

ISSN 2733-5518

www.KIICE.org

The Magazine of KIICE

지능정보통신

Dec. 2024

VOL. 25
NO. 2

디지털 트윈
Digital Twin

KIICE
한국정보통신학회

사단
법인 **한국정보통신학회**
THE KOREA INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERING

목차 Contents

04 권두언+인사말

- 사단법인 한국정보통신학회 / 김희철 회장
- 한국정보통신학회 학회지 / 조영복 부회장

06 주제원고

- 디지털 트윈 기반의 메디컬 트윈 기술 동향 / 강윤정(원광대학교)
- 디지털 트윈과 예지 보전: 개요 및 기술적 접근 / 이양원(제스엔지니어링)
- Software Defined Everything (SDx) 환경에서의 디지털 트윈 / 장성욱(동의대학교 디지털트윈연구소)
- 디지털 트윈 소프트웨어 교육에 필요한 기술분석과 교과목 설계 / 조규상 · 허노정(동양대학교)

65 학회동정 KIICE News

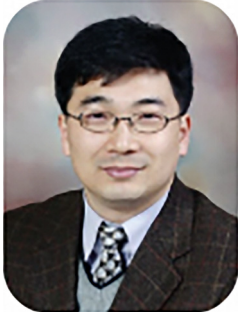
- 상반기 주요활동
- 학회 갤러리

68 학회정보

- 국문지
- 영문지

70 후원사 ADVERTISEMENT

LG유플러스	(주)세오	(주)SJ정보통신	쌍용정보통신(주)
(주)우리아이티	(주)신한항업	네이버시스템(주)	아이씨티웨이
(주)그린텍아이엔씨	(주)오픈링크시스템	대신정보통신(주)	에스트래픽(주)
(주)대보정보통신	(주)하이제이컨설팅	롯데이노베이트(주)	올포랜드
(주)대흥정보	(주)한스콤정보통신	세림TSG(주)	SK보로드밴드
(주)비츠로시스	(주)핸즈온테크놀러지	송암시스콤(주)	메가스터디교육그룹



존경하는 한국정보통신학회 회원 여러분,

안녕하십니까? 이번 호 학회지를 통해 ‘디지털 트윈’이라는 주제로 인사를 드릴 수 있게 되어 매우 뜻깊게 생각합니다.

디지털 트윈은 현실 세계의 물리적 자산을 디지털 공간에 재현하여 예측 가능성과 운영 효율성을 극대화하는 혁신적인 기술로, 다양한 산업과 생활 속에서 새로운 가능성을 열어가고 있습니다.

이번 학회지는 디지털 트윈 기술의 다양한 적용 사례와 발전 가능성을 조명하는 데 초점을 맞췄습니다.

산업용 디지털 트윈을 통한 예측 유지보수, Software Defined Everything (SDx) 환경에서의 디지털 트윈, 디지털 트윈 기반의 메디컬 트윈 기술 동향, 그리고 디지털 트윈 소프트웨어 교육에 필요한 기술 분석과 교과목 설계 등, 디지털 트윈이 산업과 교육, 의료를 포함한 다양한 분야에서 어떻게 활용되고 있는지에 대한 심도 있는 논의가 포함되어 있습니다.

이러한 기고문들은 디지털 트윈 기술이 단순한 데이터 시각화를 넘어 현실 세계의 복잡한 문제를 해결하고 새로운 솔루션을 제시하는 데 얼마나 중요한 역할을 하고 있는지를 잘 보여줍니다.

디지털 트윈은 산업용 유지보수에서 고장 예측과 정비 최적화를 통해 안전성과 운영 효율성을 향상시키고 있으며, 의료 분야에서는 메디컬 트윈 기술을 통해 환자의 상태를 보다 정밀하게 분석하고 예측하여 의료 품질을 높이고 있습니다. 또한, SDx 환경에서는 디지털 트윈이 소프트웨어 정의 기술의 새로운 가능성을 열어가고 있으며, 교육 분야에서는 디지털 트윈 소프트웨어를 기반으로 한 교과목 설계를 통해 미래 인재 양성의 토대를 마련하고 있습니다. 이러한 혁신은 산업과 학계 모두에서 큰 관심을 받고 있으며, 미래의 기술 발전 방향을 제시하고 있습니다.

우리 학회는 디지털 트윈을 포함한 디지털 혁신 기술의 발전과 적용을 적극적으로 지원하고자 합니다. 회원 여러분의 창의적이고 열정적인 연구는 이러한 노력을 더욱 빛나게 할 것입니다. 학문적 성과가 실질적인 산업 혁신으로 이어질 수 있도록 학계와 산업계 간 협력을 강화하고, 새로운 기술적 도전을 함께 모색해 나가기를 기대합니다.

이번 학회지가 회원 여러분께 디지털 트윈 기술에 대한 통찰과 영감을 제공하기를 바라며, 학회지 발간에 애써주신 모든 분들께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다.

앞으로도 많은 관심과 지원을 부탁드립니다. 함께 혁신적인 미래를 열어가는 데 힘을 모아주시기를 바랍니다.

감사합니다.

한국정보통신학회 회장 김희철



안녕하세요, 지능정보통신 학회지 독자 여러분.

현재 우리 사회는 디지털 기술로의 대전환 시대를 맞이하고 있습니다. 디지털 기술은 나날이 괄목할 만한 발전을 이루며, 다양한 분야에 영향을 미치고 패러다임의 변화를 가져오고 있습니다. 디지털 대전환(Digital Transformation)은 우리 삶의 모든 면에 영향을 미치며, 사회와 경제를 재편하고 있다는 사실은 부인할 수 없습니다. 생성형 AI와 같은 발전이 주도하는 이러한 변화는 우리가 일하고, 의사소통하며, 생각하는 방식에 혁명을 일으키고 있으며, 기술과 인간의 상호작용에 패러다임 변화를 예고하고 있습니다.

이번 한국정보통신학회 '지능정보통신 학회지'에서는 디지털트윈과 디지털대전환이라는 두 가지 중요한 키워드를 중심으로 학회 구성원 및 독자 여러분과 학술의 장을 공유하고자 합니다.

디지털트윈은 물리적 객체의 디지털 복제본을 의미하며, 이 기술은 제조업, 스마트 시티, 의료 등 다양한 분야에서 혁신을 가져오고 있습니다. 디지털트윈을 통해 우리는 물리적 세계와 디지털 세계를 연결하여 실시간 데이터를 기반으로 예측하고 최적화할 수 있는 새로운 가능성을 열어가고 있습니다.

또한, 디지털대전환은 우리의 생활과 산업 전반에 걸쳐 디지털 기술이 가져오는 거대한 변화를 의미합니다. 인공지능, 사물인터넷, 빅데이터 등의 기술 발전은 우리의 일상과 비즈니스 모델을 근본적으로 변화시키고 있으며, 이러한 변화는 새로운 기회와 도전을 동시에 제공합니다.

지능정보통신 학회지는 이러한 혁신적인 기술과 변화를 지속적으로 탐구하고, 여러분께 최신 정보를 제공하기 위해 노력하고 있습니다. 디지털트윈과 디지털대전환이 가져올 미래를 함께 준비하며, 지속적인 관심과 참여를 부탁드립니다.

감사합니다.

한국정보통신학회 부회장 조영복

주제원고

디지털 트윈 기반의 메디컬 트윈 기술 동향

원광대학교
강윤정



1. 서론

현실 세계를 디지털 세계로 복제하고 재현하여 복잡한 현실의 문제를 해결하고 새로운 사업과 서비스 생태계를 창출하는 기술 융합 플랫폼을 디지털 트윈 기술이라 한다. 물리적 개체 또는 시스템의 상태를 모델링하는 가상 복제본인 디지털 트윈(DT: Digital Twin)은 물리적 세계와 가상 세계 간의 다리 역할을 하며 센서를 통해 실시간 데이터를 수집하고 이를 디지털 장치에 반영한다. 디지털 트윈은 기업에서 생산과 관리 등의 제조업뿐 아니라 다양한 산업과 사회 문제를 해결할 수 있는 기술로 주목받고 있다. 다양한 물리적 시스템의 구조, 맥락, 작동을 나타내는 데이터와 정보의 조합하여 과거와 현재의 상황이나 상태를 이해하고 미래를 예측할 수 있다[1~2].

디지털 트윈의 개념은 제품 수명 주기 관리를 설명하기 위해 처음 도입됐다. 초창기 미국 항공 우주국은 이를 항공 우주 분야에서 해당 비행 트윈의 수명을 미리링하여 항공기의 수명 주기를 예측하는 실제 차량의 통합된 다중 규모, 다중 물리 시뮬레이션으로 정의했고 시뮬레이션, 검증, 인증 등을 포함하여 공학 및 제조 분야에서 더 광범위한 응용 프로그램이 등장했다. 인공지능의 도움으로 딥러닝을 통해 기계 고장이 발생하기 전에 가능한 유지 보수 요구 사항을 감지할 수 있다. DT 기술은 이미 신체검사를 통한 질병 예측 및 의료 기기의 오류 감소와 같은 의료 분야에서 여러 가지 응용 프로그램을 달성하여 진단 정확도 확인할 수 있다.

대한민국은 디지털 대전환 프로젝트에서 “디지털 트윈 활성화 전략”을 수립하고 디지털 트윈 핵심요소별 기술 분류 체계를 수립하였다. 또한, 디지털 트윈 후보 기술을 도출하면서 디지털 트윈은 개별 요소 기술이 아닌 다양한 지능정보기술이 융합된 서비스 플랫폼으로 규정하고 있다. 디지털 트윈은 데이터, 네트워크, 인공지능이 직접 된 융복합 기술로 진화하면서 혁신적인 서비스를 창출하는 플랫폼으로 발전하고 있다. 디지털 트윈의 기술 발전은 5단계이며 표 1과 같이 제시하고 있다[3].

1단계에서 2단계로 디지털 모델이 독립적인 시뮬레이션 도구에서 실시간 데이터를 반영하는 시스템으로 발전하며, 2단계에서 3단계로 실시간 연결성을 활용해 상태 감지 및 상황 분석이 가능하다. 3단계에서 4단계로 발전은 AI와 머신러닝을 도입해 데이터 기반 예측 능력을 확보할 수 있다. 4단계에서 5단계로 발전은 자율적 의사결정과 실행 능력을 갖춘 디지털 트윈으로 진화할 수 있다.

[표 1] 디지털 트윈의 기술 발전 5 단계

단계	명칭	기술적 특징
1	모사 (Mirroring)	<ul style="list-style-type: none"> • (디지털 모델링) 2D와 3D로 모델링되어 시각화된 현실 • (시뮬레이션) 물리적 시스템을 디지털로 시각화하고, 기본적인 시뮬레이션 및 분석을 지원.
2	관제 (Monitoring)	<ul style="list-style-type: none"> • (연결된 디지털 모델) 센서와 데이터를 통해 물리적 시스템과 디지털 모델이 실시간으로 연결 • (실시간 관제 및 부분 자동제어) 행동 및 역학 모델 없이 프로세스 논리가 적용되어 운영
3	모의 (Modeling & Simulation)	<ul style="list-style-type: none"> • (상황 인식 디지털 트윈) 디지털 트윈이 실시간 데이터를 활용하여 물리적 객체의 상태를 파악하고 상황에 맞는 분석 제공 • (디지털 트윈 모의 결과 적용한 물리적 대상 최적화) 현실 대상에 대한 동작 모델 기반 시뮬레이션
4	연합 (Federation)	<ul style="list-style-type: none"> • (예측 가능 디지털 트윈) AI와 머신러닝을 활용해 물리적 시스템의 동작을 예측하고 문제를 사전에 방지 • (복합 디지털 트윈 연계한 동기화 및 상호작용) 다른 도메인이 상호 연계되는 디지털 트윈 간의 연합적 동작 모델
5	자율 (Autonomous)	<ul style="list-style-type: none"> • (자율 디지털 트윈) 디지털 트윈이 스스로 학습하고 물리적 시스템을 최적화하며 자율적으로 문제를 해결 • (디지털 트윈 간 실시간 자율 협력) 사람의 개입없이 디지털 트윈 간 실시간 통합적으로 자율 동기화 동작

본 고에서 디지털 트윈의 기술 발전 5단계에서 제시된 핵심요소인 가상화, 동기화, 모델링과 시뮬레이션, 연합, 서비스로 구분된 기술 중심으로 2장에서 디지털 트윈 기반의 메디컬 트윈의 개념과 구성요소를 알아보고, 3장에서 메디컬 트윈 기술 동향을 살펴보고, 4장에서 결론을 맺는다.

2. 이론적 배경

메디컬 트윈(Medical Twin)은 디지털 트윈 개념을 의료 분야에 적용하는 과정에서 등장한 것으로 2010년대 중반 이후부터 의료 및 건강 관리 분야에서 언급됐다. 개인화된 의료 서비스, 맞춤형 치료 및 예측적 건강 관리의 필요성이 증가하여 정밀 의학(Precision Medicine)과 디지털 헬스케어(Digital Healthcare) 분야에서 주목받게 되었다[4].

컴퓨터 가상공간에서 인체를 대신하는 모델로 사람이 직접 실험대에 오를 수 없는 위험하거나, 미리 사전 예측이 필요한 상황을 재현함으로써 실제 인체를 대신하여 결과를 예측하는 데 사용되는 휴먼 디지털 트윈으로 정의되기도 한다. 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능 등 기술의 발전과 함

게 디지털 트윈의 개념이 의료 분야로 확장되었다. 의료 분야에서는 디지털 트윈의 적용을 통해 환자의 건강 상태를 실시간으로 반영하는 가상 모델을 구축하고, 이를 활용해 치료 계획을 최적화하거나 질병을 예측하는 연구가 활발히 이루어졌다.

메디컬 트윈은 환자에게 적합한 정확한 진단과 치료 과정, 복잡한 질병에 대한 정확한 진단과 실시간 모니터링, 적절한 치료 계획 선택, 치료 효과 예측을 위해 인체의 전체적인 디지털 트윈을 구현하여 개인화된 치료와 스마트한 의료를 달성하는데 사용된다. 사람의 생애주기 전반의 맞춤형 의료를 위해 환자 중심의 데이터와 질병 관리를 가능하게 하는 개인 건강 데이터 모델링과 이를 통한 미래 건강 예측 시뮬레이션 등이 이루어지는 디지털 의료 기술을 의미한다. 진단, 치료, 예방, 예후 관리 등 질병 전체 주기 관리를 위해 환자 생활공간으로 관리 환경을 확장하고 이질적 건강 데이터와 의료 서비스를 통합하는 서비스를 요구하고 있다.

헬스케어 디지털 트윈은 개인의 신체적, 유전적, 사회적 특성들을 반영하여 맞춤형으로 제공되는 정밀 의료를 지향하고 있으며 건강 데이터의 개인 동기화 및 시각화를 통해 시간과 장소에 제한 없이 제공되는 서비스로 전환되고 있다. 또한, 인공지능 기술을 적용하여 급속하게 늘어가고 있는 의료 지식과 데이터를 효과적으로 활용하기 위한 세분화, 정밀화, 지능화되는 의료 영역에서 의료 전문가의 전문성을 지원하는 통합 인공지능 프로세서를 전환되는 형태로 변화하고 있다. 현실 세계의 건강정보 및 의료자원 정보로부터 생성된 가상의 의료환경에서 맞춤형 치료 방법을 제시하고 질병의 예후를 예측·관리하는 환자 중심의 디지털 의료 지능화 융합 서비스로 진행되고 있다.

사람의 신체적, 정신적 특성을 기반하는 디지털 휴먼 트윈, 병원 내 프로세스, 운영관리, 진료 기록, 공간 및 의료 기기의 디지털 트윈을 포함하여 질병의 진단, 예방, 치료, 처방, 수술, 예후 관리, 원무, 제약, 공중보건 등 의료, 헬스케어 전반을 포함하고 있지만, 표 2와 같이 사용 목적과 초점에 따라 차이가 있다.

인체와 관련한 분야에서 실제 사람 대신 가상의 모델을 활용함으로써 인체에 대한 진단, 예측, 실습, 평가에서는 안전하고 저비용의 효과적 대체재로써 활용할 수 있다. 의학에서는 인체를 대신하여 의료적 진단, 예측, 실습 등에서 활용된다. 또한 수술 시뮬레이션 및 의료진 실습을 위한 3D 모형이나 사람의 장기와 유사한 모형 제작 등을 통해 정밀 의료를 실현할 수 있다.

[표 2] 메디컬·디지털 헬스케어·휴먼 트윈의 비교

구분	메디컬 트윈 (Medical Twin)	디지털 헬스케어 트윈 (Digital Healthcare Twin)	휴먼 트윈 (Human Twin)
주요 초점	질병 진단과 치료	건강 관리와 예방	인간 전반의 디지털 모델링
데이터 범위	의료 데이터 (유전자 정보, 병력, 임상 검사 결과)	의료 + 라이프스타일 데이터	생리 + 심리 + 행동 데이터
응용 분야	의료 (임상 및 수술 시뮬레이션)	헬스케어 (운동, 영양, 수면)	의료, 교육, 심리 전반
기술 초점	치료 최적화	예방 및 건강증진	인간의 종합적 디지털 복제

2.1. 메디컬 트윈의 구성요소

메디컬·디지털 헬스케어·휴먼 트윈의 구성요소는 표 3과 같이 비교한다. 메디컬 트윈의 질병 진단, 치료 계획, 신약 개발 등의 분야에서 △의료 영상 데이터(MRI, CT 등), 환자의 생체 데이터(혈압, 심박수 등), 임상 기록(병력, 약물 처방 내역 등)의 데이터 수집과 통합 요소와 디지털 모델링 요소에서는 △장기 및 조직의 3D 디지털 모델 생성하고 질병 병태생리학적 시뮬레이션한다. △AI 및 분석 도구 요소로는 인공지능(AI) 기반 질병 예측 및 치료 효과 분석, 신약 개발 및 임상 시험 가상화, △시뮬레이션 및 최적화 요소에서는 수술 전 시뮬레이션 및 최적 치료법 제안하고 약물 반응 모델링 및 개인화된 치료 제공한다. △피드백 및 지속적 업데이트 요소에서는 실시간 데이터 피드백을 통해 지속적으로 모델 업데이트한다.

