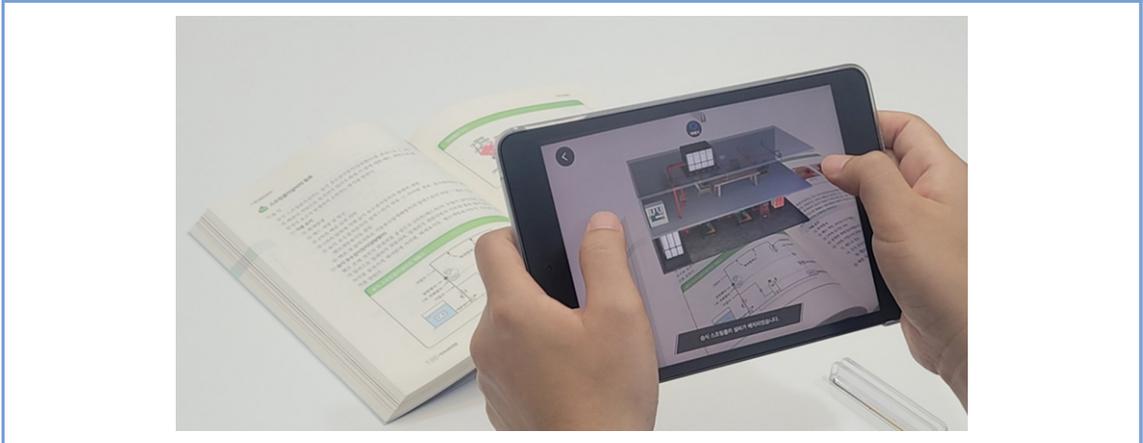
그림 11. 키오스크형 통합안전교육 솔루션



* 출처: 대한안전교육협회 홈페이지

한국소방안전원은 스프링클러 설비 작동원리와 점검방법, 위험물 이동탱크저장소 구조를 스마트패드와 같은 모바일 장비를 활용해 AR(증강현실)로 체험교육 받을 수 있게 하는 '실감형 증강현실(AR) 콘텐츠 앱'을 개발했다. 교재에 기본적인 AR 마커를 탑재해 교육생이 해당내용을 공부할 때 시청각 보조 정보 습득에 도움을 받는 방식이다.

그림 12. 실감형 증강현실 콘텐츠 앱



* 출처: 데이터넷 (2023)

스코넥 엔터테인먼트사는 화학물질안전원과 공동으로 화학물질 누출 안전사고 대응 XR교육훈련 콘텐츠를 개발하였다. 모션 캡처 시스템을 기반으로 체험안전교육을 받고 있는 다수 사용자의 동작을 동시에 추적하여 사용자와 가상캐릭터를 실시간 정합하고 실사용자와 가상객체 간의 상호작용이 가능한 안전사고 대응 교육훈련 시스템을 구축한 것이다. 현실에서는 실전과 같은 교육훈련이 어렵거나 예측하기 어려운 각종 재난안전 사고가 빈번하다. 이에 대응하기 위해 다양한 안전사고 관련 데이터를 데이터베이스화하여 평소 체험하기 어려웠던 안전사고 대응 교육훈련 상황별 시나리오를 구성하는데, 약70 개의 시나리오로 화학물질 누출 안전사고에 대한 대응요령을 체험할 수 있도록 설계되었다. 가상공간에서 밸브를 잠그고, 스크러버 세트로 누출가스를 정화하는 등의 직접 체험이 가능해진다.

그림 13. 화학 물질 안전사고 XR 가상 대응 교육훈련



* 출처: 스코넥 엔터테인먼트 홈페이지

한국전력 전력연구원은 인간의 오감을 활용해 훈련자가 가상현실 속에서 현실 장치와 실시간으로 반응하여 전력분야 안전사고를 현실성 있게 체험할 수 있는 초실감 안전교육 훈련시스템을 구축하였다. 이번에 구축된 시스템에는 전기자극과 냉열소자, 진동센서 등을 활용한 감전 시뮬레이터 및 전주 등에서의 추락 시뮬레이터 등이 포함되어 있다. 이 시뮬레이터를 활용해 고전압, 고소 등 전력분야의 위험한 환경에 쉽게 노출된 훈련자는 감전과 추락 사고를 가상 체험할 수 있게 된다. 이를 통해 훈련자는 실제 안전사고와 유사한 경험을 가지게 되고 안전사고에 대한 경각심과 교육훈련 상황별 시나리오에 익숙해질 수 있다.

그림 14. 전력분야 초실감 안전교육 훈련시스템



* 출처: 원자력신문 (2023)

한국도로공사는 터널 안전사고, 비계 추락, 교량 안전사고, 개구부 추락, 안전벨트 매달림 등의 근로자 대상 안전교육 콘텐츠를 제공하는 안전트레이닝센터를 구축하고 운영 중이다.

근로자가 안전교육을 몸소 체험할 수 있도록 실제 건설현장과 유사하게 만든 체험교육장으로 근무 현장에서 일어날 수 있는 각종 안전사고유형을 VR콘텐츠와 구조물 등을 통해 간접 체험할 수 있는 환경을 제공한다.

그림 15. 안전벨트 매달림 안전체험교육 시연



* 출처: 서울경제 (2021)

발전분야 공기업의 실감형 콘텐츠 개발을 통한 안전사고 예방교육 추진 사례가 늘어나고 있다. 발전분야 특화 VR 콘텐츠 및 하드웨어 장비를 통하여 산업현장의 작업자 외에 일반 국민들을 대상으로 하는 체험형 안전교육을 안전체험관 구축 등의 방법을 통해서 제공하고 있다. 공통적인 사항으로는 VR 등으로 구현한 콘텐츠에 안전사고 상황에 대한 실감도를 높이기 위해 미리 설치된 사용자 탑승형 혹은 착용형 구조물을 같이 사용하여 안전교육을 진행하는 방식을 적용하고 있다. 발전사별로 추진 내역을 살펴보면 다음과 같다.

한국동서발전은 산업재해 발생 비율이 높은 추락, 감전 등의 안전사고 관련 안전체험교육 콘텐츠와 모션 시뮬레이터를 기반으로 당진발전본부에 안전체험관을 구축하였다. 또한 인공지능(AI) 기술을 활용해 발전소 현장의 숨은 안전 위험 요소를 찾아내는 '현장 감독자용 안전관리 실습평가 VR 콘텐츠'를 개발하였다. AI 기술로 체험자의 음성과 동작을 인식하는 맞춤형 콘텐츠 형태로 현장 감독자의 안전 역량 향상에 도움을 준다.

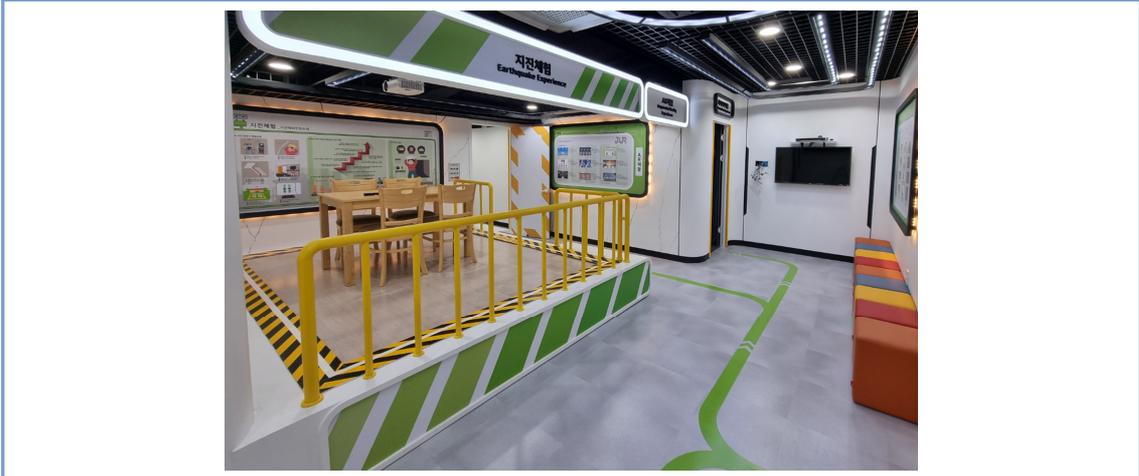
그림 16. VR기반 안전사고 예방 콘텐츠 체험



* 출처: 한국동서발전 공식블로그 (2021)

한국서부발전은 지진대피 체험존, AR콘텐츠 체험존, 화재 미로 대피 체험존 등 실감콘텐츠를 활용한 생활안전 체험관을 평택발전본부에 구축하였다. VR 기술 도입 외에 온라인으로 실제 설비와 유사한 가상공간을 자유롭게 이동하며 설비 고장 등 여러 가지 돌발 상황에 대비한 교육훈련이 가능하도록 메타버스 플랫폼 개발을 시도하기도 하였다. 메타버스 플랫폼은 360도 파노라마 고화질 실사 영상을 바탕으로 메타버스 공간에 발전소 현장을 구현한 것이다. 이러한 VR 관련 기술 도입과 메타버스 플랫폼 개발은 기존 전통적인 교육훈련 방식의 사용 접근성 등의 약점을 보완하려는 시도로 볼 수 있다.

그림 17. 생활안전체험관 내 지진대피 체험존



* 출처: 대한안전교육협회 공식블로그 (2022)

한국중부발전은 발전소 현장에서 발생할 수 있는 작업 중 이동식사다리 추락, 석탄취급설비 작업시 협착 등의 사고를 모션 시뮬레이터와 연동하여 안전사고 상황을 실감있게 체험할 수 있는 VR기반 안전체험교육시스템을 개발하였다. 또한 아파트 화재, 코로나 감염병 바이러스 차단 마스크 교정 체험 등의 내용도 포함되어 있다.

그림 18. VR기반 아파트 화재사고 안전체험



* 출처: 전기신문 (2021)

한국남부발전은 안전사고 발생시 안전보호구 착용 여부에 따라 결과가 어떻게 달라지는지를 VR기반으로 체험할 수 있는 시스템을 하동발전본부 내 안전문화교육관에 구축하였다. 체험자를 구조물을 통해 실제 들어 올려 고소작업과 유사한 환경을 만든 뒤 추락안전사고가 발생하는 상황을 가정해 낙하시킴으로써 안전보호구 착용의 중요성을 체험교육받도록 하는 내용을 담고 있다.