헬스케어 트윈은 건강 모니터링, 예방 의료, 라이프스타일 개선 등 헬스케어 관리에 초점둔다. 구현을 위한 구성 요소는 △웨어러블 디바이스 및 IoT 센서는 스마트워치, 피트니스 트래커 등에서 데이터 수집(심박수, 수면 패턴, 활동량 등), 환경 센서(온도, 습도 등)의 디바이스에서 수집된 △라이프스타일 데이터는 식습관, 운동 기록, 스트레스 수준 등 개인 생활 데이터를 △디지털 트윈 모델링을 사용하여 개인의 생리적, 행동적 특징을 반영한 디지털 아바타 생성, AI 기반 건강 상태 예측 및 시뮬레이션이 가능하다. △개인 맞춤형 건강 관리 요소에서는 예방적 건강 조언 및 행동 계획, 운동, 영양, 스트레스 관리 최적화를 진행하며 △데이터 분석 및 피드백 요소에서는 실시간 상태 모니터링 및 경고 시스템, 건강 지표 개선을 위한 지속적 피드백을 가능하게 한다.

[표 3] 메디컬·디지털 헬스케어·휴먼 트윈의 구성요소

구분	메디컬 트윈	헬스케어 트윈	휴먼 트윈
주요 데이터	의료 영상, 생체 데이터, 임상 기록	웨어러블 데이터, 생활 습관, 환경 데이터	생리적 데이터, 심리적 데이터, 행동 데이터
모델링 범위	특정 장기, 조직의 디지털 재현	개인 건강 상태와 생활 습관 반영	인간 전반의 생리, 심리, 행동 통합 모델링
응용 분야	질병 진단, 치료 최적화, 신약 개발	예방 의료, 건강 관리, 라이프스타일 개선	의료, 교육, 심리 등 종합적 응용
기술 도구	의료 영상 분석, AI 기반 예측	웨어러블, IoT, 헬스케어 앱	AI, 빅데이터, 시뮬레이션
결과 활용	치료 및 수술 지원, 질병 예측	건강 개선 조언, 실시간 건강 모니터링	교육, 최적화, 스트레스 관리

휴먼 트윈은 인간의 전반적인 상태(생리, 심리, 행동)를 시뮬레이션하여 다양한 분야(의료, 교육, 퍼포먼스 등)에 활용할 목적으로 구성요소는 △생리적 데이터는 웨어러블 디바이스와 의료 기기를 통해 수집한 데이터, 생체 신호(심박수, 혈압, 체온 등)를 활용한다. △심리적 데이터는 스트레스, 감정 상태, 정신 건강 관련 데이터, 설문조사 및 행동 분석을 통한 심리적 상태 평가하고 △행동 데이터는 신체 활동, 습관, 운동 패턴, 사회적 상호작용 및 활동 로그 데이터가 활용된다. △종합적 모델링을 통해 생리적, 심리적, 행동적 특성을 통합한 디지털 트윈 생성한다. △인간 행동 및 반응의 시뮬레이션 요소의 의료분야는 심장 질환 예측, 치료 최적화, 교육분야는 학습 패턴 분석 및 맞춤형 학습 제공, 스포츠: 퍼포먼스 개선 및 부상 예방으로 활용된다. 실시간 피드백 및 업데이트 요소는 데이터 동기화를 통한 동적 업데이트와 지속적 개선을 위한 인공지능 학습으로 품질을 향상시킬 수 있다.

2.2. 메디컬 트윈의 주요 기술

데이터 수집 및 통합 기술은 MRI, CT, PET 등 의료 영상 데이터를 기반으로 3D 모델 생성과 디지털 병리학에서 고해상도 슬라이드 데이터를 활용하여 질병 탐지한다. 스마트워치, 헬스 모니터링 디바이스를 통해 실시간 생체 신호(심박수, 혈압 등)를 웨어러블 디바이스에서 수집하며 환자의 과거 병력, 처방 기록, 검사 결과를 통합하여 데이터 기반 진단과 환자의 유전자 정보를 통합하여 맞춤형 치료 계획 수립할 수 있다.

디지털 모델링 및 시뮬레이션 기술은 장기와 조직의 정밀한 3D 모델을 생성하여 가상 환경에서 심장, 폐, 간 등의 디지털 복제물의 시뮬레이션 가능하며, 심혈관 질환의 혈류 분석 및 물리적 반응 예측, 수술 시뮬레이션과 의학적 개입의 효과 평가, 실제 환자의 장기 반응을 모사하기 위한 장기-온-칩 기술을 활용하여 디지털 및 물리적 시뮬레이션할 수 있다.

인공지능(AI) 및 머신러닝 기술은 의료 데이터를 분석하여 암, 심혈관 질환, 신경계 질환의 조기 진단과 예측과 의료 영상에서 병변을 자동으로 탐지하고, 암 세포를 분석하여 의료진의 진단 정확도를 높일 수 있다. 또한 머신러닝을 통해 환자의 상태에 최적화된 치료 옵션을 환자 개개인에게 추천할 수 있다.

빅데이터 분석은 다기관에서 수집된 대규모 의료 데이터를 분석하여 질병의 패턴과 상관관계를 도출하고 클라우드를 통해 의료 데이터를 실시간으로 저장하고 분석하며, 병원 간 협업을 지원한다. 웨어러블 및 IoT 기기에서 수집된 데이터를 즉각적으로 처리하여 환자의 상태를 모니터링하고 실시간 데이터 분석한다.

개인화된 헬스케어 기술은 유전자와 환경 데이터를 기반으로 개인화된 치료 계획을 제공하고, 특정 약물이 환자에게 미치는 영향을 예측하여 최적의 약물을 취사 선택하도록 한다. 환자 환자의 상태 변화를 반영하여 디지털 트윈을 실시간으로 업데이트는 맞춤형 시뮬레이션 서비스를 지원한다.

보안 및 데이터 관리 기술은 환자의 민감한 의료 데이터를 안전하게 저장하고 관리하며 데이터의 투명성을 보장할 수 있도록 블록체인 기술을 활용하고 개인정보 보호를 위한 글로벌 규정을 준수하여 데이터 보안성을 강화한다. 표 4는 메디컬 트윈의 핵심 기술을 나타낸다.

[표 4] 메디컬 트윈의 핵심 기술

구분	핵심 기술	내용
데이터 수집 및 통합	의료 영상 기술 (MRI, CT, PET 등)	의료 이미지를 기반으로 3D 디지털 모델 생성 및 분석
	웨어러블 디바이스 및 생체 신호	심박수, 혈압, 체온 등 실시간 생체 데이터 수집
	유전체 데이터 통합	유전적 변이 및 질병 관련 데이터 분석을 통해 정밀 의학 지원
	전자 의료 기록(EHR)	환자의 병력, 처방 기록, 검사 결과 등을 통합 관리
디지털 모델링 및 시뮬레이션	3D 디지털 모델링	장기와 조직의 정밀한 디지털 재현
	유체역학 시뮬레이션	혈류 역학 분석 및 치료 효과 예측(예: 심혈관 시뮬레이션)
	장기-온-칩 기술	장기의 물리적 반응을 모사하여 가상 환경에서 테스트 가능

구분	핵심 기술	내용
인공지능(AI) 및 머신러닝	질병 예측 및 진단	AI 기반으로 질병 위험성을 예측하고, 초기 경고 시스템 제공
	의료 영상 분석	병변 검출, 암 세포 분석 등 의료 영상 자동 분석
	개인 맞춤형 치료 제안	머신러닝을 통해 최적 치료 경로 및 약물 선택
데이터 처리 및 분석	빅데이터 분석	다가관에서 수집된 의료 데이터를 분석하여 질병 패턴 도출
	클라우드 컴퓨팅	의료 데이터를 실시간으로 저장하고 분석하는 인프라 제공
	실시간 데이터 분석	IoT 및 웨어러블에서 수집된 데이터를 실시간으로 처리 및 시각화
디지털 트윈 플랫폼	시뮬레이션 엔진	가상 환경에서 다양한 치료 시나리오 테스트 가능
	디지털 헬스 플랫폼	환자 데이터, 의료 영상, 치료 모델 통합 관리
개인화된 헬스케어 기술	정밀 의학	유전자와 환경 데이터를 기반으로 맞춤형 치료 제공.
	약물 반응 시뮬레이션	특정 약물이 환자에게 미치는 영향을 디지털 트윈으로 분석
	환자 맞춤형 시뮬레이션	치료 과정에서 환자의 상태 변화를 시뮬레이션 및 업데이트
보안 및 데이터 관리	블록체인 기술	의료 데이터의 무결성과 보안을 유지하며 관리
	GDPR/HIPAA 규정 준수	환자 데이터의 프라이버시 및 보안 규정 준수

메디컬 트윈에서 정신건강 관리는 복잡한 생리적, 심리적, 행동적 요인들이 얽혀 있는 분야로, 디지털 트윈 기술의 잠재적 응용 가능성이 크다. 생리적 데이터로는 심박수, 호흡률, 피부 전도도(GSR) 등을 수집하며, 심리적 데이터는 설문조사, 음성 분석, 텍스트 감정 분석을 통해 평가합니다. 행동 데이터는 활동량, 수면 패턴, 디지털 기기 사용 습관을 분석하여 심리적 상태를 종합적으로 이해하는 데 활용된다.

디지털 트윈 기술이 데이터, 네트워크, 인공지능이 직접 된 융복합 기술로 진화하면서 인공지능 기술을 기반한 멘탈 디지털 트윈(mental digital twin)은 음성, 텍스트, 표정 데이터를 분석하여 감정 상태를 실시간으로 파악하고 스트레스 예측 모델을 통해 위험 수준을 분석한다. 디지털 심리 시뮬레이션은 스트레스 요인에 따른 심리적 반응을 가상 환경에서 테스트하며, 가상 현실(VR)과 증강 현실(AR)을 활용해 치료 시나리오를 시뮬레이션한다.

맞춤형 치료와 피드백 기술은 개인화된 치료 계획을 수립하고 실시간 피드백을 제공하여 생활 습관 개선과 스트레스 관리를 지원하고 이와 함께 블록체인 기술을 통해 민감한 데이터를 보호하고, 정신 건강 데이터의 윤리적, 법적 규정을 준수하여 신뢰성을 확보할 수 있다. 표 5는 멘탈 디지털 트윈의 적용 서비스를 구분한다[5].

[표 5] 멘탈 디지털 트윈의 적용 서비스

기술	내용	적용 사례
AI 및 머신러닝	수집된 데이터를 분석하고, 정신 건강 상태를 예측하며, 맞춤형 치료를 설계하는 데 사용	우울증 발병 가능성 예측, 심리적 이상 패턴 감지, 맞춤형 치료 알고리즘 추천.
빅데이터 분석	대규모 정신 건강 데이터(생체 데이터, 진단 기록, 행동 데이터 등)를 통합적으로 처리하고 분석하여 개인화된 디지털 트윈을 구축	행동 패턴 분석, 심리적 트리거 발견, 집단 정신 건강 연구 지원
IoT 및 웨어러블 기기	심박수, 혈압, 수면 패턴, 신체 활동량 등의 생체 데이터를 실시간으로 수집하여 디지털 트윈 모델에 반영	웨어러블 기기를 통한 스트레스 추적, 생체 신호 기반 정신 건강 상태 감지
자연어 처리(NLP)	상담 기록, 일기, 소셜 미디어 데이터 등 텍스트 기반 데이터를 분석하여 감정 상태와 심리적 변화를 파악	대화형 AI 기반 상담, 텍스트에서 스트레스 및 불안 상태 감지
가상 현실(VR) 및 증강 현실(AR)	가상 환경을 활용하여 치료 시뮬레이션, 심리적 트리거 노출 치료, 가상 상담 등을 제공	PTSD 환자의 가상 치료, 공포증 극복을 위한 VR 기반 노출 요법
클라우드 컴퓨팅	디지털 트윈 데이터를 저장하고, 의료 기관과 사용자 간 데이터를 공유하며, 대규모 분석 작업을 처리	디지털 트윈 모델의 실시간 업데이트, 의료진 간 협업 데이터 공유
신경과학 및 생리 모델링	뇌 활동 및 신경 신호 데이터를 모델링하여 정신 건강 상태를 보다 정밀하게 분석하고 예측	뇌 신경 네트워크 모델링, 신경 생리학적 반응 분석
생체 신호 처리 기술	심박 변이도(HRV), 피부 전도도(GSR), EEG(뇌파) 등 생체 신호 데이터를 분석하여 정신 건강 상태를 반영	스트레스 반응 감지, 불안 및 우울 증상의 생리적 원인 분석
디지털 치료	앱 기반 치료, 행동 수정 프로그램, 정신 건강 개선을 위한 디지털 치료제를 제공	우울증 관리 앱, 디지털 CBT(인지 행동 치료) 플랫폼
블록체인	민감한 정신 건강 데이터를 안전하게 저장하고, 데이터 공유 시 투명성과 보안성을 보장	개인 데이터 보호, 의료 기관 간 데이터 신뢰도 보장
동적 시뮬레이션 기술	정신 건강 상태에 영향을 미칠 수 있는 다양한 요인을 디지털 트윈 모델에서 시뮬레이션하여 치료 효과를 사전에 평가	약물 치료 효과 가상 테스트, 특정 환경에서의 심리적 반응 시뮬레이션
멀티모달 데이터 통합 기술	생체 데이터, 환경적 요인, 행동 데이터 등 다양한 유형의 데이터를 통합하여 종합적인 디지털 트윈 모델을 생성	개인화된 정신 건강 프로파일링, 복합 요인 기반 상태 분석

3. 메디컬 트윈의 기술 동향

3.1. 유럽

유럽은 Horizon 2020 프로젝트를 통해 COVID-19 진단 방법을 개선하는 디지털 트윈기술 (DIGIPREDICT)는 디지털 트윈 기술을 활용하여 질병의 진행을 조기에 예측할 수 있었다. 특히 COVID-19와 같은 감염성 질환 및 심혈관 질환의 진행을 예측하여 개인 맞춤형 치료를 지원하는 데 중점을 두었다[6-8]. 그림 1은 DigiPredict 모델의 구성과 결과물을 나타낸다.

DigiPredict의 주요 기능은 3가지 영역으로 첫째, 디지털 트윈 모델 개발하여 환자의 생리적 및 병리적 상태를 정확하게 반영하는 디지털 트윈 플랫폼을 개발하여, 질병의 진행 과정을 예측하고 개인별 맞춤형 치료를 지원한다. 둘째, 혈중 산소 수준, 호흡률, 체온 등 다양한 의료 데이터를 수집할 수 있는 스마트 패치를 개발했다. 이 패치는 나노센서와 인공지능(AI) 기반의 스마트폰 애플리케이션과 연동되어, 사이토카인 폭풍 등의 위험 신호를 실시간으로 추적할 수 있다. 셋째, 수집된 데이터를 분석하여 환자의 상태를 실시간으로 모니터링하고, 질병의 진행을 예측하며, 조기 경고를 제공하는 인공지능 기반 예측 시스템 구축하였다 최근 '헬스케어 위한 디지털 트윈'이라는 주제로 첫 번째 국제 심포지엄을 개최하여, 디지털 트윈 기술의 헬스케어 적용에 대한 최신 연구 결과를 공유하고 논의하였다[9].



[그림 1] Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-analyses(PRISMA)의 구성에 따른 시각화

독일 지멘스 헬시니어스의 의료영상 기기는 저선량의 고해상도 영상을 제공하는 동시에 진단 및 혈관중재 프로세스에 효율적인 역할을 하도록 개발되었다[10]. 호흡기, 고심박수 심장 및 소아 환자 등 까다로운 검사를 효율적으로 수행할 수 있으며, 관상동맥, 뇌졸중 등 골든 타임 내 복잡한 치료과 입원, 외래 및 응급실 환자의 정밀 진단을 지원하며, 대형 통합 의료 제공 네트워크(Integrated Delivery Networks) 기관에서 이용 가능과 지속적인 고성능을 요하는 방사선사들에 최적화된 하이엔드 모델이 개발되어 활용하고 있다. 환자와의 집중적 상호작용을 지원해 소아 환자 및 위장질환 검사 등에 특화됐으며, 방사선 및 형광투시 검사 진행 시 손쉽고 빠른 전환이 가능하며 엑스레이 튜브와 디텍터의 거리로 인해 발생하는 영상의 왜곡을 줄이며 환자 바로 옆 콘솔에서 원격 조정이 가능해 소아 환자 및 특정 형광투시 검사에 유용하고, 영상의 왜곡을 줄이며 미세 구조의 병변을 더 잘 발견할 수 있다고 한다. 지멘스사의 의료영상 기기는 그림 2에서 볼 수 있다.



[그림 2] 지멘스 헬시니어스 광자 계수 CT 및 AI 초음파 솔루션

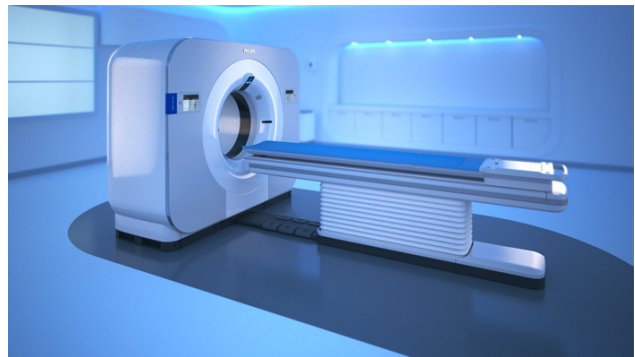
프랑스 Dassault System은 의료 영상(MRI)과 ECG(Electrocardiogram)을 이용하여 심장의 구조적 모델링 및 기능성 재현하고 시뮬레이션하는 ‘Living Heart Project’ 진행하였다[11]. Living Heart Project는 검증되고 상업적으로 이용 가능한 심장 모델의 협력적 개발을 촉진하고 새로운 디지털 치료법을 탐구하고 있다. 미국 식품의약국과 10년간 협력 연구 계약을 체결하여 심장 박동 조절기 리드와 기타 심혈관 장치의 삽입, 배치 및 성능으로 시작하는 테스트 패러다임을 평가하고 있으며, Living Heart Project가 개인화된 중재적 심장 환자 치료를 제공하는 데 한 걸음 더 가까워지고 있다. 협력의 두 번째 단계는 21세기 치료법을 지원하여 계산 모델링 및 시뮬레이션을 기반으로 하는 가상 환자를 사용하여 새로운 기기 설계에 대한 임상 시험의 효율성을 개선하기 위해 Living Heart 시뮬레이션 3D 심장 모델을 사용한 획기적인 프로젝트는 새로운 심혈관 기기 승인을 위한 디지털 증거 소스로 심장 시뮬레이션을 사용하는 것을 검토한다. 여

기에는 동물 실험이나 필요한 환자 수를 줄이면서도 기기의 안전성과 효능을 입증하는 것을 목표로 하는 실리코 임상 시험이 포함됩니다. 새로운 디지털 프로세스는 지연과 비용으로 인해 환자가 새로운 치료법에 접근하는 데 방해가 될 수 있는 현재의 프로세스보다 더 효율적이고 저렴하도록 의도되었지만 기기의 안전성과 효능에 대한 엄격성 유지하며 효과적인 새로운 치료법 개발하고 있다. 그림 3은 Dassault System의 심장의 구조적 모델링을 보여준다.