그림 19. VR기반 안전보호구 체험교육

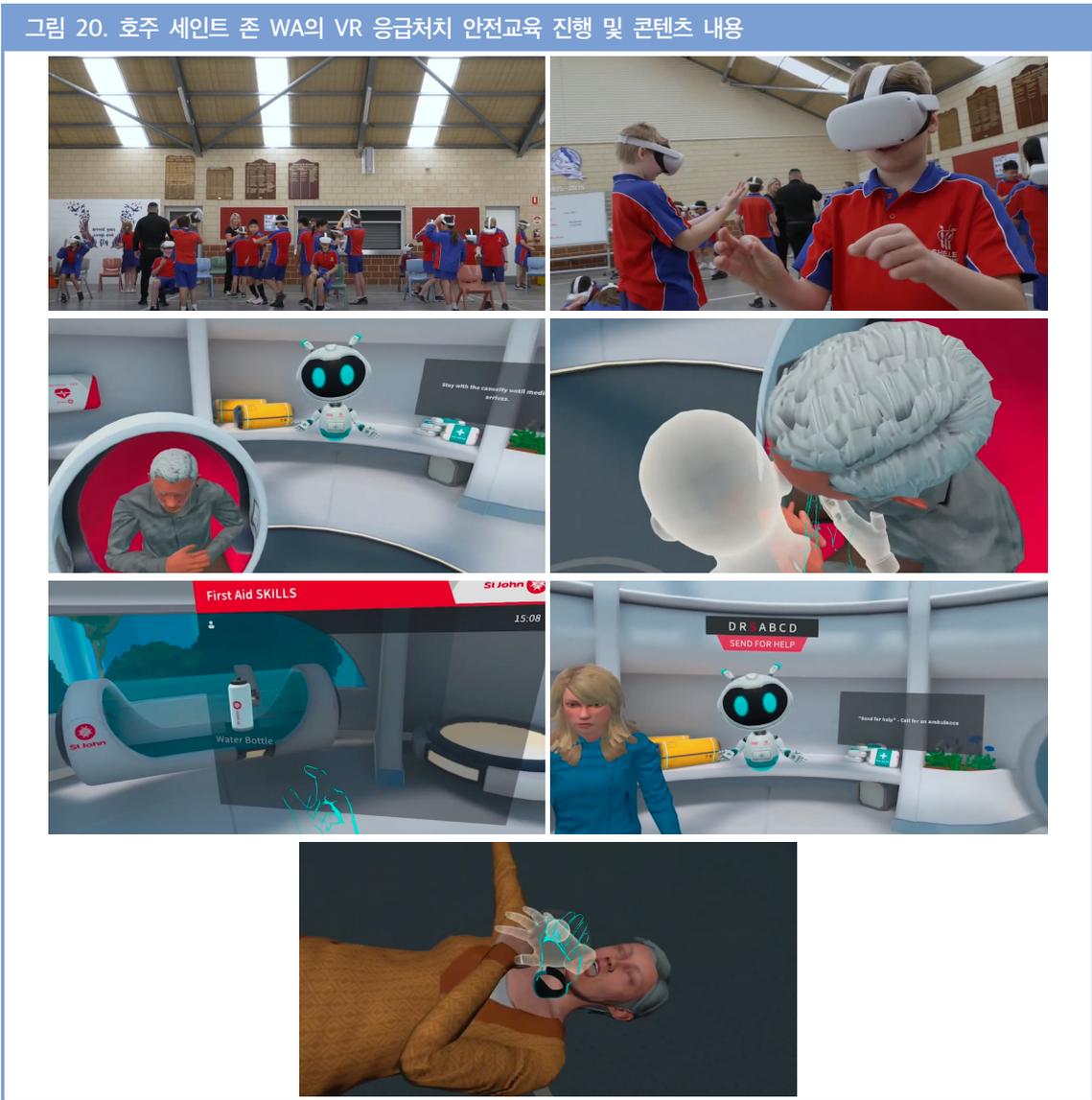


* 출처: 전기신문 (2019)

국외 기술개발을 통한 서비스 동향은 다음과 같다.

비영리단체인 호주 세인트 존(St John WA)은 셸리 초등학교(SHELLEY primary school) 등에서 응급처치 VR 안전교육 콘텐츠로 학생들이 가상 세계에서 응급처치 관련 행동요령 등을 체험할 수 있는 교육 서비스를 진행하였다. 학생들이 가상캐릭터로 만들어진 환자와 상호작용하며 도움을 제공하거나 도움을 타인에게 요청하는 방법을 배우는 시나리오가 콘텐츠에 포함되어 있다. Meta Quest(퀘스트) HMD를 착용한 학생들은 진행 강사의 지도하에 행동에 제약이 없는 강당 등의 넓은 공간에서 주어진 시나리오(예: 탈수증 의심이 보이는 환자를 만났을 경우의 행동 요령 등)로 가상공간에서 응급처치 관련 체험교육을 받는 방식이다. 학생들은 가상캐릭터 등과의 상호작용 및 VR 체험진행 방식에 흥미를 보여 교육 몰입도가 높다.

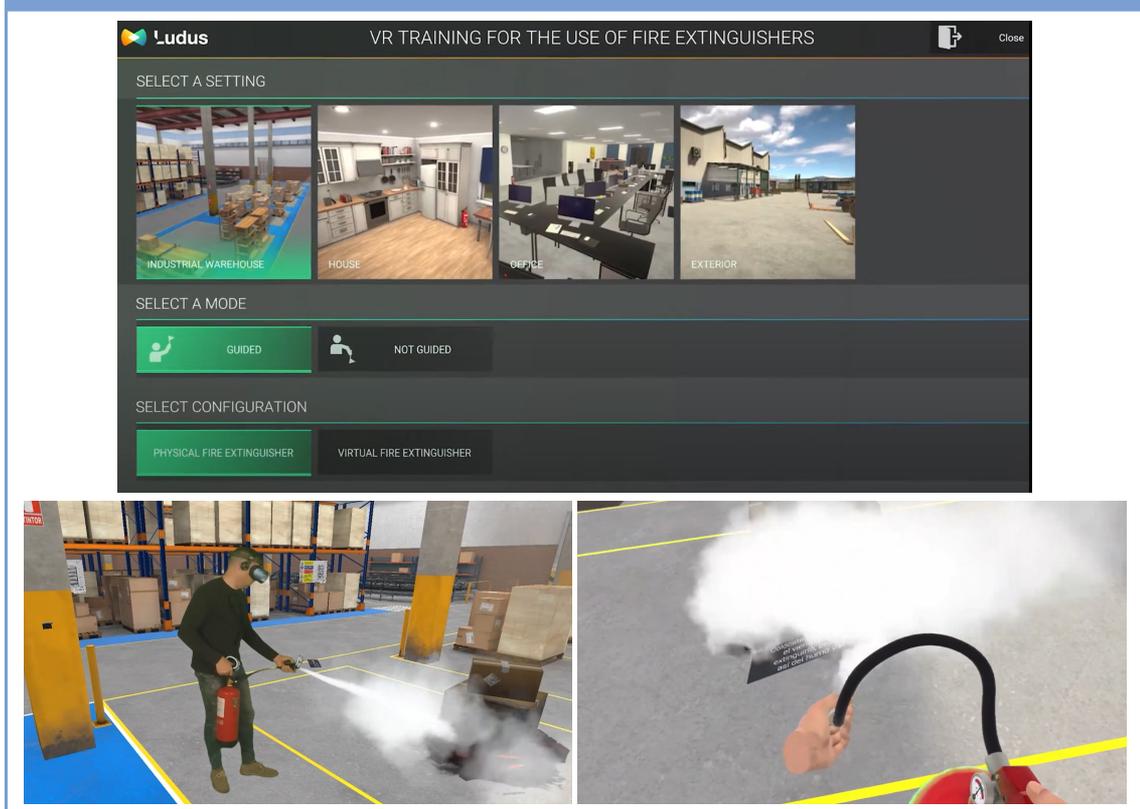
그림 20. 호주 세인트 존 WA의 VR 응급처치 안전교육 진행 및 콘텐츠 내용



* 출처: St John WA 홈페이지

스페인에 본사를 둔 루두스(Ludus Global)는 VR 기반의 소화 훈련 안전교육 콘텐츠를 개발하였다. 산업 현장 등에서 다양한 화재 상황이 발생할 경우에 대비하여 소형 화재인 경우에 소화기를 사용하여 불을 끄는 방법을 사용자에게 가상공간에서 교육시키는 과정을 적용한 것이다. 소화 훈련 교육을 진행할 임의의 가상공간을 몇 가지 범위에서 선택할 수 있으며 1인용 혹은 보조자 동반 교육 방식 중에서 고르는 환경도 제공한다. 소화기를 사용하거나 HMD 컨트롤러를 사용하여 체험하는 두 가지 체험방식도 제공한다. 최종적으로 시나리오 상에서 진행한 절차와 사용자가 습득한 기술/지식을 간단히 평가하는 기능도 포함하고 있다.

그림 21. 루두스의 VR소화 훈련 안전교육 콘텐츠



* 출처: Ludusglobal 홈페이지

루두스는 건물 내 화재발생 시 학생들이 화재 발생을 알리고 화재 호스 캐비닛(Fire Hose Cabinets)을 사용하여 화재를 진압하는 VR 기반 화재 안전교육 콘텐츠도 개발하였다. VR 체험교육을 통해 급작스러운 화재 진행과 같은 스트레스 받는 상황에 학생들이 익숙해지고 안전사고 대응에 대한 심리적 불안감을 줄일 수 있다. 학생들은 가상으로 화재 호스 캐비닛을 사용하여 화재를 진압하기 위해 화재 안전 대응 프로토콜의 단계를 따라가는 상황을 가상공간에서 체득하게 된다.

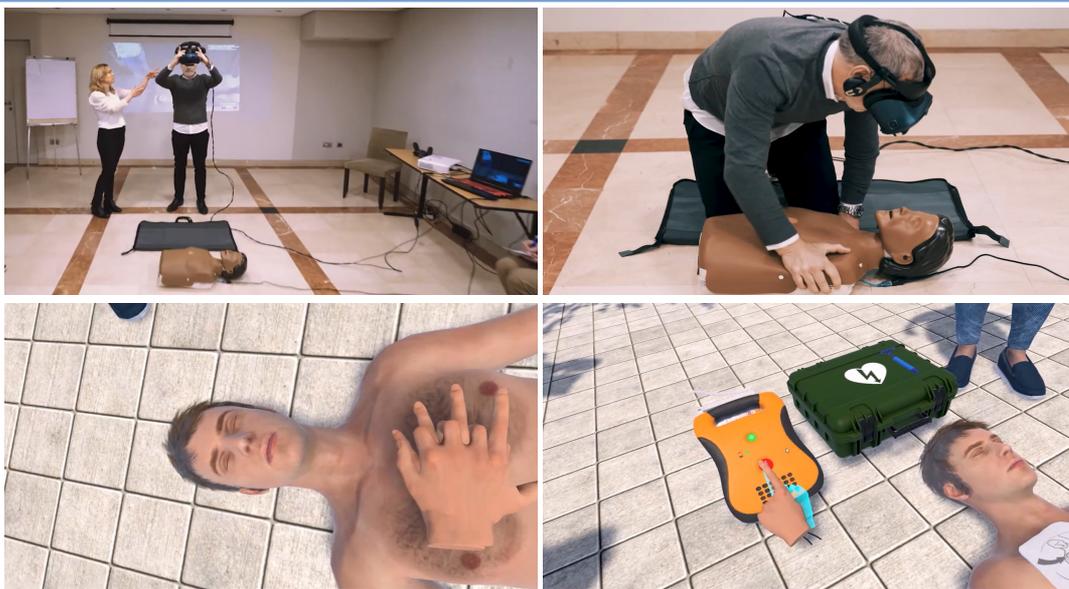
그림 22. 화재 호스 캐비닛 사용 VR 화재 안전교육 콘텐츠



* 출처: Ludusglobal 홈페이지

또한 루두스는 VR 기술과 다중 센서가 장착된 인터랙티브 버디(buddy)를 결합한 CPR(심폐소생술, cardiopulmonary resuscitation) 안전교육 콘텐츠를 개발하였다. 가상 역할극이 적용된 시나리오가 콘텐츠에 적용되었으며, 의료인이 아닌 일반 사용자가 실제 긴급상황을 직면했을 때 당황하지 않고 응급처치 행위를 결정하고 수행하도록 돕는다.

그림 23. CPR VR 안전교육 콘텐츠



* 출처: Ludusglobal 홈페이지

캐나다 Melcher Studios는 VR 시뮬레이션 기술을 통한 제설차 안전운행 교육 콘텐츠를 개발하였다. 실물 크기 제설기 차량 시뮬레이터와 폭설의 상황을 VR로 재현한 콘텐츠를 결합하여 안전운행 교육 콘텐츠를 제작한 것이다. 특징으로는 제어관련 모듈들의 위치를 표준 제설기 운전실 레이아웃과 거의 일치한 부분이다.

그림 24. 제설차량 안전운행 교육 콘텐츠



* 출처: Melcher Studios 홈페이지

일본 NEXCO(중일본고속도로주식회사, Central Nippon Expressway Company Limited)는 제설차량 운전자 안전교육훈련을 목적으로 VR 시뮬레이터와 콘텐츠를 개발하였다. 실제 차량 운행에 가까운 감각으로 교육훈련을 진행하기 위해 고속도로 도로 환경을 가상으로 재현하고 주행 위치의 정확성과 차간 거리 등 필요한 기능을 적용하였다. 1인 혹은 최대 3인이 동시에 시뮬레이터 연동 구동을 통해 교육훈련을 받을 수 있다. 날씨 환경 변경 설정 등이 가능하고 운전체험 시나리오를 바탕으로 제설 차량을 운전해 기지에서 출발하는 주행 등을 경험할 수 있다.

그림 25. NEXCO의 제설 훈련교육 콘텐츠 및 시뮬레이터



* 출처: NEXCO 홈페이지

2.3 실감형 안전교육 콘텐츠 관련 정책 동향

실감형 안전교육 콘텐츠 개발과 관련성 높은 정부 정책 추진 내역을 간략히 정리하면 다음과 같다. VR·AR 요소기술/핵심부품/디바이스/콘텐츠 개발 등의 사업을 범부처(과기정통부, 문체부, 산업부 등) R&D로 2018년부터 2020년까지 약 2,440억원을 투자하여 진행하였다. 또한 혁신성장동력 13대 분야 중 하나로 선정('17.12.)하여 가상·증강현실 혁신성장동력 프로젝트 사업단 R&D를 추진하였다. 5G 상용화를 계기로, VR·AR 관련 육성전략인 5G+ 전략 수립('19.4) 및 실행계획을 발표('19.6)하였으며, 5G+ 전략의 15대 핵심산업 안에는 실감 콘텐츠와 VR·AR 디바이스 내용이 포함되어 있다. 콘텐츠산업 3대 혁신전략('19.9), 실감콘텐츠산업 활성화전략 등도 추진되었다.

사업 범위로 한정해 살펴보면 실감교육 콘텐츠 저변확대 및 국내 기업의 경쟁력 제고를 위해 '실감교육 콘텐츠 개발지원사업'이 수행되었다. 실감교육 콘텐츠 현장 적용 및 활용을 위한 상호작용이 가능한 체험 중심의 콘텐츠 개발을 목적으로 하고 있으며, VR/AR 실감교육 콘텐츠 기술 적용이 가능한 디지털콘텐츠 및 서비스 개발 기업을 지원하였다. 같은 맥락으로 우수 실감콘텐츠 발굴과 지원을 통한 산업역량 강화 및 시장 활성화 목적으로 '실감콘텐츠 제작지원 사업'도 진행되었다.

실감형 안전교육 콘텐츠 개발과 관련한 정부의 주요 정책 추진 내용을 정리하면 다음과 같다.

표 3. 실감형 안전교육 콘텐츠 관련 주요 정부 정책

관련 주요 정부 정책	핵심 내용
제4차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획 (2023), 2023년도 범정부 시행계획(안) (국가과학기술자문회의, 관계부처 합동)	<ul style="list-style-type: none"> - '제4차('23~'27) 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획' 수립('22.12.14.)에 따른 21개 관계부처의 2023년도 시행계획을 종합 수립 - 제4차 종합계획('23~'27)과 연계한 범정부 재난안전 임무 중심형 기술개발 중점 추진 - 재난안전 현장과 국민이 원하는 문제해결(임무 중심형)에 기술개발 성과가 실용적으로 활용될 수 있도록 추진 - 주요 전략으로 1)현장 임무 중심의 촘촘한 대응체계 구축 2)일상이 안전한 국민 행복 및 촘촘 R&D 3)첨단과학을 활용한 미래사회 위기 극복
메타버스 신산업 선도전략(2022) (관계부처 합동)	<ul style="list-style-type: none"> - 글로벌 메타버스 시장 선점을 위한 대규모 지원정책 추진 - 주요 전략으로, 1)세계적 수준의 메타버스 플랫폼에 도전 2)메타버스 시대에 활약할 주 인공 육성 3)메타버스 산업을 주도할 전문기업 육성 4)국민이 공감하는 모범적 메타버스 구현 등 4대 추진전략과 24개 세부과제 발표
디지털미디어 콘텐츠 산업혁신 및 글로벌 전략(2022) (관계부처 합동)	<ul style="list-style-type: none"> - OTT 글로벌 성장 지원, 메타버스 집중육성을 통한 신시장 선점 - 디지털 매체 혁신 중심지 조성 및 인재 양성 등 산업혁신 기반 마련 추진
가상융합경제 발전전략(2020) (관계부처 합동)	<ul style="list-style-type: none"> - 경제사회 전반에 가상융합기술 활용 확산을 지원하기 위한 3대 세부 전략과 12대 과제 선정 - 3대 세부 전략은 1)경제사회 전반의 XR활용확산 2)선도형 XR인프라 확충 및 제도 정비 3) XR기업 세계적 경쟁력 확보 지원임 - 교육훈련 분야에서의 XR세계경제 파급효과 ('19)88억달러→('25)907억달러(PWC, '19.11.)로 예측
가상·증강현실 (VR·AR) 분야 선제적 규제혁신 로드맵(2020) (관계부처 합동)	<ul style="list-style-type: none"> - VR·AR의 기술발전과 분야별 서비스 적용·확산 시나리오를 예측하고, 이에 선제적으로 대응하는 단계적 규제혁신 로드맵 구축 - VR·AR 기술발전 및 적용 확산 시나리오 안에 'VR 재난안전 교육', 'AR 기반 시설점검', '체험형 VR 시뮬레이션' 등이 포함 - 규제 이슈 발굴 및 개선 추진, 규제개선 세부과제 도출

관련 주요 정부 정책	핵심 내용
실감콘텐츠산업 활성화 실행계획(2020) (과학기술정보통신부)	<ul style="list-style-type: none"> - 국방/문화/교육/산업 등 공공부문에서 선도적으로 실감콘텐츠 대규모 프로젝트 추진 - 홀로그램과 VR·AR 디바이스 등 핵심기술 개발과 5G 실감콘텐츠 제작·테스트 인프라 구축 및 운영 - 중소·벤처기업 성장지원 펀드를 조성하고 규제 개선과 실감콘텐츠 전문 인재 양성 확대
5G 시대 선도를 위한 실감콘텐츠산업 활성화 전략(2019~2023) (과학기술정보통신부, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> - 대규모 실감프로젝트(XR+공공서비스·산업·과학기술) 추진을 통해 실감콘텐츠 신시장 창출 지원 - 홀로그램 3대 분야 실증과 VR 쇼핑, AR 피팅이 가능한 '동대문 실감쇼핑몰 프로젝트' 등 추진 - 홀로그램분야 5대 핵심기술 및 초경량·광시야각, 무선충전 등 AR 디바이스 핵심기술 개발 추진 - 5G 초기시장 선점이 가능한 5G 실감콘텐츠 3대 분야 선도과제 제작 지원 - 실감콘텐츠 초기기업 성장 지원과 해외진출·신시장 개척 지원을 위해 '초기기업 지원', '해외진출 지원' 펀드 운영
콘텐츠산업 3대 혁신전략 (관계부처 합동, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> - 선도형 실감콘텐츠 성장에 따른 미래성장동력 확보 추진 - 공공·서비스산업·과학기술분야 실감콘텐츠 혁신을 위한 "XR+α" 프로젝트 추진
가상현실 산업육성 계획 (관계부처합동, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> - VR 신시장 창출 및 확산, VR 거점조성, 글로벌 역량 강화 방안 및 생태계 기반 조성 추진

* 출처: 한국콘텐츠진흥원 (2023), 전면재가공 및 추가/수정

실감형 안전교육 콘텐츠 개발과 관련성 높은 해외 주요국 정책 추진 내역은 다음과 같다.