[그림 3] Dassault System의 심장의 구조적 모델링

Philips는 디지털 환자(Digital Patient)를 이용한 의사결정 지원으로 환자에 대한 최상의 치료방법 혹은 회피해야 하는 치료방법에 대해서 가상 신체 상태에서 파악 가능한 기술 개발하였다. 디지털 트윈 기술을 활용해 환자 발생 시, 환자와 가장 유사한 ‘디지털 환자’ 정보를 통해 어떤 치료나 시술이 효과적인지 확인하는 과정에서 디지털 환자는 각종 검사 등을 통해 검진, 상태 정보가 관리되며, 행동·유전데이터까지 포함한 환자 대인화 모델이다. 기존 대비 신규 상태를 비교함으로써 작은 증상까지 확인할 수 있어서 정확한 진단 및 치료 가능하다. 그림 4는 Philips의 영상진단 솔루션을 나타낸다[12].



[그림 4] Philips의 영상진단 솔루션

3.2. 일본

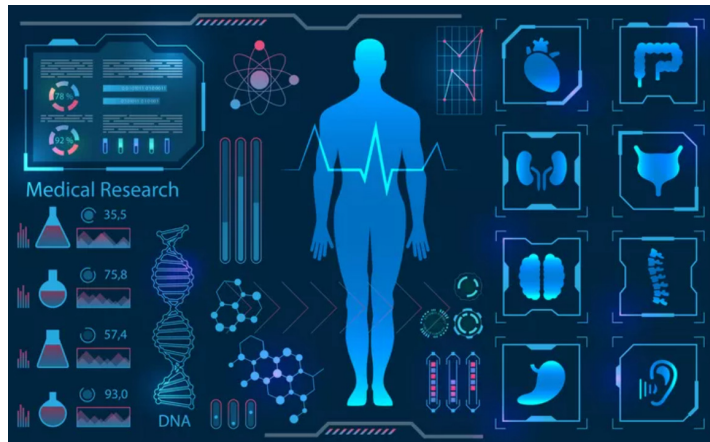
일본에서는 의료 디지털 트윈 기술 활용을 위한 디지털 의료 데이터 뱅크 추진하고 디지털 의료 데이터 뱅크 구축을 통한 방대한 의료 디지털 데이터를 이용하여 AI 기술을 활용한 의료기기 개발 및 신약 개발 등을 응용하여 확대하고 있다. 또한, 국립암연구센터와 FUJIFILM사는 AI 의료정보 플랫폼인 ‘SYNAPSE Creative Space’ 개발하였다[13].

“SYNAPSE Creative Space”는 클라우드에서 이미지 진단을 지원하는 AI 기술 개발에서 프로젝트 관리, 주석, 학습, AI 기술 테스트와 같은 일련의 개발 프로세스를 가능하게 하는 서비스입니다. 개발 환경은 클라우드에서 준비되어 있어서 손에 PC만 있으면 쉽게 사용할 수 있다. 또한 후지필름과 국립암센터 일본이 공동으로 개발한 의료 이미지에 대한 여러 학습 모델을 사용할 수 있으므로 의사와 연구자는 처음부터 직접 학습 모델을 설계하지 않고도 AI 기술을 개발할 수 있다. 또한 이 서비스의 진단 지원 도구는 일본에서 출시되어 임상 현장에서 사용되는 후지필름의 AI 플랫폼과 유사한 화면 디자인을 갖추고 있어 진단 이미지와 유사한 사진을 참조하고 진단 메시지를 작성할 수 있다.

“SYNAPSE Creative Space”는 2022년 4월부터 일본 내 40개 이상의 의료 및 연구 기관에서 실시한 실험에서 접수된 요청을 반영하는 향상된 진단 지원을 위한 메시지 작성 기능을 포함하여 사용하기가 더욱 쉬워졌다. 이는 영상 진단을 지원하는 AI 기술 개발을 강력히 지원한다. 또한, 연구 개발을 위한 지원 도구로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 의료 전문가와 의대생의 실습 교육을 위한 교육 도구로도 사용할 수 있다. 이를 통해 학생들은 공학 지식 없이도 AI 기술 개발의 일부를 경험할 수 있으므로 임상 환경에서 점점 더 많이 사용되고 있는 AI 기술의 기본 원리와 메커니즘을 이해하고 AI 리터러시를 향상하는 데 도움이 된다.

3.3. 미국

미국 트윈헬스사는 디지털 트윈 시뮬레이션을 이용해 당뇨병 환자 치료를 돕고 영양학적 조언을 제공하는 서비스를 제공하는데 디지털 트윈 서비스 피험자는 음식 섭취 일지 기록 및 분기별 혈액검사에 사용되는 앱을 사용하여 정보를 트윈헬스로 보내는 웨어러블 센서를 장착했다[14]. 혈당의 평균 절대 오차를 목적 함수로 사용해 RNN을 통해 영양소 변경 또는 수면 요법 변경 등과 같은 상황을 시뮬레이션한 후 혈당에 미치는 영향을 확인할 수 있다. 특정 개인에게 어떠한 종류의 의학적 개입이 필요한지를 트윈에게 시뮬레이션함으로써 일종의 개인 맞춤형 치료법을 모델링할 수 있다. 디지털 트윈 기술을 통해 당뇨병으로 인한 발생하는 의료비를 절감할 수 있다.



[그림 5] 트윈 헬스의 흐름도[15]

4. 결론

메디컬 트윈은 의료 환경에서 환자 상태를 디지털로 재현하여 질병의 진단과 치료를 혁신적으로 개선하는 데 활용할 수 있다. 특히 심혈관, 암과 같은 주요 질환의 디지털 트윈을 통해 수술 시뮬레이션 및 신약 개발 등에 유용하며 동시에 디지털 헬스 트윈은 개인의 건강 관리와 예방적 의료의 혁신적인 기술로 발전하고 있다. 웨어러블 디바이스와 IoT 기술을 통해 데이터를 수집하고, 이를 바탕으로 생활습관 개선, 운동 계획, 스트레스 관리 등 개인화된 건강 조언을 제공한다.

휴먼 트윈은 생리적, 심리적, 행동적 데이터를 통합하여 인간의 행동과 반응을 시뮬레이션합니다. 이는 교육, 스포츠, 심리학 등의 분야에서 활용되어 학습 최적화, 스트레스 관리와 같은 다양한 분야에 응용할 수 있다. 이러한 기술은 각각의 목적에 맞게 데이터 분석과 시뮬레이션을 통해 혁신을 주도하며, 서로 보완적으로 작용하여 의료, 헬스케어, 교육, 산업 등 다양한 분야의 문제를 해결하는 데 기여할 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] 디지털 트윈 기술 보고서, ETRI 지능융합연구소, ISBN 978-89-5519-288-9
- [2] 장윤섭, 장인성, “스마트 도시 실현을 위한 디지털 트윈 기술 동향”, 전자통신동향분석 Electronics and telecommunications trends, v.36, no.1, pp.99-108, 2021년 02월.

- [3] 정득영, “디지털 트윈 기술 K-로드맵”, 정보통신기획평가원, 2021년 12월
- [4] 보건복지부, “메디컬 트윈(Medical Twin) 기술로 미래의료 앞당긴다”, 제5차 보건의료데이터 혁신 토론회, 2021년11월.
- [5] 송근혜 외 2인, “정신건강을 위한 인공지능 활용과 유망서비스”, 전자통신동향분석, Electronics and telecommunications trends, v.35 no.6, pp.12-23, 2020년 12월.
- [6] Chepkoech Buttia, Erand Llanaj, Hamidreza Raeisi-Dehkordi, Lum Kastrati, Mojgan Amiri, Renald Meçani, Petek Eylül Taneri· Sergio Alejandro Gómez Ochoa, Peter Francis Raguindin⁶, Faina Wehrli, Farnaz Khatami, Octavio Pano Espínola· Lyda Z. Rojas, Aurélie Pahud de Mortanges ·Eric Francis Macharia-Nimietz, Fadi Alijla· Beatrice Minder, Alexander B. Leichtle, Nora Lüthi ·Simone Ehrhard, Yok-Ai Que, Laurenz Kopp Fernandes, Wolf Hautz, Taulant Muka,"Prognostic models in COVID-19 infection that predict severity: a systematic review," European Journal of Epidemiology, V. 38, pp.355-372, 2023. Feb.
- [7] MeDiTATe, [Internet]. Available : <https://meditate-project.eu/project/>
- [8] DIGIPREDICT, [Internet]. Available : <https://www.digipredict.eu/>
- [9] The 1st Symposium on Digital twins for Healthcare, [Internet]. Available : <https://www.digipredict.eu/news/>
- [10] 지멘스, [Internet]. Available : <https://resources.sw.siemens.com/ko-KR/video-digital-twin-manufacturing-case-study>
- [11] The Living Heart Project, [Internet]. Available : <https://www.3ds.com/products-services/simulia/solutions/life-sciences-healthcare/the-living-heart-project/>
- [12] Philips의 영상진단 솔루션 [Internet]. Available : <https://www.philips.co.kr/a-w/about/news/archive/standard/about/news/press/2021/20213008-philips-korea-to-show-smart-radiology-solution-for-realizing-precision-medicine-at-kcr2021.html>
- [13] SYNAPSE Creative Space [Internet]. Available : https://synapse-creative-space-jp.fujifilm.com/trial_version
- [14] Twinhealth, [Internet]. Available : <https://usa.twinhealth.com>
- [15] Verywellhealth, [Internet]. Available : <https://www.verywellhealth.com/digital-twin-computer-model-of-patients-5120469>

주제원고

디지털 트윈과 예지 보전: 개요 및 기술적 접근

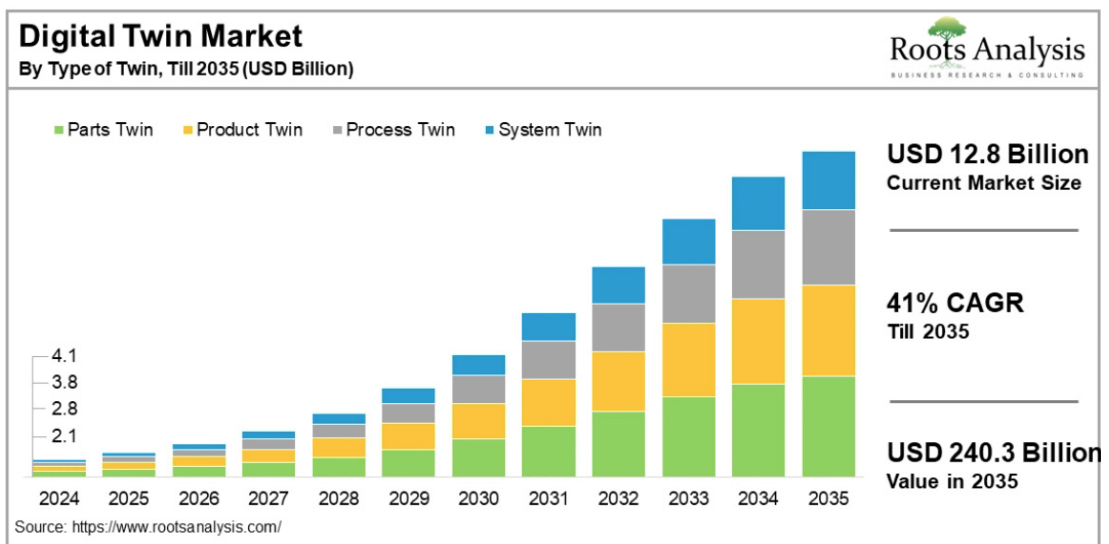
제스엔지니어링
이양원



1. 서론

1.1. 연구 배경

현대 산업 환경에서 디지털 트윈(Digital Twin)과 예지보전(Predictive Maintenance) 기술은 4차 산업혁명의 핵심 동력으로 부상하고 있다. 이 두 기술은 제조업과 에너지 산업을 중심으로 전례 없는 혁신을 주도하고 있으며, 생산성 향상, 비용 절감, 그리고 지속가능성 증대에 크게 기여하고 있다. [그림 1]에 보인 Root Analysis의 최근 보고서에 따르면, 2035년까지 전 세계 기업의 70%가 디지털 트윈 기술을 도입할 것으로 예상되며, 이는 연평균 41%라는 놀라운 성장률을 보여주고 있다. 이러한 급속한 기술 채택은 산업 전반에 걸쳐 새로운 패러다임을 형성하고 있으며, 기업들의 경쟁력 강화에 핵심적인 역할을 하고 있다[1,2,4][19].



[출처: <https://www.rootsanalysis.com/reports/digital-twins-market.html>]

[그림 1] 전세계 디지털 트윈 시장 전망

1.2. 연구 목적

본 연구는 디지털 트윈과 예지보전 기술의 고급 개념을 심도 있게 탐구하고, 이 두 기술의 융합이 창출하는 시너지 효과를 다각도로 분석하는 것을 목적으로 한다. 구체적인 연구 목표는 다음과 같다.

- 디지털 트윈과 예지보전 기술의 최신 동향과 핵심 구성 요소를 체계적으로 정리하고 분석
- 두 기술의 융합이 산업 현장에 미치는 영향과 잠재적 이점을 정량적, 정성적으로 평가
- 실제 산업 현장에서의 적용 사례를 통해 이론과 실제의 간극을 좁히고, 성공적인 구현을 위한 핵심 요소들을 도출
- 머신러닝, 딥러닝, 엣지 컴퓨팅 등 첨단 기술의 구체적인 적용 방안을 제시하고, 이를 통해 산업 현장에서 직면하는 실질적인 문제들에 대한 해결책을 모색
- 디지털 트윈과 예지보전 기술 도입에 따른 ROI(투자수익률)와 효율성 개선 효과를 분석하여, 기업의 의사결정자들에게 실질적인 지침을 제공
- 기술 도입에 따른 조직 문화의 변화, 인력 개발의 필요성, 그리고 윤리적, 법적 고려사항을 탐구하여 전체론적 관점에서의 접근 방식을 제시

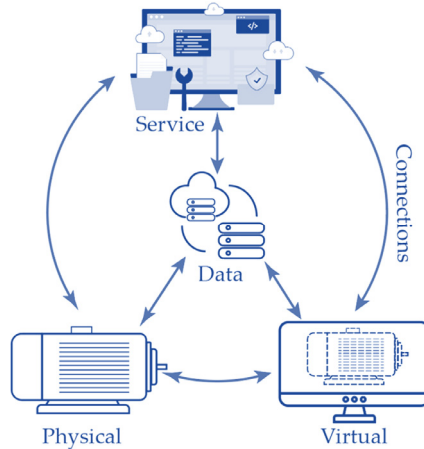
본 연구는 학계와 산업계 모두에게 유용한 인사이트를 제공하는 것을 목표로 하며, 향후 기술 발전과 산업 혁신의 방향을 제시하는 데 기여하고자 한다. 특히, 국내 산업 환경에 적합한 디지털 트윈과 예지보전 기술의 적용 전략을 도출하여, 국내 기업들의 경쟁력 강화에 실질적으로 기여하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 디지털 트윈의 개념과 발전 과정을 살펴보고, 3장에서는 예지보전의 기본 원리와 특징을 설명한다. 4장에서는 두 기술의 융합 모델과 핵심 기술을 다루며, 5장에서는 구체적인 기술적 접근 방법을 제시한다. 6장에서는 실제 구현 사례와 성과를 분석하고, 마지막으로 7장에서는 결론 및 향후 전망을 제시한다.

2. 디지털 트윈의 개념과 발전

2.1. 디지털 트윈의 정의

디지털 트윈은 물리적 객체나 프로세스를 가상 환경에서 정교하게 재현한 디지털 표현이다. 이는 단순한 3차원 모델링(3D Modelling)을 넘어서, [그림 2]와 같이 실제 객체의 기하학적 특성, 물리적 속성, 행동 패턴, 그리고 운영 규칙 및 제약 조건까지 포함하는 복합적인 디지털 생태계(Digital Ecosystem)이다[20]. 디지털 트윈의 핵심은 실시간 데이터를 기반으로 한 동적 시뮬레이션, 분석, 그리고 최적화 능력에 있다. 이를 통해 물리적 세계의 변화를 즉각적으로 디지털 환경에 반영하고, 역으로 디지털 환경에서의 시뮬레이션 결과를 물리적 세계에 적용할 수 있는 양방향 상호작용이 가능해진다[16,17].



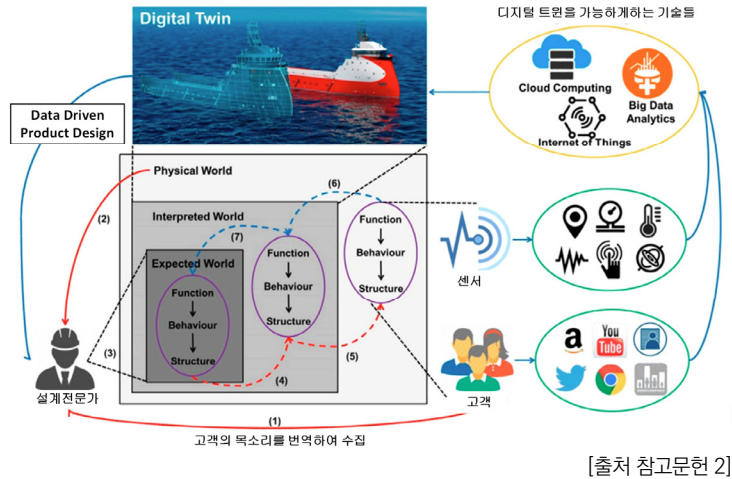
[그림 2] 디지털 트윈의 기본 구조

2.2. 디지털 트윈의 구성 요소

디지털 트윈은 여러 핵심 요소들의 유기적인 결합으로 구성되며 주요 구성요소는 [그림 3]과 같이 크게 네 가지 주요 구성요소로 이루어진다. 먼저 물리적 객체 층(Physical Layer)는 다양한 센서와 계측기가 장착된 실제 시스템을 의미하고, 이 물리적 객체의 상태와 동작은 지속적으로 모니터링되고 제어된다. 다음으로 디지털 모델 층(Digital Model Layer)은 이 물리적 객체를 가상 환경에서 정확히 표현한 것으로, CAD 모델부터 복잡한 물리 기반 시뮬레이션 모델까지 다양한 형태를 취할 수 있다.

물리적 객체 층과 디지털 모델 층 사이의 통신 및 데이터 처리 층(Communication and Data Processing Layer)은 산업용 통신 프로토콜(Industrial Protocol) OPC UA(OPC Unified Architecture), MQTT(Message Queuing Telemetry Transport) 등으로 이루어진다. 이러한 양방향 데이터 연결은 디지털 트윈의 실시간성과 정확성을 보장하는 핵심 요소이다. 수집된 방대한 양의 데이터는 시계열 데이터베이스(예: InfluxDB) 또는 분산 저장 시스템(예: Hadoop)과 같은 특화된 데이터 저장소에 저장되어 효율적으로 관리된다.

마지막으로, 이 모든 데이터를 분석하고 의미 있는 인사이트를 도출하기 위한 분석 엔진이 필요하다. 이 엔진은 다양한 머신러닝 및 AI 알고리즘을 실행하여 예측, 최적화, 이상 감지 등의 고급 분석 기능을 수행한다. 이러한 요소들이 중단없이 지속적으로 연결되어 작동할 때, 디지털 트윈은 실시간 모니터링, 예측 분석, 그리고 시스템 최적화를 가능케 하는 강력한 도구로 기능하게 된다[3].



[그림 3] 디지털 트윈 프레임워크

2.3. 산업에서의 디지털 트윈 적용 사례

디지털 트윈 기술의 산업 적용은 이미 다양한 분야에서 가시적인 성과를 내고 있다. 제조업 분야에서는 지멘스(Siemens)가 개발한 마우스스피어(Mindsphere) 플랫폼이 주목할 만한 사례이다. 이 플랫폼은 생산 라인의 디지털 트윈을 구축하여 전체 제조 프로세스를 가상 환경에서 모니터링하고 최적화할 수 있게 한다. 이를 통해 생산 공정의 효율성은 최적화를 통해 생산성이 15% 향상되었고, 품질 관리는 실시간 품질 검사 및 예측을 통한 불량률 25% 감소되었고, 에너지 효율은 공정 최적화를 통한 에너지 사용량 20% 절감되었으며, 설비종합효율(OEE: Overall Equipment Effectiveness) 12% 개선품질 관리가 더욱 정밀해졌다.

에너지 산업에서도 디지털 트윈의 활용이 두드러진다. GE 리뉴어블 에너지(GE Renewable Energy)는 풍력 터빈의 디지털 트윈을 구축하여 괄목할 만한 성과를 거두었다. 이 디지털 트윈은 실시간 기상 데이터와 터빈의 운영 데이터를 결합하여 각 터빈의 성능을 최적화하고, 잠재적인 문제를 사전에 감지한다. 그 결과, 연간 발전량이 20% 증가했으며, 유지보수 비용은 15% 절감되었다. 이는 재생에너지의 경제성과 신뢰성을 크게 향상시키는 성과로, 지속가능한 에너지 전환에 중요한 기여를 하고 있다[22,23].

이러한 사례들은 디지털 트윈 기술이 단순한 개념적 모델을 넘어, 실제 산업 현장에서 tangible한 가치를 창출하고 있음을 명확히 보여준다. 앞으로 더 많은 산업 분야에서 디지털 트윈의 적용이 확대될 것으로 예상되며, 이는 산업 전반의 디지털 전환을 가속화하는 핵심 동력이 될 것이다.

3. 예지보전(Predictive Maintenance)의 이해

3.1. 예지보전의 개념

예지보전은 현대 산업 유지관리 전략의 첨단을 달리고 있는 혁신적인 접근 방식이다. 이는 장비나 시스템의 상태를 실시간으로 면밀히 모니터링하고, 첨단 분석 기법을 적용하여 고장이 발생하기 전에 최적의 시점에 유지보수를 수행하는 방법이다. 예지보전의 핵심은 기계학습(Machine Learning) 알고리즘, 첨단 센서 기술, 그리고 빅데이터 분석의 유기적인 결합에 있다. 이러한 기술의 조화로운 통합은 장비의 상태를 정확히 예측하고, 잠재적인 문제를 사전에 식별하며, 최적의 유지보수 일정을 수립할 수 있게 한다[5~8,18].

예지보전 시스템은 지속적으로 데이터를 수집하고 분석하여 장비의 '건강 상태'를 실시간으로 평가한다. 이 과정에서 진동, 온도, 압력, 소음 등 다양한 파라미터가 모니터링되며, 이 데이터들은 고도로 정교한 알고리즘에 의해 처리된다. 알고리즘은 정상 상태와의 편차를 감지하고, 이를 바탕으로 미래 성능(future performance)을 예측한다. 이러한 예측 능력은 유지보수 팀이 문제가 심각해지기 전에 선제적으로 대응할 수 있게 하며, 이는 결과적으로 장비의 수명 연장과 운영 효율성 향상으로 이어진다.

3.2. 전통적 유지보수와 차이점

예지보전은 [그림 4]에 보는 것과 같이 기존의 예방 정비나 사후 정비와는 본질적으로 다른 접근 방식을 취한다. 이러한 차이점은 다음과 같은 특징들로 명확히 드러난다:

첫째, 예지보전은 실시간 상태 모니터링을 기반으로 한다. 고해상도 센서들이 장비의 다양한 파라미터를 연속적으로 측정하고, 이 데이터는 즉시 분석 시스템으로 전송된다. 이는 장비 상태에 대한 실시간 이해를 가능케 하여, 상태 변화에 즉각적으로 대응할 수 있게 한다.

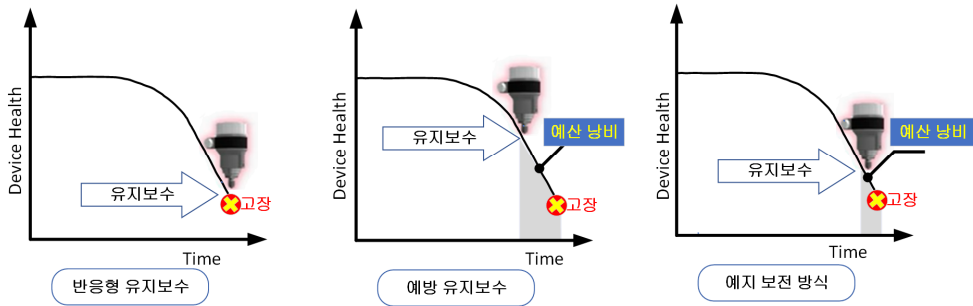
둘째, 예지보전은 데이터 기반 의사결정을 지향한다. 수집된 방대한 양의 데이터는 머신러닝 모델에 의해 처리되어 고장 예측 및 수명 예측에 활용된다. 이는 주관적 판단이나 경험에 의존하던 기존 방식과는 달리, 객관적이고 정량적인 근거를 바탕으로 의사결정을 내릴 수 있게 한다.

셋째, 예지보전은 동적인 유지보수 일정을 수립한다. 장비의 실제 상태와 예측된 성능을 바탕으로 유지보수 계획이 실시간으로 조정된다. 이는 불필요한 정비를 줄이고, 필요한 시점에 정확히 필요한 유지보수를 수행할 수 있게 한다.

마지막으로, 예지보전은 근본 원인 분석에 중점을 둔다. 단순히 문제를 해결하는 것에 그치지

않고, 고장의 근본적인 원인을 식별하고 분석함으로써 유사한 문제의 재발을 방지한다. 이는 장기적인 관점에서 시스템의 신뢰성과 안정성을 크게 향상시킨다[9~12].

이러한 특징들로 인해 예지보전은 장비의 가동 시간을 극대화하고, 유지보수 비용을 절감하며, 전반적인 운영 효율성을 높이는 데 큰 기여를 하고 있다.



[그림 4] 유지보수 방식별 차이점 비교

3.3. 예지 보전의 이점

예지보전의 도입은 [표 1]에서 보는 것과 같이 산업 현장에 다양한 측면에서 상당한 이점을 제공한다. 이러한 이점들은 정량적인 수치로 명확히 드러나며, 기업의 경쟁력 강화에 직접적으로 기여한다.

[표 1] 예지 보전의 이점

효과	설명
장비 가동 시간 증가	예지보전 도입으로 장비 가동 시간이 평균 10-20% 증가. 불필요한 점검 및 예상치 못한 고장으로 인한 다운타임 최소화. 생산성과 수익성에 긍정적 영향.
유지보수 비용 절감	예지보전으로 유지보수 비용이 평균 25-30% 절감. 불필요한 부품 교체 감소, 계획된 유지보수로 작업 효율성 향상, 긴급 수리 방지.
안전성 향상	예지보전 시스템 도입으로 사고 발생률 70-75% 감소. 잠재적 위험 사전 감지 및 대응으로 작업자 안전 향상. 인명 피해 방지 및 경제적 손실, 법적 책임 감소.
에너지 효율 개선	예지보전으로 장비 최적 운영 조건 유지, 에너지 효율 평균 5-10% 개선. 환경적 측면에서 중요하며, 운영 비용 절감에 기여.
제품 품질 향상	예지보전 적용으로 불량률 35-45% 감소. 장비 최적 상태 유지로 제품 품질 안정성 향상, 고객 만족도 및 브랜드 가치 제고.

이러한 다양한 이점들은 예지보전이 단순한 유지보수 전략을 넘어, 기업의 전반적인 운영 효율성과 경쟁력을 높이는 핵심 요소로 자리잡고 있음을 보여준다. 특히 Industry 4.0 시대에 예지보전은 스마트 팩토리 구현의 필수적인 요소로 인식되고 있으며, 앞으로 그 중요성은 더욱 커질 것으로 예상된다[13~15].

4. 디지털 트윈과 예지보전의 융합

4.1. 디지털 트윈 기반 예지보전 모델

디지털 트윈과 예지보전 기술의 융합은 산업 유지보수 분야에 혁명적인 변화를 가져오고 있다. 이 융합 모델은 실시간 데이터와 고도화된 시뮬레이션을 결합하여 예측의 정확성과 의사결정의 효율성을 크게 향상시킨다. [그림5]에 보인 것과 같이 이 융합 모델은 다음과 같은 고급 기능을 제공한다.

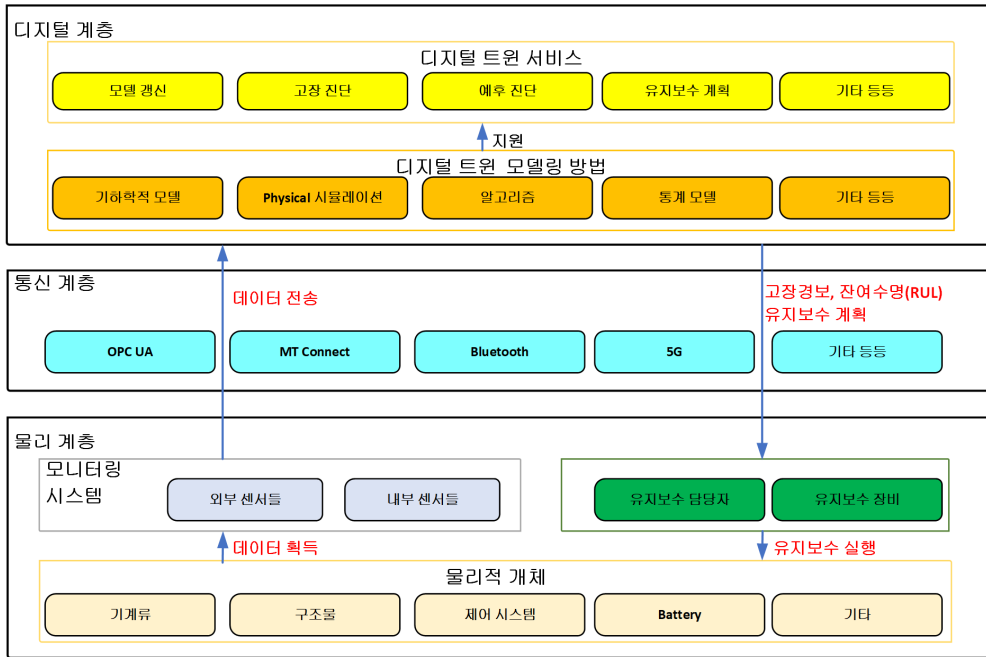
첫째, 물리 기반 모델링과 데이터 기반 모델링의 결합을 통한 하이브리드 모델을 구축한다. 물리 기반 모델은 시스템의 기본적인 동작 원리를 표현하며, 데이터 기반 모델은 실제 운영 데이터를 바탕으로 시스템의 미세한 변화와 비선형적 동작을 포착한다. 이 두 접근 방식의 결합은 모델의 정확성과 적응성을 동시에 높인다.

둘째, 가상 센서의 구현이 가능해진다. 물리적으로 측정이 어렵거나 불가능한 파라미터들을 디지털 트윈 내에서 추정할 수 있게 된다. 이는 시스템에 대한 더 깊은 이해와 모니터링을 가능케 하며, 실제 센서의 설치가 어려운 환경에서 특히 유용하다.

셋째, What-if 시나리오 분석이 가능해진다. 디지털 트윈을 통해 다양한 운영 조건과 유지보수 시나리오를 가상으로 테스트할 수 있다. 이는 실제 시스템에 위험을 가하지 않고도 최적의 운영 전략과 유지보수 계획을 수립할 수 있게 해준다.

마지막으로, 멀티스케일 모델링이 가능해진다. 개별 부품 수준에서부터 전체 시스템 수준까지 다양한 스케일의 모델을 통합하여 분석할 수 있다. 이는 시스템의 전체적인 성능과 개별 구성요소 간의 상호작용을 동시에 고려할 수 있게 해준다[9].

이러한 고급 기능들은 예지보전의 정확성과 효과성을 크게 향상시키며, 더 나아가 전체 시스템의 최적화와 혁신적인 설계 개선까지 가능하게 한다.



[그림 5] 예지 보전을 위한 디지털 트윈의 일반적인 모델

4.2. 핵심 기술: 인공지능과 빅데이터 분석

디지털 트윈 기반 예지보전 모델의 핵심에는 첨단 인공지능과 빅데이터 분석 기술이 자리잡고 있다. 이러한 기술들은 복잡한 시스템의 동작을 이해하고 예측하는 데 필수적이며, 다음 [표 2]와 같은 주요 AI 기술들이 활용된다.

[표 2] 인공지능과 빅데이터분석 주요 기술들

분류	알고리즘	설명
시계열 예측	LSTM, Prophet, ARIMA	시간에 따른 시스템의 동적 변화를 모델링하고 미래 상태를 예측. LSTM은 장기 의존성을 학습하여 복잡한 시스템 동작 예측에 유용.
이상 감지	오토인코더, Isolation Forest, DBSCAN	정상 동작 패턴에서 벗어난 비정상적인 동작을 식별. 오토인코더는 고차원 데이터에서의 이상 감지에 효과적.
고장 분류	Random Forest, XGBoost, SVM	다양한 고장 유형을 식별하고 분류. 각 알고리즘의 특성에 따라 다양한 상황에 적용.
잔여수명예측 (RUL)	Particle Filtering, Deep Belief Network	현재 상태를 바탕으로 시스템이나 장비의 잔여 수명을 예측. Particle Filtering은 비선형, 비가우시안 시스템에서의 RUL 예측에 강점.

이러한 AI 기술들은 대규모 센서 데이터를 효과적으로 처리하고 분석하여, 시스템의 현재 상태를 정확히 진단하고 미래 상태를 예측하는 데 핵심적인 역할을 한다. 이를 통해 더 정확하고 신뢰성 있는 예지보전이 가능해지며, 궁극적으로는 시스템의 안정성과 효율성을 크게 향상시킬 수 있다.

4.3. 실시간 모니터링 및 의사결정 지원

디지털 트윈과 예지보전의 융합 모델에서 실시간 데이터 처리와 의사결정 지원은 핵심적인 부분을 차지한다. 이를 위해 다음 [표 3]과 같은 첨단 기술들이 활용된다.

[표 3] 실시간 모니터링 및 의사결정 지원 기술

분류	기술 및 알고리즘	설명
스트림 프로세싱	Apache Kafka, Apache Flink	대용량의 센서 데이터를 실시간으로 수집, 처리, 분석. Kafka는 높은 처리량과 낮은 지연시간을 보장하여 대규모 산업 시설의 실시간 모니터링에 적합.
복합 이벤트 처리 (CEP)	Esper, WSO2 Stream Processor	여러 데이터 소스에서 발생하는 다양한 이벤트들의 복잡한 패턴을 실시간으로 감지하고 분석. 단순한 임계값 기반 알람을 넘어서 복잡한 시스템 상태 변화를 즉각적으로 감지.
규칙 기반 엔진	Drools, CLIPS	전문가의 지식을 규칙 형태로 코드화하여 일관성 있는 의사결정을 자동으로 수행. 긴급 상황에서의 신속한 대응에 유용.
강화학습	Deep Q-Network(DQN), Proximal Policy Optimization(PPO)	복잡한 환경에서 장기적인 보상을 최대화하는 정책을 학습. 동적이고 불확실한 산업 환경에서의 최적 운영 전략 수립에 활용.

이러한 기술들의 조합은 대규모 산업 시설의 복잡한 운영 환경에서도 실시간으로 데이터를 처리하고, 의미 있는 인사이트를 도출하며, 최적의 의사결정을 지원할 수 있게 한다. 이는 단순히 고장을 예측하는 것을 넘어서, 전체 시스템의 성능을 최적화하고 운영의 효율성을 극대화하는 데 기여한다.

더불어, 이러한 실시간 모니터링과 의사결정 지원 시스템은 인간 운영자와의 효과적인 협업을 가능하게 한다. 시스템이 제공하는 객관적인 데이터와 인사이트를 바탕으로, 운영자는 더 신속하고 정확한 판단을 내릴 수 있게 되며, 이는 전반적인 운영 안정성과 효율성 향상으로 이어진다.