미국은 '연방 VR·AR Program'을 통해 교육·국토·국방·재난·의료 등 분야에서 R&D 및 서비스(예: VR 교육훈련 플랫폼, 퇴역군인 대상 원격 가상병원 등)를 지원 중이다. 특히 미국 정부는 재난 관련 업무에 다양한 데이터와 시뮬레이션 기술을 활용하도록 권고하고 있다. 다양한 연방정부 데이터를 공유하고 활용해 대규모 데이터 분석, 세밀한 고해상도 모델링과 시뮬레이션을 공공 보건이나 재난 대응 등에 활용할 수 있다.

유럽연합은 'Horizon 2020' 연구 프로젝트 중 하나로 VR·AR을 선정하였고, 'Industry 4.0(독일)'에서 VR을 9대 기술 중 하나로 지정하였다. 영국은 몰입형 기술에 5,800만 유로 투자(2018~2019) 및 세액공제를 지원한 바 있다.

영국연구혁신기구(UKRI)는 과학기술 중심의 사회문제 해결 등을 위하여 재난안전 관련 분야 등 5가지 전략적 주제를 설정하였다. 'UKRI strategy 2022 to 2027(2022.3)'의 5가지 전략은 1)녹색 미래 구축, 2)더 나은 건강, 노화 및 복지 확보, 3)전염병 대처, 4)안전하고 사회회복력 있는 세상 구축, 5)기회 창출 및 결과 개선 등이다.

일본은 '2030 미래를 여는 전략기술' 중 하나로 VR·AR을 선정하였고, 'VR Techno Japan' 정책을 통해 민관 협업 2,000억원 규모 펀드를 조성하였다. 중국은 9대 전략형 신흥산업의 하나로 Digital Creative 산업을 선정, VR·AR 활용 R&D 투자를 강조하고, 5G 산업개발 실행계획을 통해 VR·AR 활용 프로그램을 추진하였다.

2.4 실감형 안전교육 콘텐츠 관련 연구 동향

실감형 안전교육 콘텐츠 개발과 관련한 연구 동향은 다음과 같다. 미국 국토안보부 소속 기관인 FEMA(Federal Emergency Management Agency, 미국 연방 재난 관리청)는 시나리오 기반 교육훈련을 통해 홍수와 같은 재해위급상황 발생 시 지역 담당 공무원의 의사결정을 지원하는 솔루션인 'Immersed'를 개발하였다. 홍수 상황을 가상현실로 재현하여 지역 사회의 피해를 사전 평가하고 홍수피해 예방에 대한 사전 시뮬레이션 교육이 가능하다. 미국에서 홍수는 흔한 자연재해로 지역 공무원이나 지역 주민들을 가상의 홍수위기 상황에 놓이게 하여 지역 사회의 피해를 사전경험하게 하고 미리 안전대비했을 때 발생하는 이점을 가상으로 체험하게 만드는 것이다.

그림 26. FEMA Immersed 가상현실 화면



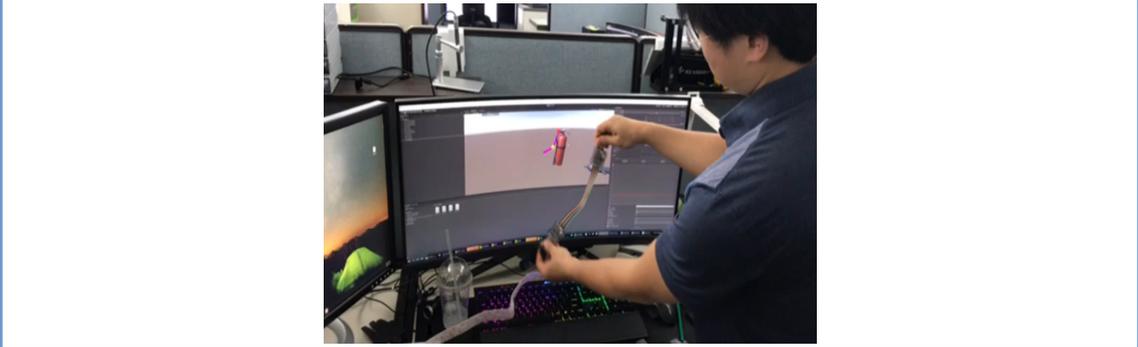
* 출처: Global Disaster Preparedness Center (2019)

Immersed 최초 버전은 Unity로 구축되었으며 HTC vive 계열 HMD를 통해 체험가능하다. 일반 사용자 보급을 위해 Google Play 및 Apple App Store에서 다운로드 가능한 앱 버전 형태로 구현을 시도하기도 하였다.

ETRI 콘텐츠연구본부에서는 '생활안전 체험교육을 위한 실감형 콘텐츠 기술개발' 연구과제를 수행하였다. 생활안전 사고현장의 환경적인 특성, 안전사고 관련 체험교육을 받는 사용자의 선호도 및 개인 프로필 정보에 따른 난이도, 그리고 생애주기 단계 등에 따라 맞춤형 실감체험교육 콘텐츠 및 탐승형/착용형 오감시뮬레이터 기술 등을 개발하는 과제다. 개발 중인 핵심요소 기술로는 가상객체와 실제 사용자 간 상호작용 기술, 사용자 모션/제스처 인식 기술, 그리고 사용자 프로필 분석 기술 등이며, 범용 햅틱 피드백 모듈, 오감 시뮬레이터 등의 모듈 단위 하드웨어 기술개발도 병렬로 진행된다.

연구과제에서 가상객체와 사용자 간 상호작용 기술은 가상 환경 내에서 사실적인 체험을 위해 사용자 신체 부착형 모듈, 혹은 사용자 이동형 장비(예: 햅틱소화기 시뮬레이터 등) 등을 사용하여 얻어지는 데이터 처리를 바탕으로 가상-실공간 융합 가시화, 오감 가상 피드백 등의 결과를 얻는 기술을 말한다. 실제 다양한 소화기(분말 소화기, 이산화탄소 소화기 등)를 야외에서 분사하면서 얻은 데이터를 바탕으로 햅틱 피드백 알고리즘 구현과 이를 설계 제작에 반영한 햅틱소화기 시뮬레이터 등이 개발되었고, 현실에 가깝게 사실성을 높인 가상공간 내 상호작용을 위한 사용자 신체 부착형 범용 햅틱 감각 제공 모듈 장치가 개발되었다.

그림 27. 개발된 이동형 장비 모듈 부품 테스트



* 출처: 권승준 (2022)

사용자 모션/제스처 인식 기술은 기존 HMD에 종속된 컨트롤러 기반의 상호작용 이벤트 처리 방식을 딥러닝 기반의 실시간 인식 기술 적용으로 컨트롤러 없이 실/가상 객체간의 직관적이고 자연스러운 이벤트 처리 방식으로 구현한 것이다. 여기에 상황인지 기술을 접목하여 가상콘텐츠 진행 시나리오에서 사용자가 가상객체와 상호작용하는 scene 안의 체험 몰입도를 더욱 높일 수 있게 된다.

그림 28. 개발된 이동형 장비 모듈 등을 이용한 가상-실공간 융합 가시화 처리, 오감 가상 피드백 데모 : 햅틱소화기 시뮬레이터를 이용한 소화화재체험(좌), 오감시뮬레이터를 이용한 승강기 안전교육체험(우)



* 출처: ETRI 콘텐츠연구본부, 행정안전부

그림 29. 개발된 복합안전교육용 오감시뮬레이터를 이용한 보행안전교육 콘텐츠 데모



* 출처: ETRI 콘텐츠연구본부, 행정안전부

사용자 프로파일 기술은 실감형 안전교육 콘텐츠를 체험교육 받으러 온 교육훈련자의 속성에 맞춰 기존과는 다른 화면 구성과 장면 등이 제공되는 가변 콘텐츠 형태로 만드는 기술로 안전체험교육관과 같은 현장에 적용되는 콘텐츠 사용주기를 효과적으로 늘릴 수 있다.

III. 결론

1. 맺음말

일상 속에서의 생활안전사고, 대형 재난·재해 등의 증가로 안전예방 및 안전사고예측 관련 기술개발과 서비스에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한 본문에서 다룬 많은 국내외 시장동향 조사기관 등에서 관련 제품군 및 서비스에 대한 수요가 더욱 증가할 것으로 예측한다. 안전분야에 특화된 기술개발 및 시스템 구축 사례도 많다. 특히 안전사고에 대한 초기 예방교육 활동 및 체험관련 기술개발과 서비스는 계속해서 관심의 대상이 되고 있다.

안전사고 상황과 주변 환경을 실제와 똑같이 만들어서 교육훈련자로 하여금 직접 체험하게 하는 방식은 경제성, 접근성 문제와 함께 위험성이 존재하기 때문에 최대한 실제와 유사하게 안전사고 상황과 환경을 가상 혹은 증강현실 등의 기술로 재현하고 실제 감각과 똑같은 체감 정보를 전달하는 안전교육훈련분야의 실감형 콘텐츠 기술개발이 필요하다. 이를 통해 안전사고를 시뮬레이션 가능하고 가상경험을 가지게 함으로써 안전사고에 대한 위험 인식을 높이는 동시에 해당 위험 상황을 피하는 것과 관련한 행동요령을 쉽게 체득하게 된다. 이것은 교육훈련자 입장에서 안전사고와 유사한 경험을 가상으로 제공받아 사고에 대한 경각심을 높이고 안전사고 상황별 다양한 시나리오에 따라 체계적인 교육훈련을 몰입도 있게 받을 수 있기 때문에 가능하다는 의미이다.

국민생활안전 문체해결에 실질적으로 도움이 되는 안전예방교육 및 체험교육활동의 관점에서 교육효과가 높고 경제성 있는 다양한 실감형 안전교육 콘텐츠와 이를 운용하기 위한 고도화된 시뮬레이터 등에 대한 지속적인 연구개발이 이루어지길 기대하며 본 기고를 마치고자 한다.

저자소개 권승준(Kwon Seung Joon)

• 학력

서울대학교 지구환경시스템공학 석사
인하대학교 토목지리정보공학 학사

• 경력

現한국전자통신연구원 책임연구원

참고문헌

〈국내문헌〉

- 1) 과학기술정보통신부. (2020). 가상·증강현실 (VR·AR) 분야 선제적 규제혁신 로드맵.
- 2) 과학기술정보통신부. (2022). 2021 국외 디지털콘텐츠 시장조사.
- 3) 국가과학기술자문회의. (2023). 제4차 재난 및 안전관리 기술개발 종합계획 2023년도 범정부 시행계획(안).
- 4) 권승준 (2022). 가상현실·증강현실을 이용한 안전교육 동향과 관련 주요 개발 기술. 재난안전 제24권 제3호.
- 5) 권승준·최영재·서상우·김우석·강남규. (2022). 맞춤형 안전교육 콘텐츠 제공을 위한 사용자 프로파일링에 관한 연구. 한국디지털콘텐츠학회 종합 학술대회 (하계) 2022, pp.195-197.
- 6) 산업경제리서치. (2021). 메타버스(Metaverse), XR(VR, AR, MR) 글로벌 생태계 동향 및 기술, 연구 개발 현황과 NFT(대체 불가능한 토큰) 주요 프로젝트.
- 7) 씨에치오 얼라이언스. (2023). 2023년 XR(VR/AR/MR), 메타버스(Metaverse) 기술, 시장 동향과 비즈니스 전략.
- 8) 연구개발특구진흥재단. (2021). 글로벌 시장동향보고서 2021.05 햅틱 기술 시장.
- 9) 정보통신기획평가원. (2020). ICT R&D 기술로드맵 2025.
- 10) 중소기업기술정보진흥원 (2023), 웹진 2023.04.
- 11) 최영재·권승준. (2022). 확장현실(XR)과 시뮬레이터를 이용한 경제적이고 효율적인 실감형 생활안전 체험교육 및 훈련콘텐츠 제작 방법 제안. 한국통신학회 종합 학술 발표회 (하계) 2022, pp.1-2.
- 12) 한국과학기술기획평가원. (2022). 과학기술인재정책 동향리포트 2022년 제4호.
- 13) 한국정보통신기술협회. (2015). ICT EXPERT INTERVIEW. TTA Journal Vol.162.
- 14) 한국콘텐츠진흥원 (2023). 실감콘텐츠산업 실태조사 및 중장기 전략연구.

〈국외문헌〉

- 1) Global Disaster Preparedness Center. (2019). Immersed: a VR experience about flood and resilience.
- 2) Grand View Research. (2019). Public Safety and Security Market Analysis Report.
- 3) International Data Corporation. (2023). Worldwide Quarterly Augmented and Virtual Reality Headset Tracker.
- 4) Marketsandmarkets. (2021). Haptic Technology Market.
- 5) Verified Market Research. (2023). Global Augmented And Virtual Reality In Education Market Size By Offering (Solutions, Services), By Deployment Model (Cloud, On-Premises), By Application (K-12, Higher Education), By Geographic Scope And Forecast, Report ID: 353821, Published Date: Aug 2023, No. of Pages: 202.

참고문헌

〈기타문헌〉

- 1) 대한안전교육협회. <https://safetykorea.or.kr/>
- 2) 목동재난체험관. <https://www.mokdongdstc.com/program/natural-disaster-vr-experience>
- 3) 스코넥 엔터테인먼트. <https://www.skonec.com/>
- 4) Ludusglobal. <https://www.ludusglobal.com/>
- 5) Melcher Studios. <https://www.melcher.ca/>
- 6) Nexco 中日本. <https://www.c-nexco.co.jp/>
- 7) St John WA. <https://stjohnwa.com.au/>
- 8) 대한민국 정책브리핑 (2015), 안전교육 의무화!... '안전혁신 마스터플랜' 들여다보니. <https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148793563#policyNews> (04.08.)
- 9) 대한안전교육협회 (2022), 서부발전 평택체험장을 소개합니다!. 대한안전교육협회 공식블로그, <https://m.blog.naver.com/ksea1004/222810029928> (07.14.)
- 10) 데이터넷. (2023). 한국소방안전원, 교육생 직접체험 가능 실감형 AR 콘텐츠 앱 개발. <https://www.datanet.co.kr/news/articleView.html?idxno=185760> (07.27.)
- 11) 문화경제 (2016), 가상현실 활용한 재난교육 콘텐츠 개발. https://m.weekly.cnbnews.com/m/m_article.html?no=119192 (07.08.)
- 12) 서울경제 (2021), 도로공사 EX-안전트레이닝센터 2호 개소. <https://m.sedaily.com/NewsView/22MCF3RO2L#cb> (05.13.)
- 13) 원자력신문 (2023), 한전 전력연구원, '초실감 안전교육 훈련시스템 테스트베드' 구축. <https://www.knpnews.com/news/articleView.html?idxno=30135> (09.13.)
- 14) 전기신문 (2019), (체험기) 안전문화교육관에서 체험형 교육 통해 배운 '안전'. <https://www.electimes.com/news/articleView.html?idxno=186975> (09.30.)
- 15) 전기신문 (2021), 중부발전, 가상현실 기반 국민 안전체험 시스템 고도화. <https://www.electimes.com/news/articleView.html?idxno=216776> (05.06.)
- 16) 전자신문 (2023). SKT, 첨단 VR·AR 적용 안전체험교육관으로 작업자 안전 지킨다. <https://www.etnews.com/20231026000101> (10.26.)
- 17) 정보통신기획평가원 (2022), [이슈분석 211호] 메타버스 최근 동향과 시사점. S&T GPS, https://now.k2base.re.kr/portal/issue/ovsealssued/view.do?poliIssueId=ISUE_000000001007&menuNo=200046 (03.31.)
- 18) 한국동서발전 (2021), 동서발전, 가상현실 콘텐츠 활용 안전체험교육 확산. 한국동서발전 공식블로그, <https://blog.naver.com/PostView.naver?blogId=iamewp&logNo=222265326074> (03.05.)



융합연구리뷰
Convergence Research Review

2024 January Vol. 10
No. 01



3

국가R&D 현황 분석

3. 국가R&D 현황 분석

I. 디지털 트윈 기술 기반 홍수 예측 시스템

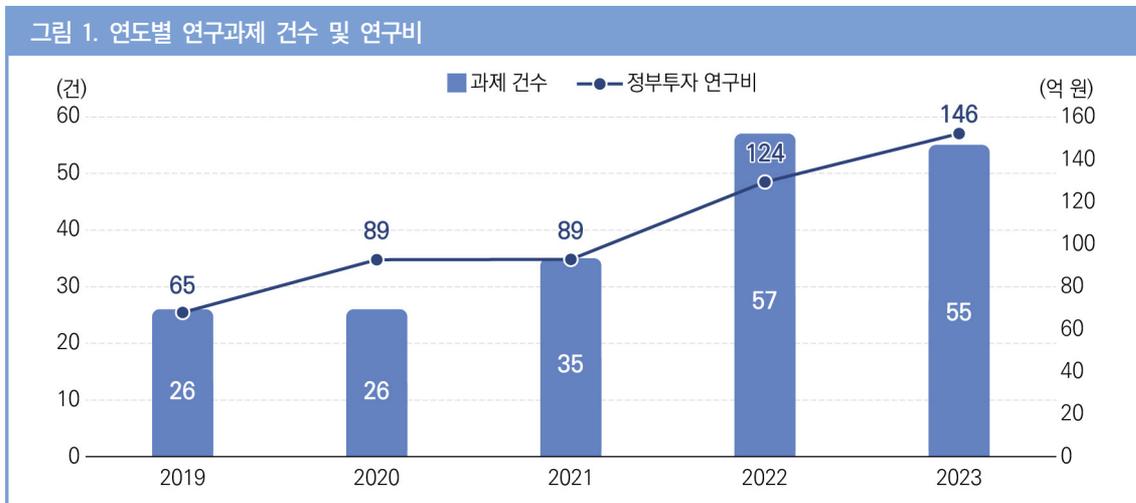
■ **(총괄)** 최근 5년간('19~'23) 총 199건의 과제에 대해 512억 원의 연구비가 투자됨

※ 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 플랫폼을 기반으로 관련 국가 연구개발 과제 분석 수행 : 핵심 키워드인 '홍수 예측', '홍수 디지털트윈*'으로 검색**

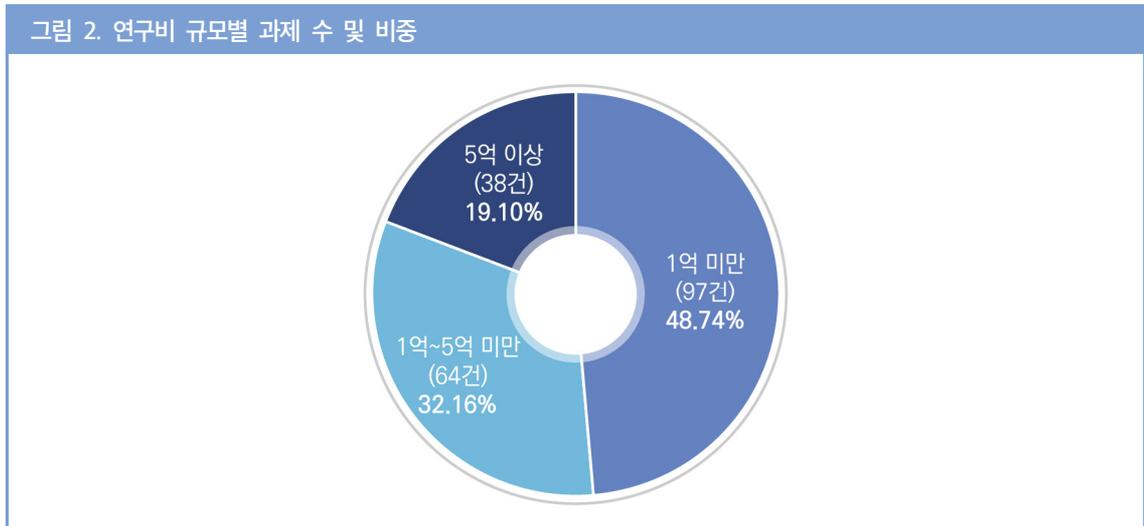
* IoT, 디지털트윈, AI 중 본문에서 중점적으로 다룬 디지털트윈에 초점