5. 기술적 접근 방법

5.1. 센서 데이터 수집 및 통합

디지털 트윈과 예지보전 시스템의 성능은 고품질의 데이터 수집에서 시작된다. 최신 센서 기술과 데이터 수집 방법은 이전에는 불가능했던 수준의 정밀도와 실시간성을 제공하고 있다. 구체적으로 다음과 같은 기술들이 활용되고 있다:

MEMS(Micro-Electro-Mechanical Systems) 기반 고해상도 진동 센서는 10kHz 이상의 샘플링 레이트를 제공한다. 이는 기계 장비의 미세한 진동까지 포착할 수 있게 해주어, 초기 단계의 결함 탐지를 가능하게 한다. 예를 들어, 베어링의 미세한 결함으로 인한 고주파 진동을 조기에 감지하여 대형 고장을 예방할 수 있다.

열화상 카메라 기술의 발전으로 0.05°C 이하의 온도 분해능을 가진 센서가 사용되고 있다. 이러한 고정밀 열화상 기술은 전기 설비나 기계 장비의 과열 지점을 정확히 식별할 수 있게 해주며, 에너지 손실이나 잠재적 화재 위험을 조기에 감지할 수 있다.

초음파 센서 기술은 0.1mm 이하의 거리 측정 정밀도를 제공한다. 이는 기계 부품의 미세한 변형이나 마모를 정확히 측정할 수 있게 해주어, 장비의 정밀한 상태 모니터링을 가능하게 한다.

이러한 고정밀 센서들로부터 수집되는 대량의 데이터를 효과적으로 전송하고 처리하기 위해, 5G 네트워크 기술이 활용되고 있다. 5G는 최대 20Gbps의 데이터 전송 속도와 1ms 이하의 지연 시간을 제공하여, 실시간 고해상도 데이터 스트리밍을 가능하게 한다. 이는 특히 대규모 산업 현장에서 수많은 센서의 데이터를 동시에 처리해야 하는 상황에서 큰 이점을 제공한다.

또한, 엣지 컴퓨팅 기술의 발전으로 데이터의 전처리와 초기 분석이 현장에서 이루어질 수 있게 되었다. Nvidia Jetson이나 Intel NUC와 같은 고성능 엣지 디바이스들이 산업 현장에 도입되고 있다. 이들은 데이터를 실시간으로 압축하고 초기 분석을 수행함으로써, 네트워크 부하를 줄이고 중앙 시스템의 분석 효율성을 높인다. 예를 들어, 진동 데이터의 고주파 성분만을 추출하여 전송하거나, 이상 징후가 감지된 데이터만을 선별적으로 전송하는 등의 지능적인 데이터 관리가 가능해졌다[8].

이러한 첨단 센서 기술과 데이터 수집 방법의 조합은 디지털 트윈의 정확성과 실시간성을 크게 향상시키며, 이는 결과적으로 예지보전 시스템의 성능 향상으로 이어진다.

5.2. 머신러닝 알고리즘의 적용

예지보전 시스템의 핵심은 수집된 데이터를 바탕으로 미래의 상태를 정확히 예측하는 것이다. 이를 위해 다양한 고급 머신러닝 기법들이 활용되고 있으며, 그 중 주목할 만한 접근 방식들은 다음 [표 4]와 같다.

[표 4] 기계학습 종류

주제	내용
전이학습 (Transfer Learning)	유사한 장비 간 학습 모델을 공유하고 적응시키는 기술. 데이터가 부족한 새로운 장비나 환경에서도 효과적인 예측 모델을 빠르게 구축 가능. 예: 대형 터빈에서 학습된 모델을 소형 터빈에 적용, 적은 데이터로 fine-tuning.
연합학습 (Federated Learning)	여러 사이트의 데이터를 중앙에 집중시키지 않고도 global model을 학습하는 기술. 데이터 프라이버시 문제 해결, 다양한 운영 환경의 데이터 활용 가능. 예: 여러 공장이나 지역에 분산된 유사 장비 데이터 활용.
오토ML (AutoML)	하이퍼파라미터 최적화와 모델 구조 탐색을 자동화하는 기술. 데이터 사이언티스트의 개입 최소화, 최적의 예측 모델 구축 가능. 예: Google Cloud AutoML, H2O.ai의 AutoML 플랫폼.
설명 가능한 AI (XAI: eXplainable AI)	모델의 예측 결과에 대한 해석을 제공하는 기술. SHAP, LIME 같은 기법 활용, 모델의 의사 결정 과정 이해 가능. 고위험 산업 환경에서 AI 신뢰성 확보, 전문가 검증 용이.

이러한 고급 머신러닝 기법들의 적용은 예지보전 시스템의 예측 정확도를 높이고, 다양한 운영 환경에 대한 적응력을 향상시키며, 모델의 신뢰성과 해석 가능성을 제공한다. 이는 결과적으로 산업 현장에서의 AI 기반 의사결정의 수용성을 높이고, 더 효과적인 유지보수 전략 수립을 가능하게 한다.

5.3. 디지털 트윈 시뮬레이션 기법

디지털 트윈의 핵심 요소 중 하나는 정교한 시뮬레이션 능력이다. 최신 디지털 트윈 시뮬레이션 기법들은 물리적 시스템의 복잡한 동작을 높은 정확도로 모사할 수 있게 해주며, 다음과 같은 첨단 기술들이 활용되고 있다:

멀티피직스 시뮬레이션은 여러 물리 현상을 동시에 고려하여 시스템을 모델링하는 기법이다. COMSOL Multiphysics[25]나 ANSYS[26] 같은 고급 시뮬레이션 도구들이 이를 위해 사용된다. 예를 들어, 터빈 블레이드의 공기역학적 특성, 열역학적 특성, 구조적 특성을 동시에 고려한 시뮬레이션이 가능하다. 이는 복잡한 시스템의 다양한 측면을 통합적으로 분석할 수 있게 해준다.

확률론적 시뮬레이션은 시스템의 불확실성을 고려한 모델링 기법이다. 몬테카를로 방법이나 베이지안 네트워크가 이를 위해 활용된다. 이 기법은 입력 파라미터의 불확실성이 시스템 성능에 미치는 영향을 분석할 수 있게 해주며, 리스크 평가와 강건한 설계에 중요한 역할을 한다.

GPU 가속 시뮬레이션은 그래픽 처리 장치의 병렬 처리 능력을 활용하여 대규모 시뮬레이션의 속도를 극적으로 향상시키는 기술이다. CUDA나 OpenCL 같은 프레임워크가 이를 위해 사용된다. 이는 특히 유체역학 시뮬레이션이나 분자 동역학 시뮬레이션 같은 계산 집약적 작업에서 큰 이점을 제공한다.

디지털 트윈 오케스트레이션은 여러 개의 디지털 트윈 모델을 통합하고 관리하는 기술이다. Eclipse Ditto[27]나 Azure Digital Twins[28] 같은 플랫폼들이 이를 위해 사용된다. 이 기술은 복잡한 시스템의 여러 구성 요소들을 개별적으로 모델링하고, 이들 간의 상호작용을 시뮬레이션할 수 있게 해준다. 예를 들어, 전체 공장의 디지털 트윈을 구성할 때, 개별 장비의 디지털 트윈들을 통합하고 이들 간의 상호작용을 모델링할 수 있다[10].

이러한 첨단 시뮬레이션 기법들의 조합은 디지털 트윈의 정확성과 유용성을 크게 향상시킨다. 이를 통해 실제 시스템의 거동을 더욱 정밀하게 예측할 수 있으며, 다양한 시나리오에 대한 가상 실험을 수행할 수 있다. 이는 결과적으로 더 효과적인 예지보전 전략 수립과 시스템 최적화를 가능하게 한다.

6. 구현 사례 및 성과 분석

6.1. 제조업에서의 적용 사례

제조업은 디지털 트윈과 예지보전 기술의 적용이 가장 활발한 분야 중 하나이다. 특히 자동차 제조 분야에서 이 기술의 도입으로 인한 혁신적인 변화가 두드러지고 있다. 대표적인 사례로 자동차 제조사들의 경우를 살펴볼 수 있다.

Ford, Tesla, BMW, Daimler 사들은 생산 라인 전체에 대한 디지털 트윈 기반 예지보전 시스템을 구축했다. 이 시스템은 다음 [표 5]와 같은 요소들로 구성되어 있다[29].

이러한 성과는 디지털 트윈과 예지보전 기술이 제조업의 생산성과 효율성을 크게 향상시킬 수 있음을 명확히 보여준다. 특히 대규모 생산 시설에서 이 기술의 효과가 더욱 두드러지며, 이는 향후 스마트 팩토리 구현의 핵심 요소로 자리잡을 것으로 예상된다.

[표 5] 디지털 트윈 기반 예지보전 시스템 구성 요소

주제	내용	비고(주요성과)
센서 네트워크	생산 라인의 주요 장비들에 고해상도 진동 센서, 열화상 카메라, 초음파 센서 등을 설치하여 실시간으로 장비 상태 모니터링.	
엣지 컴퓨팅	각 생산 구역마다 엣지 서버를 설치하여 센서 데이터의 초기 처리와 분석 수행. 네트워크 부하 감소 및 실시간 대응 능력 향상.	- 생산 라인의 가동 중단 시간이 30% 감소 - 유지보수 비용이 25% 절감
중앙 분석 시스템	클라우드 기반 중앙 분석 시스템에서 전체 생산 라인의 데이터 통합 분석. 고급 머신러닝 알고리즘 적용으로 장비 상태 예측 및 최적 유지보수 일정 수립.	- 제품 품질이 향상되어 불량률이 20% 감소 - 에너지 사용량이 15% 절감
디지털 트윈 시뮬레이션	생산 라인의 디지털 트윈 구축으로 다양한 운영 시나리오 시뮬레이션. 생산 계획 최적화 및 잠재적 문제 사전 식별 가능.	

6.2. 에너지 산업에서의 활용

에너지 산업, 특히 재생에너지 분야에서 디지털 트윈과 예지보전 기술의 활용이 급속도로 확대되고 있다. 풍력 발전 기업인 두산중공업, 한국동서발전, 요코가와 기업에서는 이 기술이 어떻게 에너지 생산의 효율성과 안정성을 높일 수 있는지를 잘 보여준다.

특히 두산중공업에서는 대규모 해상 풍력 발전 단지에 마이크로소프트사의 애저 디지털 트윈(Azure Digital Twin) 기술을 활용하여 디지털 트윈 기반 예지보전 시스템을 도입했다. 이 시스템의 주요 구성 요소와 특징은 다음 [표 6]과 같다[30].

[표 6] 구성 요소와 특징

주제	내용	비고(주요성과)
고급 센서 시스템	각 풍력 터빈에 진동 센서, 변형을 게이지, 열화상 카메라 등을 설치하여 실시간으로 터빈 상태 모니터링. 블레이드의 미세한 변형까지 감지 가능한 광섬유 센서 활용으로 정밀한 상태 진단 가능.	
기상 데이터 통합	현장 기상 관측 시스템과 전국 규모 기상 예보 데이터를 실시간 통합하여 풍력 발전량 예측 정확도 향상.	- 풍력 발전 효율이 10% 향상 - 유지보수비용이 20% 절감
AI 기반 예측 모델	딥러닝 기반 시계열 예측 모델을 활용하여 각 터빈의 발전량과 잠재적 고장 예측. 터빈 운영 데이터와 기상 데이터를 결합하여 학습, 지속적 업데이트로 예측 정확도 향상.	- 터빈의 가동률이 5% 증가 - 터빈의 수명이 평균 2년 연장[15]
디지털 트윈 시뮬레이션	전체 풍력 단지의 디지털 트윈 구축으로 다양한 운영 시나리오 시뮬레이션. 개별 터빈 운영뿐만 아니라 터빈 간 상호작용(예: 후류 효과)까지 고려한 최적화 가능.	

이러한 성과는 재생에너지의 경제성과 안정성을 크게 향상시키는 것으로, 에너지 전환 가속화에 중요한 기여를 하고 있다. 특히 해상 풍력과 같이 접근성이 낮고 유지보수가 어려운 환경에서 이 기술의 가치가 더욱 두드러진다.

6.3. ROI 및 효율성 개선 분석

디지털 트윈과 예지보전 기술의 도입은 상당한 초기 투자를 필요로 하지만, 그 효과는 매우 신속하고 명확하게 나타난다. 다양한 산업 분야에서의 적용 사례를 분석한 결과, 다음 [표 7]과 같은 일반적인 ROI(Return on Investment) 및 효율성 개선 패턴이 관찰되었다.

[표 7] ROI 및 효율성 개선 패턴

주제	내용
투자 회수 기간	평균적으로 2-3년 내에 초기 투자 비용을 회수. 산업 분야와 적용 규모에 따라 차이가 있지만, 대부분 예상보다 빠른 투자 회수.
장비 수명 연장	예지보전 시스템 도입으로 주요 장비 수명이 20-30% 연장. 장비 교체 주기 늘려 장기적 비용 절감.
운영 효율성 향상	생산 설비의 전반적 효율성(OEE)이 평균 15-25% 향상. 장비 가동 시간 증가, 생산 속도 향상, 품질 개선의 복합적 결과.
에너지 효율 개선	장비 최적 상태 유지와 효율적 운영으로 에너지 사용량 평균 10-15% 감소. 운영 비용 절감 및 탄소 발자국 감소에 기여.
안전성 향상	예기치 못한 장비 고장으로 인한 안전 사고 60-70% 감소. 직접적 비용 절감 효과 및 기업 평판과 직원 만족도 향상.
재고 관리 최적화	예비 부품 재고 15-20% 감소. 정확한 고장 예측으로 필요한 시점에 필요한 부품만 확보 가능.

이러한 효과들이 복합적으로 작용하여, 많은 기업들이 디지털 트윈과 예지보전 시스템 도입 후 3-5년 내에 전체 운영 비용의 20-30% 절감 효과를 경험했다고 보고하고 있다[18]. 중요한 점은 이러한 효과가 시간이 지남에 따라 더욱 증대된다는 것이다. 시스템이 더 많은 데이터를 축적하고 학습함에 따라 예측의 정확도가 향상되고, 이는 더 높은 효율성과 비용 절감으로 이어진다. 또한, 초기에는 주로 비용 절감에 초점이 맞춰져 있지만, 시간이 지남에 따라 새로운 비즈니스 모델 창출이나 제품 혁신과 같은 전략적 가치로 확장되는 경향을 보인다.

이러한 분석 결과는 디지털 트윈과 예지보전 기술이 단순한 비용 절감 도구를 넘어, 기업의 전반적인 경쟁력을 향상시키는 전략적 투자임을 명확히 보여준다. 따라서 기업들은 이 기술의 도입

을 단기적인 비용 대비 효과의 관점에서만 바라볼 것이 아니라, 장기적인 디지털 전환 전략의 핵심 요소로 고려해야 할 것이다.

7. 결론 및 향후 전망

7.1. 연구의 시사점

본 연구를 통해 디지털 트윈과 예지보전 기술의 융합이 산업 현장의 효율성과 안정성을 획기적으로 개선할 수 있는 강력한 도구임이 명확히 입증되었다. 이러한 기술 융합의 주요 시사점은 다음 [표 8]과 같다.

이러한 시사점들은 디지털 트윈과 예지보전 기술이 단순한 기술적 혁신을 넘어, 산업 전반의 운영 방식과 비즈니스 모델을 근본적으로 변화시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있음을 보여준다.

7.2. 향후 발전 방향 및 과제

디지털 트윈과 예지보전 기술의 미래는 매우 밝지만, 동시에 몇 가지 중요한 과제와 발전 방향들을 열거하면 [표 9]와 같다. 이러한 발전 방향과 과제들은 디지털 트윈과 예지보전 기술이 앞으로 지속적으로 발전하고 확장될 것임을 시사한다. 동시에, 이러한 기술의 성공적인 구현과 활용을 위해서는 기술적 혁신뿐만 아니라 조직문화의 변화, 인력 개발, 법적·윤리적 프레임워크의 정립 등 다각적인 노력이 필요함을 강조한다.

결론적으로, 디지털 트윈과 예지보전 기술은 산업의 미래를 형성하는 핵심 요소로 자리잡을 것이며, 이를 통해 더욱 효율적이고, 안전하며, 지속가능한 산업 생태계가 구현될 수 있을 것으로 기대된다.

[표 8] 기술 융합의 주요 시사점

주제	내용
패러다임의 전환	디지털 트윈과 예지보전의 융합은 산업 유지보수의 패러다임을 '사후 대응'에서 '사전 예방'으로 전환. 이는 단순한 비용 절감을 넘어 전체적인 산업 운영 방식의 변화를 의미.
데이터 중심 의사결정	이 기술의 도입으로 산업 현장에서의 의사결정이 더욱 데이터 중심으로 변화. 직관이나 경험에 의존하던 과거 방식에서 벗어나, 객관적인 데이터와 과학적 분석에 기반한 의사결정 가능.
시스템 통합의 중요성	디지털 트윈과 예지보전 시스템의 성공적 구현을 위해 다양한 기술 요소들의 유기적 통합 필수. 센서 기술, 데이터 분석, 시뮬레이션, 인공지능 등 다양한 분야의 기술 융합 필요. 학제 간 협력 중요.
산업별 맞춤화의 필요성	디지털 트윈과 예지보전 기술의 효과는 산업 분야별로 차이를 보임. 각 산업의 특성과 요구사항에 맞는 맞춤형 솔루션 개발 중요.
인적 자원 개발의 중요성	첨단 기술 도입은 기존 인력의 역량 개발 병행 필요. 데이터 분석, 시스템 운영, 결과 해석 등에 대한 교육과 훈련 필수.
비즈니스 모델의 혁신	디지털 트윈과 예지보전 기술은 운영 효율화를 넘어 새로운 비즈니스 모델 창출 기회 제공. 예: 제조업체가 제품 판매에서 성능 기반 서비스 제공으로 비즈니스 모델 전환 가능.
지속가능성에의 기여	이 기술 도입은 에너지 효율 향상, 자원 사용 최적화, 폐기물 감소 등을 통해 산업의 지속가능성 향상에 기여.