** 각 검색어 간 거리를 5단어 이내로 제한

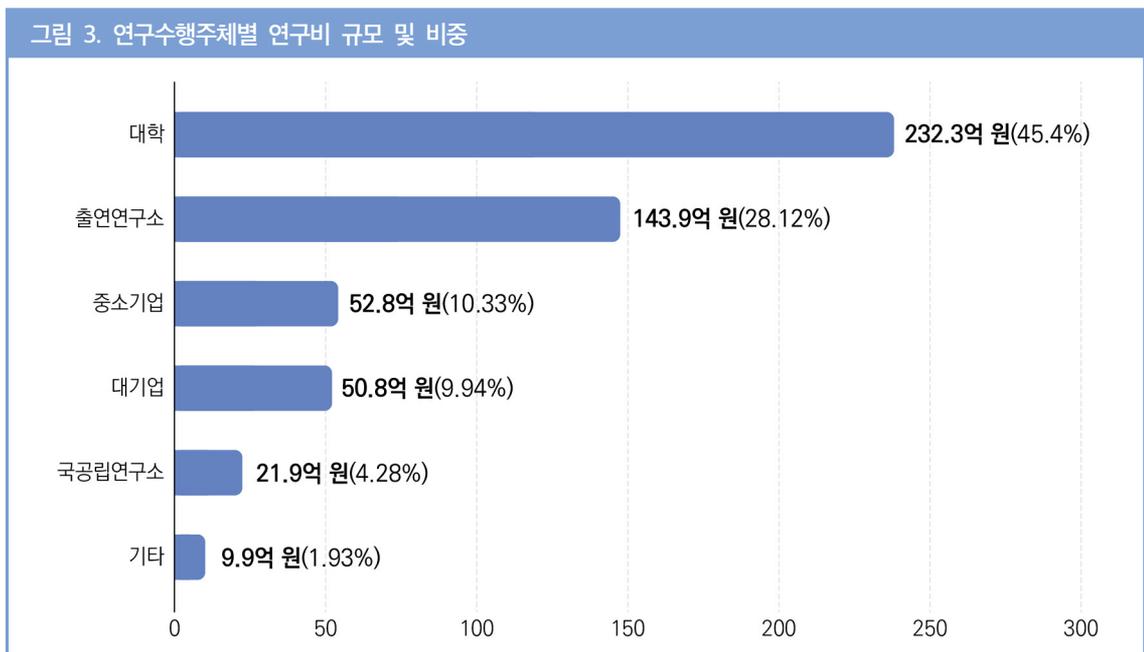
그림 1. 연도별 연구과제 건수 및 연구비



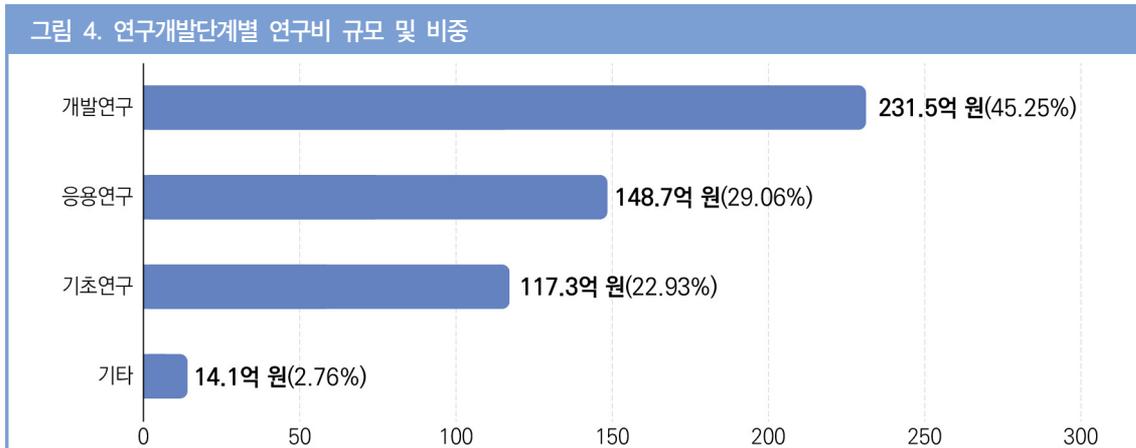
- **(연구비 규모별 과제 수)** 연구비가 1억 원 미만인 과제가 48.74%(97건)로 가장 큰 비중을 차지하고, 1억 원 이상 5억 원 미만인 과제가 32.16%(64건), 5억 원 이상 과제는 38건(19.1%)의 비중을 차지함



- **(연구수행주체)** 디지털 트윈 기술 기반 홍수 예측 시스템 관련 총 연구비 중 대학이 지원을 받는 연구비의 비중이 45.4%(232.3억 원)로 가장 크고, 출연연구소(28.12%, 143.9억 원), 중소기업(10.33%, 52.8억 원), 대기업(9.94%, 50.8억 원), 국공립연구소(4.28%, 21.9억 원) 순으로 많은 연구비를 지원받고 있음



- **(연구개발단계)** 개발연구에 투자되는 연구비 비중(45.25%, 231.5억 원)이 가장 크고, 응용연구(148.7억 원, 29.06%), 기초연구(117.3억 원, 22.93%) 순으로 연구비 비중이 큰 것으로 확인됨



- **(연구분야)** 디지털 트윈 기술 기반 홍수 예측 시스템 관련 연구비는 국가과학기술표준분류 기준으로 ‘건설/교통’ 분야, 그리고 미래유망신기술분류(6T) 기준에서는 ‘정보통신’ 분야 위주로 투자되고 있음
 - **(국가과학기술표준분류 분석 결과)** ‘건설/교통’ 분야의 연구비 비중이 거의 절반(48.9%, 250.2억 원)을 차지하며, 이어서 ‘정보/통신’(19.49%, 99.8억 원), ‘지구과학(지구/대기/해양/천문)’(15.72%, 80.4억 원) 순으로 연구비 비중이 큰 것으로 나타남
 - ※ 연구책임자가 최대 3개까지 지정한 국가과학기술표준분류의 대분류에 대한 각 가중치를 고려한 결과임
 - 융합과제에 해당하는 비중은 24.34%(2개 분야 선택 비중: 19.08%, 3개 분야 선택 비중: 5.26%)이며, 총 125억 원의 연구비가 투자됨
 - ※ 융합과제란 연구책임자가 지정한 국가과학기술표준분류의 대분류가 두 개 이상의 분류에 해당하는 과제를 의미함
 - **(미래유망신기술분류(6T) 결과)** 미래유망신기술분류 분석 결과, 정보통신분야(IT) 분야에 투자되는 연구비 비중이 51.97%(265.9억 원)로 가장 큰 것으로 확인되었으며, 다음으로 환경공학기술(ET)의 연구비 비중(19.68%, 100.7억 원)이 큰 것으로 확인됨