[표 9] 향후 발전 방향 및 과제

주제	내용
5G와 엣지 AI의 발전	5G 네트워크의 확산과 엣지 AI 기술의 발전으로 더욱 정교한 실시간 분석이 가능해질 것으로 예상됨. 대규모 산업 시설이나 분산된 자산의 관리에 큰 이점 제공.
디지털 트윈의 확장	개별 장비나 프로세스 수준의 디지털 트윈에서 전체 공장, 나아가 공급망 전체를 아우르는 대규모 디지털 트윈으로 확장 예상. 포괄적인 시스템 최적화 가능.
AI의 고도화	설명 가능한 AI(XAI)와 강화학습의 발전으로 신뢰성 있고 적응력 높은 예지보전 시스템 개발 전망. 인간 전문가와 AI 시스템 간의 효과적인 협업 가능.
산업 간 데이터 표준화	서로 다른 산업 분야와 기업 간의 데이터 호환성 확보를 위한 표준화 노력 중요. 광범위한 데이터 활용과 시스템 통합 가능.
보안 강화	연결된 산업 환경에서 사이버 보안의 중요성 부각. 디지털 트윈과 예지보전 시스템의 보안 강화를 위한 기술적, 제도적 노력 필요.
지속가능성 통합	예지보전과 디지털 트윈 기술에 지속가능성 메트릭스를 통합하는 노력 증가. 에너지 효율, 탄소 배출, 자원 사용 등의 요소를 고려한 최적화 가능.
인적 요소의 통합	기술적 측면뿐만 아니라 인적 요소(인간의 행동, 의사결정 패턴 등)를 디지털 트윈과 예지보전 모델에 통합하는 연구 진행. 현실적이고 효과적인 시스템 구현 가능.
규제 및 윤리적 고려사항	데이터 프라이버시, AI 윤리, 책임 소재 등과 관련된 법적, 윤리적 프레임워크 발전 필요. 기술의 광범위한 수용과 책임 있는 사용을 위해 중요.

8. 참고문헌

- [1] J. Mohd, A. Haleem, and R. Suman, "Digital Twin applications toward Industry 4.0: A Review". *Cognitive Robotics*, Vol.3, pp.71–92, 2024. J. Mohd, A. Haleem, and R. Suman, "Digital Twin applications toward Industry 4.0: A Review". *Cognitive Robotics*, Vol.3, pp.71–92, 2024.
- [2] F. Tao, et al., "Digital twin-driven product design framework". *International Journal of Production Research*, Vol. 57 No.12, pp.3935–3953, 2019.
- [3] A. K. Jardine, et al., "A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance". *Mechanical systems and signal processing*, 20(7), 1483–1510, 2006.
- [4] F. Tao, et al., "Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol.94, No.9, pp.3563–3576, 2018.
- [5] C. Zhang, et al., "Data-driven smart maintenance for industrial automation: A review". *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol.30, No.3, pp.1211–1228, 2019.
- [6] Q. Qi, & F. Tao, "Digital twin and big data towards smart manufacturing and industry 4.0: 360 degree comparison". *IEEE Access*, Vol.6, pp.3585–3593, 2018.
- [7] L. Da Xu, et al., "Edge computing for industrial Internet of Things: Insights and challenges". *Proceedings of the IEEE*, Vol.109, No.7, pp.1305–1325, 2021.
- [8] T. P. Carvalho, et al., "A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance". *Computers & Industrial Engineering*, Vol.137, pp.106–124, 2019.
- [9] A. Rasheed, et al., "Digital twin: Values, challenges and enablers from a modeling perspective". *IEEE Access*, Vo.8, pp.21980–22012, 2020.
- [10] K. Sivalingam, et al., "Wind turbine performance assessment using multi-regime modeling approach". *Renewable energy*, Vol.123, pp.145–157, 2018.
- [11] T. R. Wanasinghe, et al., "Digital twin for the oil and gas industry: Overview, research trends, opportunities, and challenges". *IEEE Access*, Vol.8, pp.104175–104197, 2020.
- [12] P. Aivaliotis, K. Georgoulas, and G. Chryssolouris, "The use of Digital Twin for predictive maintenance in manufacturing," *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 32, No. 11, pp.1067–1080, 2019.
- [13] D. Zhong, Z. Xia, Y. Zhu, and J. Duan, "Overview of predictive maintenance based on digital twin technology," *Heliyon*, Vol. 9, pp.1–23, 2023.
- [14] F. Tao, H. Zhang, A. Liu, and A.Y.C. Nee, "Digital Twin in Industry: State-of-the-Art," *IEEE Trans. Ind. Inform.* Vol. 15, pp.2405–2415, 2019.
- [15] M. Grieves and J. Vickers, *Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent*

- behavior in complex systems. In Transdisciplinary perspectives on complex systems chapter 2, Springer International Publishing, pp. 85–113, 2016.
- [16] R.K. Mobley, An introduction to predictive maintenance. 2nd edition, Elsevier Science, 2002.
- [17] McKinsey & Company, “The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype”. McKinsey Global Institute, 2020.
- [18] Deloitte, Predictive maintenance and the smart factory [Internet]. Available : <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/articles/predictive-maintenance-and-the-smart-factory.html>
- [19] Root Analysis, Digital Twin Market [Internet]. Available: <https://www.rootsanalysis.com/reports/digital-twins-market.html>.
- [20] V. Beal, What is a Digital Ecosystem? [Internet]. Available: <https://www.techopedia.com/definition/digital-ecosystem>.
- [21] GE Renewable Energy. Digital Wind Operations Optimization from GE Renewable Energy [Internet]. Available: https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/GE-Digital-Wind-Operations-Optimization-Brochure.pdf.
- [22] Colin McMahon, How Digital Twin Enables Predictive Maintenance [Internet]. Available: <https://www.ptc.com/en/blogs/corporate/digital-twin-for-predictive-maintenance>.
- [23] Leah Gourley, What Is Predictive Maintenance and How Is It Transforming Manufacturing? [Internet]. Available: <https://www.ptc.com/en/blogs/iiot/what-is-predictive-maintenance>.
- [24] Steve Miller, Predictive Maintenance Using a Digital Twin [Internet]. Available: <https://kr.mathworks.com/company/technical-articles/predictive-maintenance-using-a-digital-twin.html>.
- [25] Comsol, Simulate real-world designs, devices, and processors with multiphysics software from COMSOL [Internet]. Available : <https://www.comsol.com/>
- [26] Ansys, Ansys Multiphysics for Real-World Physics [Internet]. Available : <https://www.ansys.com/resource-center/webinar/ansys-multiphysics-for-real-world-physics>
- [27] T. Jackle, Eclipse Ditto: How digital twins boost development in the IoT [Internet]. Available : <https://blog.bosch-digital.com/how-digital-twins-boost-development-in-the-iiot/>
- [28] Microsoft, What is Azure Digital Twins? [Internet]. Available : <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/digital-twins/overview>
- [29] Appinventiv, 10 Use cases and Benefits of how Digital twin Technology is Revolutionizing Automotive Design and Manufacturing [Internet]. Available : <https://appinventiv.com/blog/digital-twin-in-automotive-industry/>
- [30] 아주경제, '풍력발전기 고장 대비하라'…AI 예언 듣는 두산중공업 [Internet]. Available : <https://www.ajunews.com/view/20210420171330972>

주제원고

Software Defined Everything (SDx) 환경에서의 디지털 트윈

동의대학교
디지털트윈연구소
장성욱

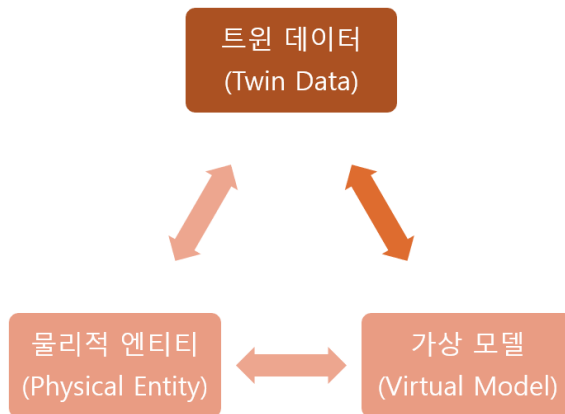


1. 디지털 트윈 기술과 개발의 난제

1.1. 디지털 트윈이란?

디지털 트윈은 물리적 세계와 디지털 세계를 연결하여 물리적 시스템의 복제를 가능하게 하고, 실시간 상호작용과 분석을 제공하는 기술입니다. 이는 실제 시스템을 디지털 공간에서 정밀하게 재현하며, 데이터를 통해 시스템의 동작을 시뮬레이션하고 최적화할 수 있습니다[1-2]. 2003년 Michael Grieves가 개념을 제안했으며, NASA와 AFRL이 다중 물리학, 다중 스케일 모델링을 통해 이를 발전시켰습니다. 2016년 Siemens가 Industry 4.0에 이를 적용하면서 디지털 트윈이 본격적으로 주목받기 시작했습니다[2-3].

디지털 트윈의 핵심 구성 요소는 첫째 물리적 엔티티(Physical Entity)입니다. 디지털 트윈의 기초로, 장비, 환경, 프로세스 등이 포함됩니다 [1-2]. 두 번째 요소는 가상 모델(Virtual Model)로 물리적 엔티티를 여러 시공간적 관점에서 재현하며, 행동, 규칙 등의 속성을 포함합니다 [1-2]. 마지막 요소는 트윈 데이터(Twin Data)로 물리적 데이터와 시뮬레이션 데이터를 포함하여 물리적 세계와 디지털 세계 간의 상호작용을 가능하게 합니다 [1-2].



[그림 1] 디지털 트윈 핵심 구성 요소

1.2. 인공지능 모델과 디지털 트윈 모델의 비교

디지털 트윈 모델은 물리적 시스템의 정밀한 복제와 지속적인 업데이트를 필요로 한다는 점에서 인공지능 모델과 차별화됩니다. 인공지능 모델과 디지털 트윈 모델은 공통적으로 데이터를 활용하지만, 그 접근 방식과 목적에서 뚜렷한 차이가 있습니다. 인공지능 모델은 학습 데이터로부

터 패턴을 인식하고, 이를 기반으로 특정 문제를 해결합니다. 반면, 디지털 트윈은 물리적 데이터와 가상 데이터를 실시간으로 융합하여 예측, 최적화, 시뮬레이션을 수행하며, 물리적 시스템의 복제와 동기화에 초점을 둡니다[1,3]. 아래의 표에서는 핵심 데이터, 주요 기능, 업데이트 방식 측면에서의 두 모델의 비교를 보여주고 있습니다.

[표 1] 인공지능모델과 디지털 트윈 모델의 비교

구분	인공지능모델	디지털 트윈 모델
핵심 데이터	데이터 학습 기반	물리적-가상 데이터 융합
주요 기능	예측, 분류, 패턴 인식	시스템복제, 실시간 최적화
업데이트 방식	모델 재학습 필요	실시간 동기화 및 데이터 융합

1.3. 디지털 트윈 모델 개발의 어려움

디지털 트윈 모델 개발에는 가상 모델(Virtual Model)을 구축하는 과정에서 상당한 도전 과제가 따릅니다. 고충실도의 디지털 모델을 만들려면 다양한 데이터와 다중 스케일을 통합해야 하는 경우가 많아, 시간과 비용이 많이 들고 높은 수준의 전문성이 요구됩니다[1-4]. 예를 들어, 제조 공정에서는 기하학적 모델, 물리적 속성 모델, 행동 모델, 그리고 규칙 기반 모델을 모두 통합해야 하며, 이는 매우 복잡하고 정교한 작업입니다[1-2]. 따라서 가상 모델의 경량화와 빠른 구축을 위한 연구가 계속 필요합니다[1-2].

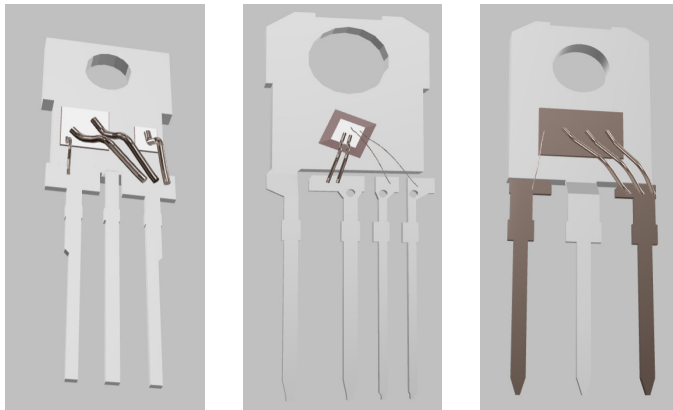
트윈 데이터를 다루는 것도 큰 도전 과제 중 하나입니다. 첫째, 데이터 융합의 어려움이 있습니다. 센서 데이터나 시뮬레이션 데이터 같은 다양한 소스에서 나온 이질적 데이터를 효과적으로 통합하고 분석하는 기술이 여전히 부족합니다[1-2]. 또한, 데이터 중복이나 누락을 방지하면서도 신뢰성을 유지할 수 있는 방법도 필요합니다[1]. 둘째, 실시간 업데이트와 동기화의 제약이 문제로 꼽힙니다. 물리적 시스템과 가상 모델 간의 데이터를 실시간으로 주고받기 위해서는 높은 네트워크 대역폭과 상당한 자원이 요구됩니다[1,3]. 셋째, 데이터 표준화의 부족도 해결해야 할 과제입니다. 디지털 트윈을 개발하려면 다양한 기술과 도구가 사용되는데, 이를 아우르는 표준이 부족해 산업 간 확장성이 제한되는 경우가 많습니다[1-3].

1.4. 사례: 디지털 트윈 모델을 활용한 전장 부품 수명 예측의 어려움.

디지털 트윈 기술은 혁신적인 가능성을 열어주는 도구로 주목받고 있지만, 실제로 이를 개발하고 구현하는 과정에서는 다각적인 난제들이 존재합니다. 동의대학교 디지털 트윈 연구소

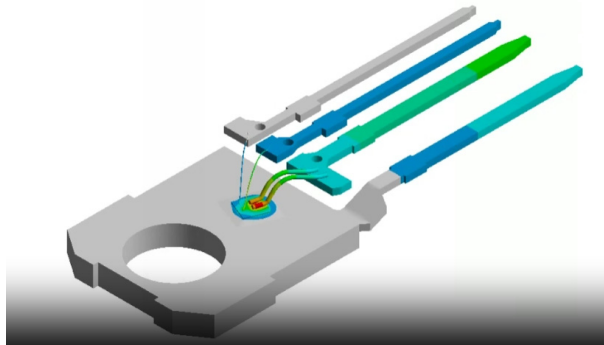
(dtl.deu.ac.kr)는 전력 반도체의 신뢰성을 예측하는 디지털 트윈 모델 개발을 목표로 하고 있으며, 이 과정에서 직면한 어려움은 디지털 트윈 기술의 난제는 다음과 같습니다.

우선 고충실도 가상 모델 구축의 어려움이 있습니다. 디지털 트윈의 핵심은 고충실도의 가상 모델을 통해 물리적 시스템을 정밀하게 재현하는 것입니다. 그러나 전력 반도체의 전기적, 열적, 기계적 특성을 정확히 시뮬레이션하려면 복잡한 형상 모델 제작이 필수적입니다. 아래의 그림 2는 단면분석 및 X-ray 분석을 통하여 구축한 가상 모델의 예를 보여주고 있습니다.



[그림 2] 가상 모델의 예 (전력 반도체 패키지)

두 번째는 물성 데이터 확보의 어려움입니다. 전력 반도체의 디지털 트윈 모델을 완성하려면 전기적, 열적, 기계적 물성 데이터가 필수적입니다. 그러나 이런 데이터는 대부분 제조사의 기밀로 관리되며, 실험적으로 이를 확보하는 과정에서도 여러 제약이 따릅니다. 아래의 그림 3은 물성 데이터를 추정하여 넣은 전력반도체 패키지의 열해석 예를 보여주고 있습니다.



[그림 3] 가상 모델의 열해석 시뮬레이션의 예 (전력 반도체 패키지)

세번째는 신뢰성 및 수명 예측을 위한 데이터 취득의 한계가 있습니다. 디지털 트윈의 궁극적인 목표는 시스템의 수명과 신뢰성을 예측하는 것입니다. 그러나 이를 위해서는 다양한 환경에서 장기간에 걸친 데이터를 확보해야 합니다. 네 번째는 트윈 데이터의 융합 및 관리 문제입니다. 센서 데이터, 시뮬레이션 데이터, 환경 데이터 등 다양한 이질적 데이터 소스를 효과적으로 통합하고 분석하는 것은 디지털 트윈 개발의 주요 과제입니다. 다섯 번째 문제는 실시간 동기화와 표준화 부족입니다. 물리적 시스템과 가상 모델 간의 실시간 데이터 동기화는 디지털 트윈의 강점을 극대화하는 요소이지만, 네트워크 자원 소모와 표준화 부족이 큰 걸림돌로 작용합니다.

2. Software Defined Vehicle (SDV) 환경에서의 디지털 트윈 모델 개발

2.1. Software Defined Vehicle (SDV)이란?

소프트웨어 정의 차량(SDV)은 차량의 기능과 성능을 소프트웨어 중심으로 정의하고 제어하는 개념입니다. 기존 하드웨어 중심의 차량 설계 방식에서 벗어나 소프트웨어 중심으로 전환함으로써, SDV는 차량 개발과 운영의 효율성을 크게 향상시킵니다. SDV의 주요 특징은 다음과 같습니다. 첫째는 중앙 집중형 아키텍처를 가지고 있다는 점입니다. 기존의 분산형 ECU 시스템에서 중앙 집중형 고성능 컴퓨팅 플랫폼(HPC)으로 전환, 차량 제어와 데이터를 효율적으로 관리합니다 [5]. 두번째는 소프트웨어 업데이트 유연성입니다. OTA(Over-The-Air) 기술을 통해 소프트웨어와 기능을 원격으로 업데이트하여 지속적인 성능 향상과 유지보수가 가능합니다 [6-7]. 마지막으로 실시간 연결성과 데이터 처리라는 점입니다. 차량 내부 데이터와 외부 데이터(예: 스마트 시티, IoT 장치)를 실시간으로 처리하고 통합합니다 [5,7].

2.2. SDV 환경에서 디지털 트윈 모델

SDV는 디지털 트윈 모델 개발에서 가상 모델의 실시간 업데이트, 데이터 통합, 표준화 부족 같은 문제를 효과적으로 해결할 수 있는 최적의 환경을 제공합니다. 세가지 측면에서 SDV 환경을 제시하려고 합니다.

첫째, 가상 모델을 실시간으로 업데이트할 수 있습니다. SDV는 OTA 기술과 소프트웨어 중심 아키텍처를 통해 디지털 트윈의 가상 모델을 빠르고 효율적으로 업데이트할 수 있습니다.