그림 5. 국가과학기술표준분류별 연구비 규모 및 비중

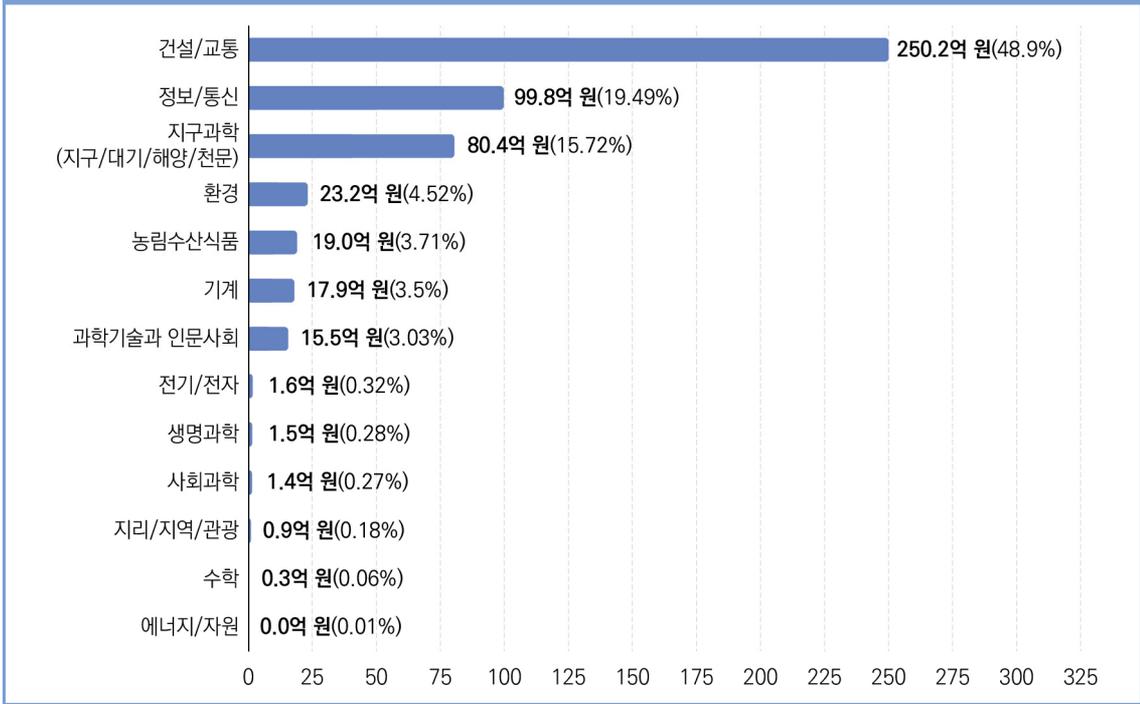


그림 6. 융합 R&D 과제 연구비 규모 및 비중

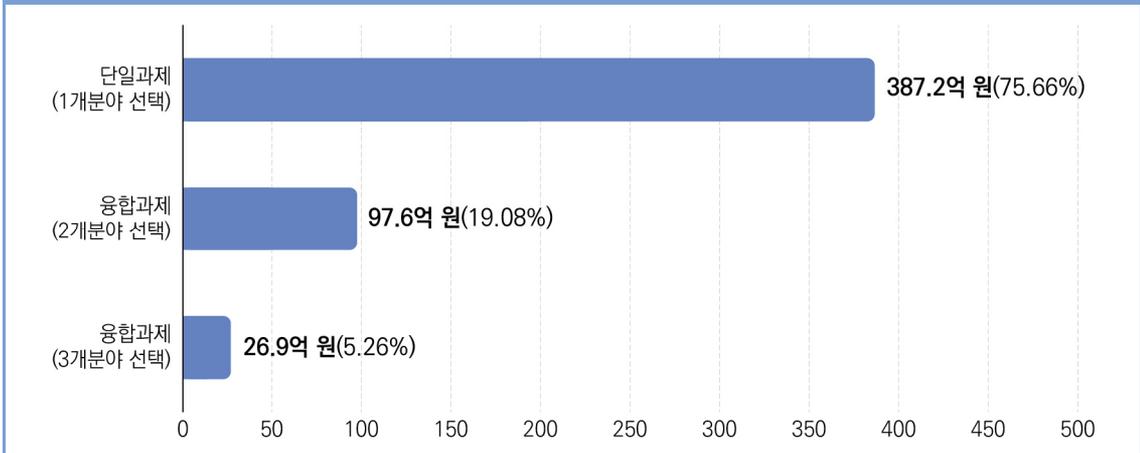
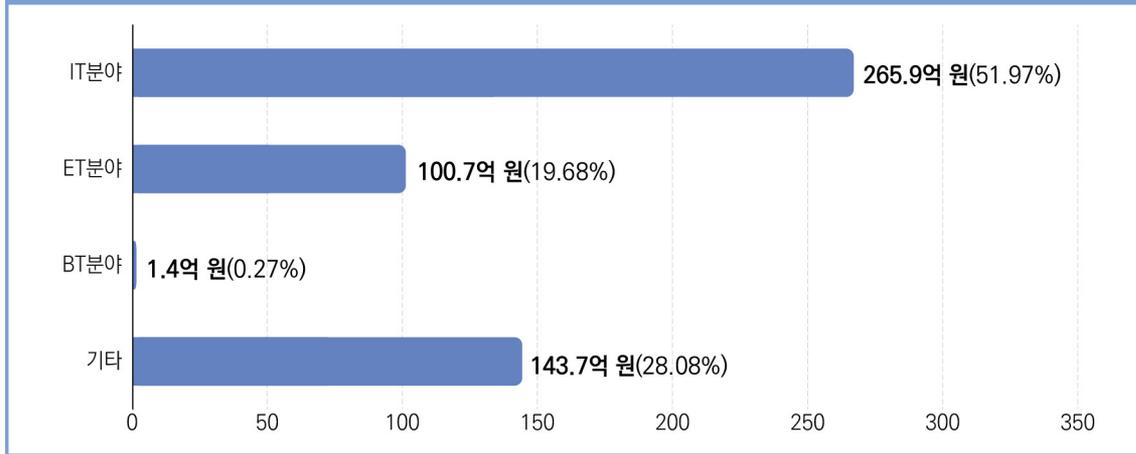


그림 7. 미래유망 신기술분류(6T)별 연구비 규모 및 비중

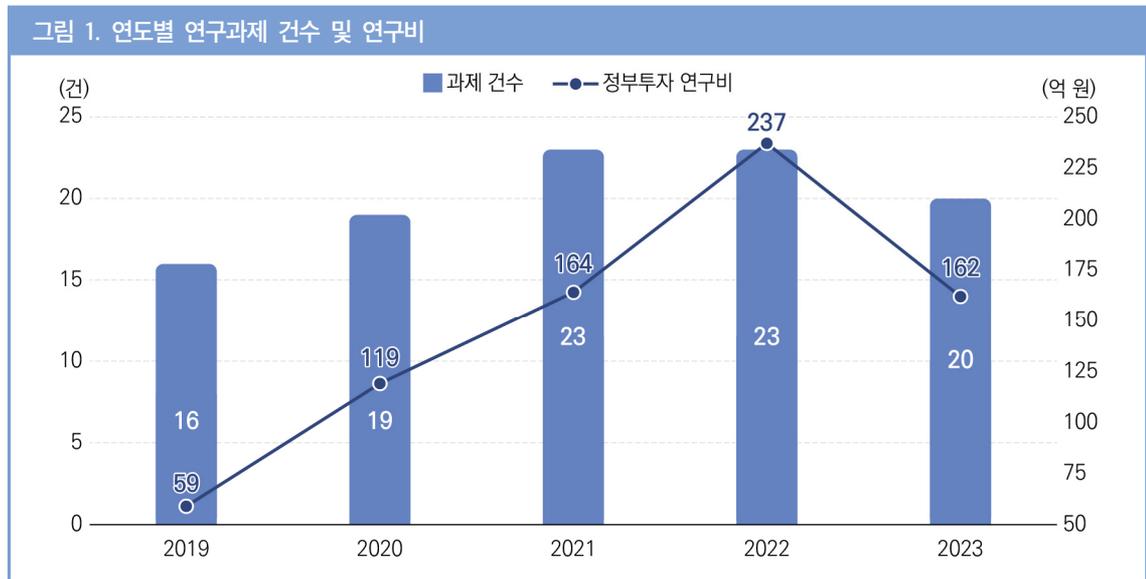


II. 실감형 안전교육 콘텐츠 동향

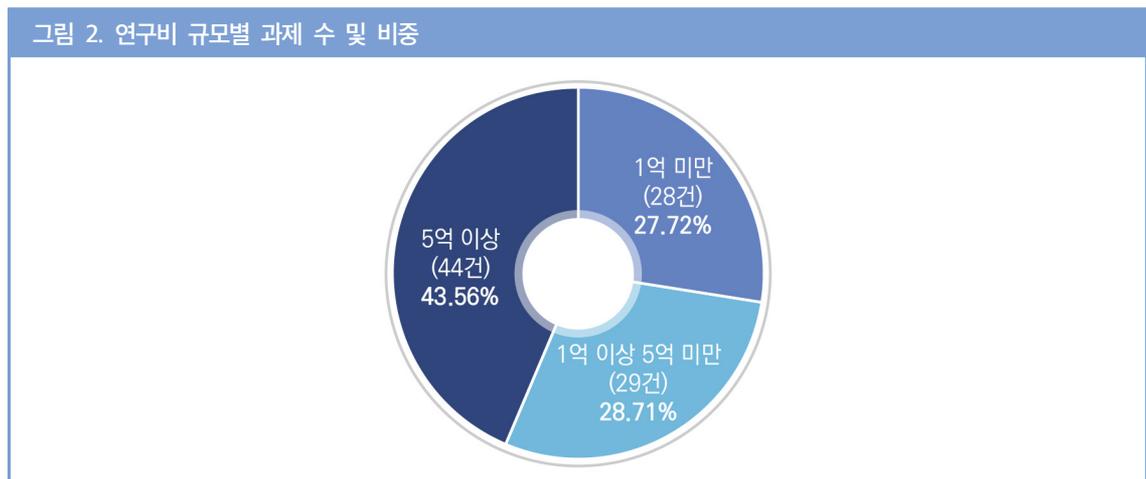
■ **(총괄)** 최근 5년간('19~'23) 총 101건의 과제에 대해 740.5억 원의 연구비가 투자됨

※ 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 플랫폼을 기반으로 관련 국가 연구개발 과제 분석 수행 : 핵심 키워드인 '실감형 안전교육'으로 검색*

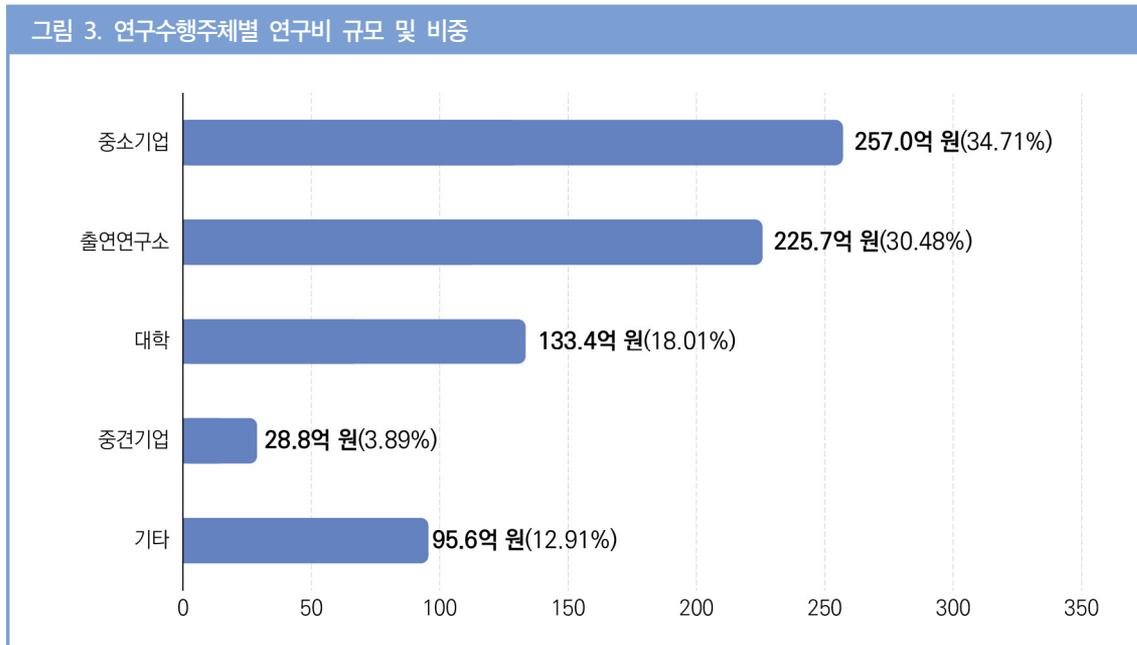
* 핵심 키워드와 AR, VR, XR, 가상현실, 증강현실 중 하나 이상을 포함하는 검색결과 도출



■ **(연구비 규모별 과제 수)** 연구비가 5억 원 이상인 과제가 43.56%(44건)로 가장 큰 비중을 차지하고, 1억 원 이상 5억 원 미만인 과제가 28.71%(29건), 1억 원 미만인 과제는 27.72%(28건)의 비중을 차지함