Adaptive AUTOSAR와 같은 표준화된 소프트웨어 프레임워크는 차량 내부 소프트웨어와 디지털 트윈 모델 간의 동기화를 더 쉽게 만들어 줍니다[6-7]. 예를 들어, 차량 주행 중 수집된 센서 데이터가 즉시 클라우드와 디지털 트윈에 반영되어, 더 정확한 시뮬레이션과 예측을 가능하게 합니다[7].

둘째, 데이터 통합과 관리가 더 쉬워집니다. SDV는 차량 내부 데이터(예: 센서 데이터, ECU 상태)와 외부 데이터(예: 스마트시티 네트워크, 클라우드)를 하나의 체계로 통합 관리합니다. 고성능 컴퓨팅 플랫폼(HPC)과 서비스 지향 아키텍처(SOA)를 활용해 데이터 병목 문제를 해결하고, 데이터 처리 속도와 정확성을 크게 개선합니다[5]. 이를 바탕으로 디지털 트윈 모델은 차량의 상태와 성능을 보다 정밀하게 재현할 수 있습니다[6].

세 번째는 디지털 트윈 기술의 확장 가능성이 넓어집니다. SDV는 IoT와 스마트시티 같은 외부 시스템과의 연결을 통해 디지털 트윈 기술의 적용 범위를 확대합니다. 예를 들어, V2X(Vehicle-to-Everything) 기술을 사용해 차량, 교통 신호, 도로 인프라 간 데이터를 디지털 트윈에 통합하면, 도시 교통 흐름을 최적화하는 데 도움을 줄 수 있습니다[7].

결론적으로, SDV는 디지털 트윈 기술이 가진 주요 도전 과제를 해결하는 데 강력한 기반을 제공합니다. 특히 가상 모델의 실시간 업데이트, 데이터 통합, IoT와의 연결에서 뛰어난 가능성을 보여줄 수 있습니다. SDV와 디지털 트윈의 결합은 차량 설계부터 운영, 유지보수에 이르기까지 효율성을 높이고, 스마트시티와의 연계를 통해 모빌리티 혁신을 가속화할 것입니다.

2.3. 테슬라 사례: SDV 환경에서 디지털 트윈 기술의 선도적 활용

테슬라는 소프트웨어 정의 차량(SDV)의 개념을 실현하고, 디지털 트윈 기술의 잠재력을 선도적으로 활용하고 있는 대표적인 기업입니다. SDV 환경에서 디지털 트윈 기술을 효과적으로 구현한 테슬라는 다음과 같은 주요 특징을 보여줍니다.

첫 번째 테슬라는 OTA(Over-The-Air) 기술을 통해 차량의 소프트웨어와 하드웨어를 원격으로 업데이트하며, 끊임없이 새로운 기능을 추가하거나 기존 성능을 최적화합니다. 예를 들어, 테슬라는 Full Self-Driving(FSD) 기능과 같은 첨단 기술을 OTA 방식으로 제공하여, 차량 소유자들이 물리적 방문 없이도 차량의 기능을 최신 상태로 유지할 수 있도록 지원합니다. 이러한 기술은 테슬라의 차량이 시간이 지날수록 점점 더 나아지는 "업그레이드 가능한 제품"이라는 이미지를 공고히 합니다[8].

두 번째는 테슬라는 차량에서 생성되는 주행 데이터를 디지털 트윈 모델에 통합하여 차량의 성

능을 최적화하고 유지보수를 사전에 예측합니다. 특히, 테슬라의 Autopilot 시스템은 방대한 주행 데이터를 활용하여 사용자 맞춤형 업데이트를 제공하며, 이를 통해 차량의 안전성과 효율성을 지속적으로 향상시킵니다. 테슬라의 데이터 융합 기술은 차량 사용자 경험을 개선하고, 유지보수 비용과 시간을 절감하는 데 기여하고 있습니다[8].

세 번째는 테슬라는 V2X(Vehicle-to-Everything) 기술을 활용하여 차량과 도시 교통 인프라를 실시간으로 연결합니다. 디지털 트윈 모델과 연계된 이러한 통합은 도시 교통 흐름을 최적화하고, 교통 혼잡 및 안전 문제를 해결하는 데 기여합니다. 예를 들어, 테슬라는 스마트시티의 교통 데이터와 연동하여 차량이 최적의 경로를 선택할 수 있도록 지원하며, 이는 도시의 전반적인 이동 효율성을 높이는 데 중요한 역할을 합니다[8].

위의 테슬라의 사례는 SDV와 디지털 트윈 기술의 결합이 가져올 수 있는 혁신적인 가능성을 명확히 보여줍니다. OTA 기술을 통한 지속적인 업데이트, 데이터 융합을 통한 차량 성능 최적화, 스마트시티와의 통합은 SDV 환경에서 디지털 트윈 기술이 어떻게 실질적인 가치를 창출할 수 있는지를 입증하고 있습니다. 이를 통해 테슬라는 SDV 기술을 활용한 미래 모빌리티 혁신의 선도 기업으로 자리 잡고 있습니다.

3. Software-Defined Everything (SDx) 환경에서의 디지털 트윈의 확장성

3.1. Software-defined everything (SDx)이란?

SDx(Software-Defined Everything)는 소프트웨어를 통해 다양한 하드웨어와 시스템의 동작을 정의하고 제어하는 개념으로, SDV(Software-Defined Vehicle)를 포함하여 SDN(Software-Defined Networking), SDS(Software-Defined Storage) 등 다양한 분야로 확장되고 있습니다. SDx 환경은 디지털 트윈 기술이 더욱 광범위하게 적용될 수 있는 이상적인 플랫폼을 제공합니다.

SDx 환경은 디지털 트윈 기술이 차량 산업(SDV)을 넘어 스마트시티, 제조, 헬스케어 등 다양한 산업에 적용될 수 있는 기반을 제공할 수 있습니다. SDx 환경은 디지털 트윈 기술의 고도화를 가능하게 합니다. 실시간 업데이트와 동기화가 가능하고 AI 및 데이터 융합이 가능하게 될 것입니다. 그리고 SDx와 디지털 트윈의 결합은 지속 가능한 발전 목표를 지원하는 데 중요한 역할을 할 것입니다. 에너지 효율성을 극대화하고, 자원 사용을 최적화하여 환경 영향을 줄이고 예측 유지보수를 통해 기계 수명을 연장하고, 불필요한 자원 낭비를 방지할 것으로 기대를 하고 있습니다.

SDx 환경은 디지털 트윈 기술의 확장성을 가속화하며, 다양한 산업 분야에서 그 가능성을 실현하는 데 기여할 것입니다. 디지털 트윈과 SDx의 결합은 물리적 시스템과 가상 세계 간의 경계를 허물고, 실시간 데이터 통합과 고도화된 시뮬레이션을 통해 더 나은 의사결정과 운영 효율성을 제공합니다. 미래에는 SDx 기반의 디지털 트윈 기술이 산업 전반의 디지털 전환을 주도하고, 지속 가능성과 경제적 가치를 동시에 창출하는 핵심 동력이 될 것입니다.

3.2. 현대자동차 사례: SDx 환경에서의 디지털 트윈 기술 실현

현대자동차는 CES 2024에서 SDx의 비전을 공유하였습니다 [8]. 소프트웨어 정의 차량(SDV) 개발을 통해 디지털 트윈 기술의 확장성을 적극적으로 실현하고 있습니다. 특히, SDV의 전기·전자 아키텍처를 단순화하고, 고성능 차량용 컴퓨터(HPVC)와 SDV 운영체제(OS)를 개발하여 차량의 기능을 소프트웨어로 정의하고 제어하는 데 주력하고 있습니다 [9].

이러한 노력은 디지털 트윈 기술의 적용 범위를 스마트시티, 제조, 헬스케어 등 다양한 산업으로 확장하는 노력입니다. 현대자동차는 SDV를 통해 차량과 도시 교통 인프라를 연결하여 대량의 데이터를 생성, 수집 및 활용하는 데이터 인프라를 구축하려고 하고 있으며, 인공지능과 디지털 트윈 기술을 활용해 실시간 운행 및 교통 상황을 효율적으로 관리하는 계획을 가지고 있습니다 [8].

현대자동차의 이러한 사례는 SDx 환경에서 디지털 트윈 기술의 확장성과 미래 전망을 보여주는 대표적인 예시입니다. SDV 및 SDx와 디지털 트윈의 결합은 다양한 산업 분야에서 지속 가능한 발전과 경제적 가치를 동시에 창출하는 데 핵심적인 역할을 할 것입니다.

4. 결론

디지털 트윈 기술은 물리적 세계와 디지털 세계를 연결하여 시스템의 동작을 정밀하게 복제하고, 예측과 최적화를 가능하게 하는 핵심 기술로 자리 잡고 있습니다. 그러나 고충실도 모델 구축, 데이터 융합, 실시간 업데이트 및 동기화와 같은 난제들은 여전히 이 기술의 발전을 가로막는 주요 과제로 남아 있습니다. 이러한 문제들은 SDV 환경에서 해결의 실마리를 제공하며, OTA 기술을 통한 실시간 업데이트와 고성능 컴퓨팅 플랫폼을 활용해 디지털 트윈 기술의 새로운 가능성을 열어가고 있습니다.

특히 본 연구는 SDV와 더불어 SDx 환경에서의 디지털 트윈 기술 확장성을 탐구하며, 기존 연구와 차별화된 독창성을 제공합니다. SDx 환경은 차량 산업을 넘어 스마트시티, 제조, 헬스케어 등 다양한 산업으로 디지털 트윈 기술을 확장할 수 있는 기반을 마련합니다. 본 연구는 이러한 SDx와 디지털 트윈의 결합이 실시간 데이터 통합, AI 기반 데이터 융합, 지속 가능한 발전이라는 새로운 가치를 창출할 수 있음을 강조합니다. 또한, 디지털 트윈 기술의 범용적 적용 가능성을 제시하며, 산업 간 경계를 허물고 디지털 혁신의 가속화를 목표로 삼고 있습니다.

테슬라와 현대자동차와 같은 선도 기업들의 사례는 SDV와 디지털 트윈 기술이 차량 설계, 운영, 유지보수의 효율성을 극대화하고, 스마트시티와의 연계를 통해 모빌리티 혁신을 가속화할 수 있음을 보여줍니다. 더 나아가, 본 연구는 SDx 환경에서 디지털 트윈 기술의 발전 방향과 다양한 산업 분야에서의 적용 가능성을 구체적으로 제시하며, 기존 연구와 차별화된 실질적 기여를 제공합니다.

결론적으로, 디지털 트윈 기술은 SDV와 SDx 환경의 결합을 통해 단순히 현재 시스템을 복제하는 것을 넘어 미래를 설계하고 예측할 수 있는 강력한 도구로 진화하고 있습니다. 이는 산업 전반의 효율성 향상과 경제적 가치 창출뿐만 아니라, 지속 가능성과 디지털 전환을 이끄는 중심적인 역할을 수행하며 4차 산업혁명의 핵심 동력으로 자리 잡을 것입니다. 본 연구는 이러한 기술적 도전 속에서 SDx 환경을 활용한 디지털 트윈의 독창성과 차별성을 강조하며, 지속 가능한 미래를 위한 핵심 기반을 제공하고자 합니다.

5. 참고문헌

- [1] Liu, X., Jiang, D., Tao, B., Xiang, F., Jiang, G., Sun, Y., Kong, J., & Li, G. (2023). A systematic review of digital twin about physical entities, virtual models, twin data, and applications. In *Advanced Engineering Informatics*(Vol. 55). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.101876>
- [2] Chen, C., Fu, H., Zheng, Y., Tao, F., & Liu, Y. (2023). The advance of digital twin for predictive maintenance: The role and function of machine learning. In *Journal of Manufacturing Systems*(Vol. 71, pp. 581–594). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.10.010>
- [3] Qi, Q., Tao, F., Hu, T., Anwer, N., Liu, A., Wei, Y., Wang, L., & Nee, A. Y. C. (2021). Enabling technologies and tools for digital twin. *Journal of Manufacturing Systems*, 58, 3–21. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.10.001>

- [4] Liu, M., Fang, S., Dong, H., & Xu, C. (2021). Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications. *Journal of Manufacturing Systems*, 58, 346–361. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.06.017>
- [5] Bickelhaupt, S., Hahn, M., Nuding, N., Morozov, A., & Weyrich, M. (2023, April 11). Challenges and Opportunities of Future Vehicle Diagnostics in Software-Defined Vehicles. *SAE Technical Papers*. <https://doi.org/10.4271/2023-01-0847>
- [6] Aust, S. (2022). Vehicle Update Management in Software Defined Vehicles. *Proceedings – Conference on Local Computer Networks, LCN*, 261–263. <https://doi.org/10.1109/LCN53696.2022.9843360>
- [7] 한화투자증권. 자동차(Positive) SDV-Shift (2023)[Internet]. Available : https://www.steeldaily.co.kr/bbs/download.php?table=bbs_5&savefilename=bbs_5_35295_1.pdf&filename=%ED%95%9C%ED%99%94%ED%88%AC%EC%9E%90%EC%A6%9D%EA%B6%8C_%EC%82%B0%EC%97%85_%EC%9E%90%EB%8F%99%EC%B0%A8_20230725083100.pdf
- [8] Shen, B. (2023). Competitive Strategies for OTA Services: Adapting the Strategic Clock for Tesla. In *Business, Economics and Management GAGBM(Vol. 2023)*.
- [9] CES 2024 : SDV 전기 전자 아키텍처 및 SDV 핵심 기술 공개, <https://www.hyundai.com/worldwide/ko/brand-journal/mobility-solution/sdv>

※ 참고 문헌은 본문에서 인용된 것만을 인용 순서에 따라 작성합니다.

주제원고

디지털 트윈 소프트웨어 교육에 필요한 기술분석과 교과목 설계

동양대학교

조규상 · 허노정



1. 서론

NASA는 1960년대 아폴로 13호의 우주 탐사 임무를 수행하는 중에 산소 탱크의 고장을 알아보기 위한 목적으로 우주선의 지상 버전으로 복제하여 연구 및 시뮬레이션을 수행하면서 디지털 트윈 기술을 개척하였다 [1]. 1991년 데이비드 겔렌터(David Gelernter)가 출간한 미러 월드(Mirror Worlds)에 등장하면서 이 기술에 대하여 알려지기 시작하였고, 당시 미시간대학교 마이클 그리브스(Michael Grieves) 교수가 2002년에 디지털 트윈 개념을 제조업에 처음 적용한 제품생애 주기관리(PLM)의 이상적 모델로 설명하면서 디지털 트윈 소프트웨어 개념을 공식적으로 발표하였다. '디지털 트윈'이라는 명칭은 2010년에 NASA의 존 비커스(John Vickers)에 의해서 새로운 용어로 도입되었다 [1, 2]. 물리적 모델, 센서 업데이트, 함대 기록 등을 사용하여 차량 또는 시스템의 통합 된 다중 물리학, 다중 스케일 시뮬레이션으로 발표하였다. GE가 자사의 엔진, 터빈 등 제품에 디지털 트윈 모델을 적용하면서 널리 알려지게 되었다 [2].

디지털 트윈은 우주선, 항공기술, 제조업, 스마트도시, 교통, 군사, 의료, 에너지, 농업 등 많은 분야에서 활용되고 있다. 기술적으로도 매우 빠르게 성장하고 있다. 시장규모에 있어서도 많은 성장이 예상되는데 Markets and Markets의 분석에 따르면 2023년 101억 달러 규모에서 2028년에는 1,101억 달러로 규모로 성장할 것으로 예상된다 [3]. 2032년에 연간 약33% 성장하여 시장규모가 약900억 달러에 달할 것으로 전망된다. 이것은 사물인터넷의 보급과 인더스트리 4.0, IoT, AI, 머신러닝, 로봇틱스 등 첨단 기술을 활용한 제조공정을 최적화하는 등의 영향으로 생산과 제조부문에 디지털 트윈을 중심으로 디지털 혁신이 이루어지고 있기 때문이다. 디지털 트윈은 물리적 자산 및 프로세스의 가상 복제 역할을 하며 제조업체가 실시간으로 다른 생산 시나리오를 시뮬레이션하고 분석 할 수 있기에 지속적인 개선, 효율성 향상 및 제조 운영 비용 절감이 가능하지만 하드웨어, 소프트웨어 기술개발에 대한 투자와 디지털 트윈 개발과 설치비용의 부담이 되고, 아직 표준화된 프레임워크, 프로토콜 및 상호 운용성 표준과 호환성에 있어서 부족하다는 문제점이 있다 [4].

대한민국 정부는 대한민국 정부는 디지털 트윈을 포함한 데이터 댐, AI 정부, 스마트 의료 등 10대 대표과제를 발표하였다 [5]. 이에 관련된 사업의 투자는 2025년에 1조 8000억원 규모로 기대되며, 관련 일자리는 1만 6000개 이상이 될 것으로 예상하고 있다. 최근 그 중에서 디지털 트윈은 국토·시설관리를 위해 도로, 지하공간, 항만, 댐 등에 대한 가상공간 트윈을 구현하여 시뮬레이션을 통한 분석·예측하는 신산업 기반을 마련하고 안전한 '디지털 트윈'을 구축계획하려고 있고, 주요지역의 수치표고모형 구축과 고해상도 영상지도를 작성하고, 국토 4차로 이상 지

방도 정밀도로지도 구축, 노후 지하공동구 계측기를 설치하고, 스마트항만과 스마트시티를 구축하는 등이 여러 사업을 추진하고 있다 [5]. 정보통신산업진흥원(NIPA)에서 발표한 '24년 3대 사업추진 방향은 국민생활과 산업현장에 AI 일상화를 실현, 디지털 경제 심화에 대응해 산업·경제의 고부가가치화 추진, ICT 글로벌 리더십 확보 및 ICT를 통한 지역의 디지털 혁신을 설정, 산업·경제의 고부가가치화 추진한다. 그리고 AI, 클라우드 전면 확산을 위해 'XaaS 선도 프로젝트'를 추진하고 디지털 트윈 등 사회적 수요와 성장 가능성이 높은 디지털 신기술 분야 전문기업 육성에 나섰다[6]. 방위사업청은 무기체계의 효율적 획득을 지원하기 위하여 디지털 전환을 지속적으로 모색 해왔고 기존 획득제도에 디지털 트윈을 효과적으로 접목 하고자 2023년 12월에 방위사업청 예규인 「무기체계 디지털 트윈 활용 지침」을 제정하고 발령하였다 [7]. 이를 추진하기 위해 “디지털 트윈, 무기체계 미래를 디자인한다”의 과제를 수행하기로 발표하였다 [8].