- **(연구수행주체)** 실감형 안전교육 콘텐츠 동향 관련 총 연구비 중 중소기업이 지원을 받는 연구비의 비중이 34.71%(257억 원)로 가장 크고, 출연연구소(30.48%, 225.7억 원), 대학(18.01%, 133.4억 원), 중견기업 (3.89%, 28.8억 원) 순으로 많은 연구비를 지원받고 있음



- **(연구개발단계)** 개발연구에 투자되는 연구비 비중(60.01%, 444.4억 원)이 가장 크고, 응용연구(30.28%, 224.2억 원), 기초연구(1.87%, 13.9억 원) 순으로 연구비 비중이 큰 것으로 확인됨

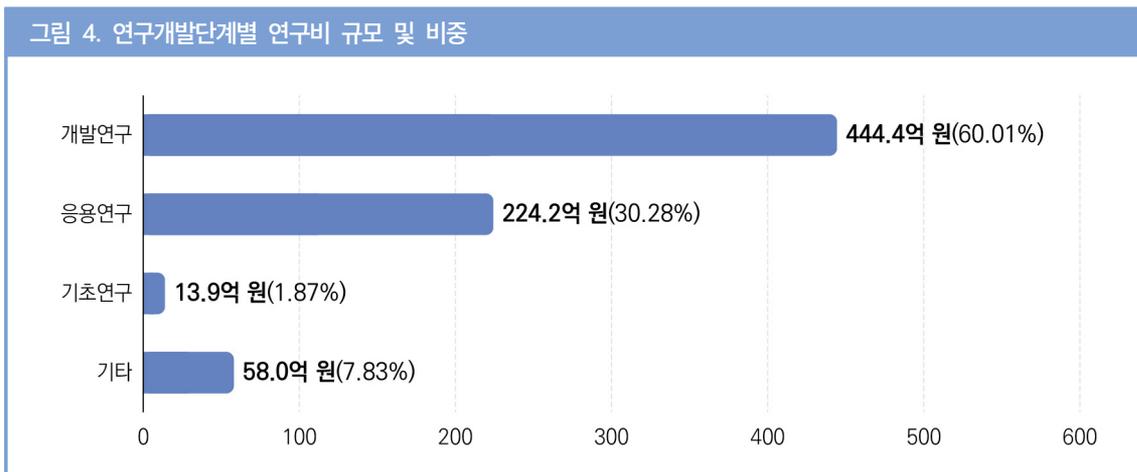
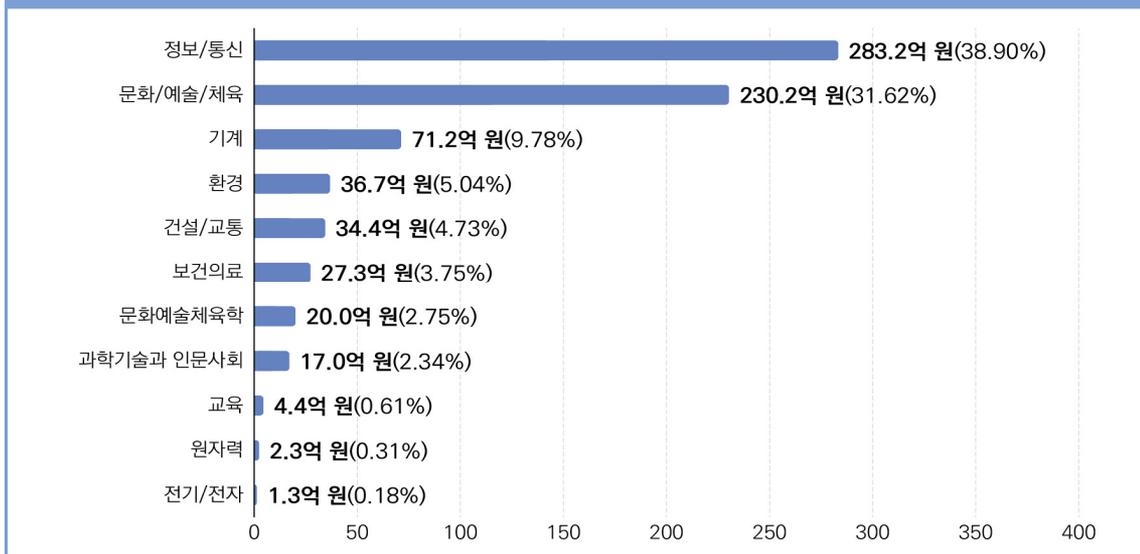


그림 5. 국가과학기술표준분류별 연구비 규모 및 비중



- **(연구분야)** 실감형 안전교육 콘텐츠 동향 관련 연구비는 국가과학기술표준분류 기준으로 '정보/통신' 분야, 그리고 미래유망신기술분류(6T) 기준에서는 '문화콘텐츠기술(CT)' 분야 위주로 투자되고 있음
 - **(국가과학기술표준분류 분석 결과)** '정보/통신' 분야의 연구비 비중이 38.9%(283.2억 원)을 차지하며, 이어서 '문화/예술/체육'(31.62%, 230.2억 원), '기계'(9.78%, 71.2억 원), '환경'(5.04%, 36.7억 원) 순으로 연구비 비중이 큰 것으로 나타남
 - ※ 연구책임자가 최대 3개까지 지정한 국가과학기술표준분류의 대분류에 대한 각 가중치를 고려한 결과임
 - 융합과제에 해당하는 비중은 23.43%(2개 분야 선택 비중: 17.09%, 3개 분야 선택 비중: 6.34%)이며, 총 170.5억 원의 연구비가 투자됨
 - ※ 융합과제란 연구책임자가 지정한 국가과학기술표준분류의 대분류*가 두 개 이상의 분류에 해당하는 과제를 의미함
 - * 국가과학기술표준분류가 입력되지 않은 2개 과제(총 12.5억 규모) 제외
 - **(미래유망신기술분류(6T) 결과)** 미래유망신기술분류 분석 결과, 문화콘텐츠기술(CT) 분야(38.91%, 288.1억 원)와 정보통신기술(IT) 분야(38.33%, 283.8억 원)가 높은 비중을 차지하며, 다음으로 환경공학기술(ET)의 연구비 비중(10.76%, 79.7억 원)이 큰 것으로 확인됨

그림 6. 융합 R&D 과제 연구비 규모 및 비중

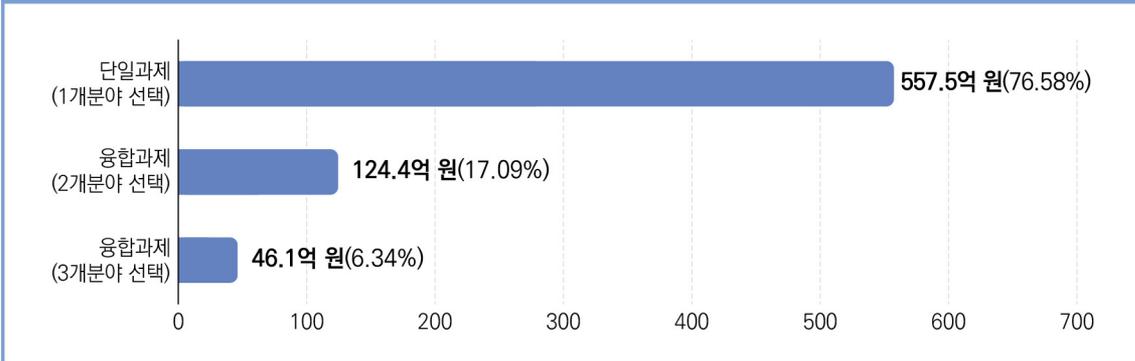
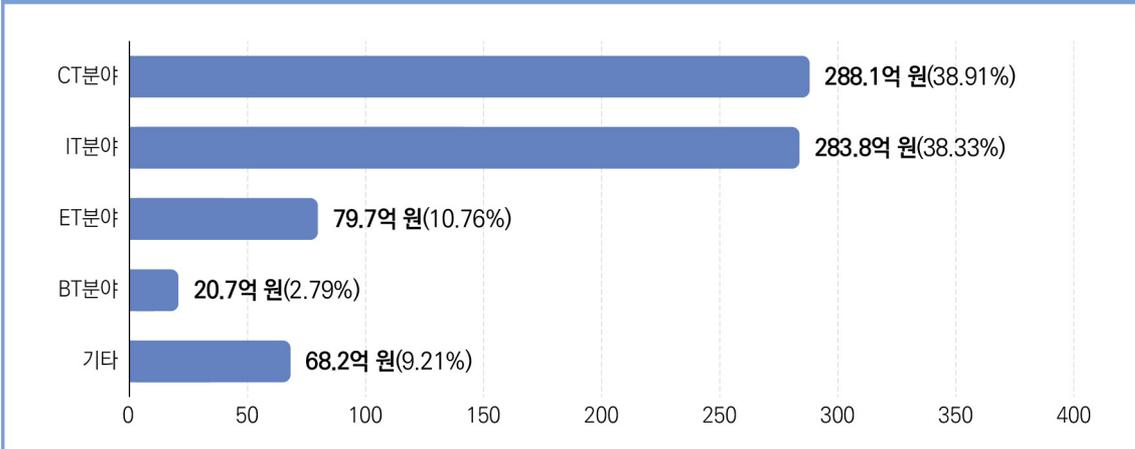


그림 7. 미래유망 신기술분류(6T)별 연구비 규모 및 비중



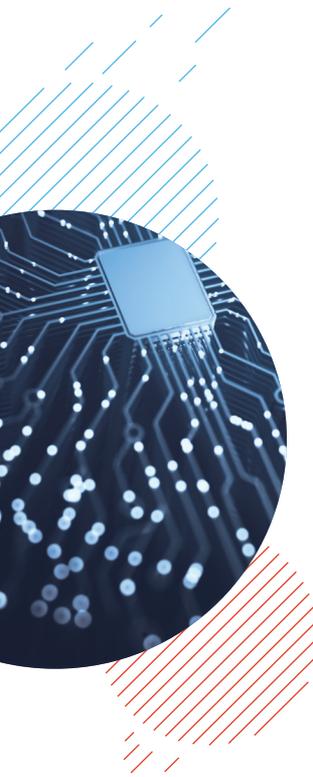


융합연구리뷰

Convergence Research Review



이 보고서는 2024년 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 작성되었음.
(2023M3C1A604340011의 후속과제)



융합연구리뷰

Convergence Research Review