미래의 디지털 트윈이 효과적으로 수행되기 위해서는 필수적으로 전문인력의 공급이 있어야 한다. 현재 이 분야에 대한 인력수요 규모에 대한 예측이나 대학이나 전문교육기관에서의 전문지식 함양을 위한 필요 교과목에 대한 연구가 수행된 적이 없어서 관련 문헌과 자료를 찾아보기 어렵다. 본고에서는 디지털 트윈의 연구동향을 살핀 후에 최근 관련 기업들이 제시하고 있는 디지털 트윈 적용과 개발을 위한 플랫폼과 모델에 대한 현황을 알아보고, 이를 추진하기 위해 필요한 디지털 트윈 기술을 분류하고, 관련 기업들의 도구와 플랫폼들을 조사한다. 이를 디지털 트윈 개발 성숙도 모델의 각 단계에 해당하는 기술 요소들을 제시하고 해당 기술의 교육에 필요한 교과목들을 제안한다. 이와 함께 기업체의 도구와 플랫폼도 제시하기로 한다.

2. 디지털 트윈 소프트웨어 플랫폼

2.1. 개요

디지털 트윈은 현실 세계의 시스템이나 프로세스를 가상 환경에 동일하게 구현하여 분석하고 시뮬레이션하는 기술이다. 실제 환경과 동일한 가상 환경에서 시뮬레이션을 통해 제품이나 시스템의 성능을 예측하고 최적화하기 위한 시뮬레이션 기술, 데이터 분석을 통해 시스템의 효율성을 높이고 비용을 절감할 수 있는 최적의 조건을 찾기 위한 최적화 기술, 센서 데이터를 분석하여 고장을 예측하고, 사전에 예방 조치를 취함으로써 시스템 가동률을 높이기 위한 예방/예측 기술, 증강현실 및 가상현실 기술을 활용하여 디지털 트윈을 시각화하고 상호 작용하기 위한 AR/VR 기술 등을 개발하고 있다. 이를 위해 다양한 기업들이 끊임없이 연구 개발하고 있으며, 각 기업들

은 자사의 강점을 바탕으로 디지털 트윈 구현에 집중하고 있다. 이 장에서는 각 기업들이 개발한 디지털 트윈을 구현하는데 사용할 도구와 플랫폼들의 간략한 특징을 다루고자 한다.

2.2. 디지털 트윈 기업의 특징과 대표적 기술

[표 1-1]~[표1-3]의 내용은 디지털 트윈 관련 기업의 대표적인 20개 기업의 도구/플랫폼들의 특징을 소개하고 주로 목적하는 응용분야에 대한 내용을 정리한 것이다. 각 기업의 소개된 순서는 알파벳 순으로 정하며, 해당 기업명은 ABB, Accenture, ANSYS, Autodesk, AVEVA, AWS (Amazon Web Services), Bosch Rexroth, Dassault Systèmes, GE Digital, Google, IBM, Microsoft, Rockwell, Schneider Electric, Siemens, PTC, Oracle, NVIDIA, Unreal, Unity 등의 순으로 소개된다.

[표 1-1] 디지털 트윈 기업의 도구/플랫폼 특징(1)

회사명	도구/플랫폼	특징	응용분야
ABB	ABB Ability™	<ul style="list-style-type: none"> - IoT 및 디지털 트윈 기반 솔루션을 통한 장비의 상태 모니터링 및 유지보수 효율 향상 - 전력, 산업 자동화, 에너지 관리의 효율성 - 디지털 트윈 기술을 통해 제조 공정, 에너지 생산 및 분배를 최적화 	산업용 애플리케이션, 터빈, 발전소, 로봇
Accenture	Digital Twin Framework, Industry X Digital Twin, Intelligent Asset Management	<ul style="list-style-type: none"> - 글로벌 컨설팅기업으로, 다양한 산업분야에서 디지털 트랜스포메이션을 지원 - 디지털 트윈을 활용하여 기업의 비즈니스 모델을 혁신하고 새로운 가치 창출 솔루션 제공-Microsoft Azure Digital Twins, Siemens Xcelerator, NVIDIA Omniverse, PTC ThingWorx 지원 	디지털 트랜스포메이션 B2B 플랫폼
ANSYS	Twin Builder	<ul style="list-style-type: none"> - 엔지니어링 시뮬레이션 소프트웨어 전문기업 - 유한 요소 해석(FEA), 유체 역학(CFD) - 제품 설계 단계에서부터 시뮬레이션을 통해 성능을 예측하고 최적화하여 제품 개발 기간을 단축하고 품질을 향상 	엔지니어링 시뮬레이션
Autodesk	AutoCAD, Revit	<ul style="list-style-type: none"> - 설계 소프트웨어 분야의 선두 기업으로 건축, 제조, 엔지니어링 분야에서 디지털 트윈을 활용한 설계 및 시뮬레이션 솔루션을 제공 - 3D 설계 소프트웨어와 디지털 트윈 통합으로 복잡한 건축 및 인프라 프로젝트 시각화 - BIM 데이터와 디지털 트윈을 연계하여 설계에서 유지보수까지 전 과정 관리 	건축, 엔지니어링 및 건설(AEC)

회사명	도구/플랫폼	특징	응용분야
AVEVA	AIM (Asset Information Management), UOC(Unified Operations Center)	- 산업 자동화 및 플랜트 설계 분야에서 강력한 포트폴리오를 보유 - 프로세스 산업에서의 디지털 트윈 구현에 특화되어 있으며, 운영 효율성 향상과 유지보수 최적화 솔루션 제공 - 대기업이나 공공기관으로, B2B 중점시장	제조/산업자동화, 플랜트,에너지, 제조, 석유화학, 공정산업
AWS (Amazon Web Services)	IoT Core, SageMaker	- Amazon의 클라우드 서비스로, IoT Core, SageMaker 등 다양한 서비스를 통해 디지털 트윈 구축을 지원 - 산업용 IoT 분야에서 강점	산업용 IoT
Bosch Rexroth	ctrlX AUTOMATION, Digital Twin for Linear Motion Technology, ActiveCockpit, Nexo Digital Twin	- 산업 자동화 및 드라이브 기술 분야의 글로벌 리더로, 제조 시스템의 디지털 트윈 구축 - 생산 효율성을 높이고 유지보수 비용을 절감하는 솔루션 제공	공정의 최적화, 장비 성능 시뮬레이션

[표 1-2] 디지털 트윈 기업의 도구/플랫폼 특징(2)

회사명	도구/플랫폼	특징	분야응용
Dassault Systèmes	3DEXPERIENCE	- 3D 설계 소프트웨어 기업으로 제품 설계, 개발, 제조 및 시뮬레이션을 위한 포괄적 디지털 트윈 솔루션 제공 - 3DEXPERIENCE 플랫폼을 통해 다양한 산업 분야에 디지털 트윈 솔루션을 제공 - 가상 공간에서 제품을 설계하고 시뮬레이션하여 제품 개발 기간 단축, 품질 향상	항공우주, 자동차, 생명과학
GE Digital	Predix	- GE의 디지털 전환 부문으로, 산업용 IoT 플랫폼 Predix를 기반으로 다양한 분야에 적용 - 자사의 산업 장비와 시스템에서 생성되는 방대한 데이터를 수집, 분석하고, 이를 바탕으로 디지털 트윈을 구축하여 효율성을 극대화	항공, 에너지, 운송
Google	Cloud Digital Twin, Cloud IoT Core, Vertex AI, BigQuery, Digital Twin Simulator	- 디지털 트윈 기술을 활용하여 클라우드 컴퓨팅/데이터분석/AI 통합적 도구와 플랫폼 지원 - AI, 머신러닝 기술을 기반으로 디지털 트윈 플랫폼	헬스케어, 스마트 시티
IBM	IBM Maximo, Engineering Systems Design Rhapsody, Watson IoT Platform, Cloud Pak for Data	- AI/데이터 분석기반 디지털 트윈 Watson AI와 IoT 데이터를 통해 예측 유지보수 및 효율적 자산 관리 지원 - 다양한 솔루션과 플랫폼을 통합하여 디지털 트윈 구축을 DB기술을 기반으로 방대한 데이터를 효율적으로 관리하고 분석 - 디지털 트윈에서 생성되는 데이터를 활용하여 가치 있는 정보를 도출	설비 관리 및 유지보수, 제조업 생산 라인, 에너지 발전 시설, 배전 시스, 건설

회사명	도구/플랫폼	특징	분야응용
Microsoft	Azure Digital Twins	<ul style="list-style-type: none"> - IoT/AI/데이터분석 기능 활용 실시간 시뮬레이션 제공 - 엔터프라이즈 통합: Azure 클라우드 생태계와의 강력한 통합으로 확장성과 보안성 제공 - 사용자 친화적 개발 환경: 개발자가 쉽게 디지털 트윈 모델을 생성하고 확장 도구 제공 - Azure Digital Twins, Azure IoT Hub 등을 활용하여 산업 현장의 디지털 트윈 구축/운영 	IoT 데이터 기반 모델링, 스마트 시티, 산업 IoT, 빌딩 자동화
Rockwell	FactoryTalk InnovationSuite	<ul style="list-style-type: none"> - PTC와 협력하여 제조 공정의 디지털 트윈 모델 제공. 운영 최적화 - 산업장비 통합: 제조 현장 장비 및 프로세스의 실시간 통찰 제공 - 자동화 컨트롤러, HMI 등을 통해 산업 현장의 데이터를 수집/분석하여 디지털 트윈 구축 - 제조업 분야에서 공정 최적화 및 생산성 향상을 위한 솔루션을 제공 	산업 자동화 및 제어
Schneider Electric	EcoStruxure™ Platform	<ul style="list-style-type: none"> - 전력 및 자동화 분야의 글로벌 기업 - 산업 자동화 시스템에 디지털 트윈 기술을 적용하여 생산 효율성을 높이는 솔루션을 제공 	스마트 빌딩, 전력망 최적화, 제조 공정 시뮬레이션

[표 1-3] 디지털 트윈 기업의 도구/플랫폼 특징(3)

회사명	도구/플랫폼	특징	분야응용
Siemens	Siemens Xcelerator	<ul style="list-style-type: none"> - PLM분야의 선두 기업으로 산업용 디지털 트윈 솔루션을 제공 - 다양한 산업에서 디지털 트윈을 활용한 시뮬레이션, 최적화, 예측 정비 등의 솔루션 제공 - 솔루션 기반으로 제품의 설계부터 생산, 유지보수까지 전체 수명 주기를 관리 솔루션 	제조 및 엔지니어링
PTC	ThingWorx, Vuforia, Windchill, Kepware, Creo	<ul style="list-style-type: none"> - CAD/CAM 소프트웨어 기업으로, PLM과 IoT 기술을 기반으로 디지털 트윈 플랫폼을 제공 - 제품 설계부터 운영까지 전체 라이프 사이클에 걸쳐 디지털 트윈 솔루션 제공 - ThingWorx, Windchill, Creo를 통합하여 제품의 설계/생산/유지보수 데이터연속성 보장 - ThingWorx와 Kepware의 결합으로 제조 및 공정 산업에 강력한 IoT 데이터 통합 지원, 디지털 트윈을 구축, 관리, 시각화 	제조, 에너지, 헬스케어

회사명	도구/플랫폼	특징	분야응용
Oracle	Oracle Cloud Infrastructure (OCI)	<ul style="list-style-type: none"> - Oracle IoT Cloud를 통해 데이터 수집 및 디지털 트윈 시뮬레이션 - Oracle Analytics와의 통합으로 대규모 데이터 분석 및 실시간 인사이트 제공 - Oracle Cloud Infrastructure를 기반으로 제공되어 유연성과 확장성이 뛰어남 - ERP, SCM(공급망 관리), 및 HCM(인적 자원 관리) 등 다양한 Oracle App과의 통합 지원 	제조, 에너지 관리, 건설, 운송
NVIDIA	Omniverse	<ul style="list-style-type: none"> - 실시간 3D 시뮬레이션, AI 기반 물리 시뮬레이션, 다양한 3D 도구지원 - 다수 사용자 동시 3D 협업하며 설계 및 시뮬레이션 작업을 수행 - AI 기반 물리 시뮬레이션으로 물체의 동작, 빛의 반사 등 실제 세계와 유사한 물리 현상을 구현하여 보다 현실적인 시뮬레이션 구현 - 다양한 3D 도구 통합: AutoCAD, 3ds Max 등 다양한 3D 디자인 도구와의 연동 지원 	자동차, 건축, 제조 산업의 제품 설계, 공장 레이아웃 설계, 시뮬레이션
Unreal	Unreal Engine Core, Cesium for Unreal, Twinmotion, Unreal Pixel Streaming, Unreal Engine Blueprints	<ul style="list-style-type: none"> - 실시간 3D 시각화 및 시뮬레이션 제공, 실시간 렌더링, 고품질 그래픽, 게임 개발 엔진제공 - 하이엔드 그래픽 기능으로 복잡한 시각화 및 시뮬레이션을 여러 사용자와 공유 가능 - 고성능 그래픽과 물리 기반 렌더링(PBR)을 통해 매우 사실적인 디지털 트윈 환경 제공 - Twinmotion/Cesium for Unreal과 같은 플러그인 활용, 특정 산업에 맞춤형 디지털 트윈 솔루션 구축, VR/AR통합 몰입형 환경구축 	스마트 시티, 제품 설계 및 시뮬레이션, 건축 시각화, 제품 디자인, 교육, 엔터테인먼트
Unity	Unity Industry, Unity Reflect, Unity VisualLive, Unity Forma, Unity Mars	<ul style="list-style-type: none"> - 다목적 3D 콘텐츠 개발/시뮬레이션 경량화-Unity Reflect: 건축 및 설계(BIM) 데이터와 디지털 트윈 통합 제공. - 실시간 데이터 연동: IoT 데이터연동 실시간 상태/운영 시뮬레이션 제공 - 사용자 친화적 에코시스템: 교육 및 산업계에서 접근성 좋음 	AR/VR, 시뮬레이션, 교육, 엔터테인먼트

3. 디지털 트윈 요소기술 및 구현단계 성숙도 모델

3.1. 디지털 트윈의 개발 성숙도 모델

디지털 트윈의 단계별 기술 성숙도 모델은 여러 연구에서 다양하게 제안되었다. 장운섭 등은 구현 정도에 따라 다음과 같이 3가지 레벨로 나누었는데 레벨 1은 현실 객체의 기본적인 속성을 반

영한 디지털 객체를 의미하며 3차원 시각화만 하거나 속성을 변경하여 사전 시뮬레이션이 가능한 수준, 레벨 2는 실세계와 연결되어 모니터링 및 제어 가능한 수준을 말하며 실시간 센싱 데이터를 받으며 1:1 매칭되고 모니터링되는 경우이다. 레벨 3은 인공지능 등을 적용해 고급 분석과 시뮬레이션이 가능한 수준으로 예측 및 분석하면서 실제 사물의 제어까지 가능하다 [9].

Gartner는 디지털 트윈 기술은 “1단계: 현실세계 복제”, “2단계: 현실세계 통제(감시)”, “3단계: 현실세계 최적화” 의 3단계로 구분된다 하였다 [10, 11]. 1단계에서는 3차원 가상세계 서비스를 제공하는 것으로 3차원 CAD, GIS, BIM등 공공 데이터와 이력 데이터 등을 제공하는 단계를 말한다. 2단계는 실시간 모니터링 및 제어 서비스를 제공하는 것으로 CCTV등 연결 실시간 데이터, 영상정보, 원격제어 등을 제공하는 것을 말한다. 3단계는 분석, 예측, 최적화, 교육훈련 서비스를 제공하는 것으로 빅데이터, 머신러닝, VR/AR/MR, 5G, 클라우드, 엣지 컴퓨팅 등을 제공하는 것을 의미한다[11].

ETRI(한국전자통신연구원)는 디지털 트윈 성숙도 모델을 제시하였다 [12]. “디지털 트윈의 꿈” 디지털 트윈의 현재의 실현 상태의 정도를 진단하기 위한 수단을 제공하기 위한 것이다. 그 다음 단계로의 지속적인 개발 계획을 이끌 수 있도록 기준을 제시한다. 성숙도의 1단계 모사(형상모사, Mirroring)는 2D/3D로 객체를 모델링하여 시각화를 구현하는 단계이다. 2단계 관제(모니터링, Monitoring)는 실시간 모니터링과 상태동기화 단계로 인간의 개입이 있는 부분 자동 제어를 구현하는 단계이다. 3단계 모의(모델링과 시뮬레이션, Modeling&Simulation)는 현실 대상에 대한 동작 모델을 구성하여 입력에 따른 변화를 시뮬레이션하는 단계이다. 현실대상에서 일어난 문제에 대해서 로그 데이터를 바탕으로 동작모델을 통해 문제를 재현가능하고, 문제발생 시에 원인 분석을 할 수 있다. 단계 4 연합(Federated)은 이종 도메인 간 상호 협업을 위해 연계되는 디지털 트윈 간의 연합적 동작모델이다. 다른 도메인에 있는 디지털 간의 연합, 동기화, 상호 작용을 구현하는 단계이다. 단계 5 자율(Autonomous)는 사람의 개입이 없는 상태의 물리-디지털 트윈 간, 디지털 트윈-디지털 트윈 간의 실시간 통합, 자율 동기화 동작을 수행하는 단계이다. 디지털 트윈 모델과 시스템이 신뢰, 안정, 그리고 안전한 동작을 보장할 수 있는 궁극적 구현단계이다 [12]. 정보통신기획평가원(IITP)에서도 1단계: 모사, 2단계: 관제, 3단계: 모의, 4단계: 연합, 5단계: 자율로 디지털 트윈 기술발전 단계를 소개하고 있다[13].

김지형 등은 IoT 플랫폼 기반 디지털 트윈 프로토타입을 설계하고 구현하는 연구에서 1)물리 세계 2)가상세계 3)시뮬레이션 4)응용 단계로 구분하고 물리세계와 가상세계 간의 가상화 기술과 동기화 기술을 적용하고, 가상화된 객체 정보를 기반으로 정보를 분석하고 예측하는 기술을 시뮬레이션 단계에 적용하고, 가상화된 객체 정보 및 시뮬레이션 결과를 바탕으로 사용자에게 서

비스를 제공하거나 현실세계의 객체를 제어하는 응용서비스 기술을 제공하는 방식으로 디지털 트윈을 구현하는 연구를 수행하였다 [14].

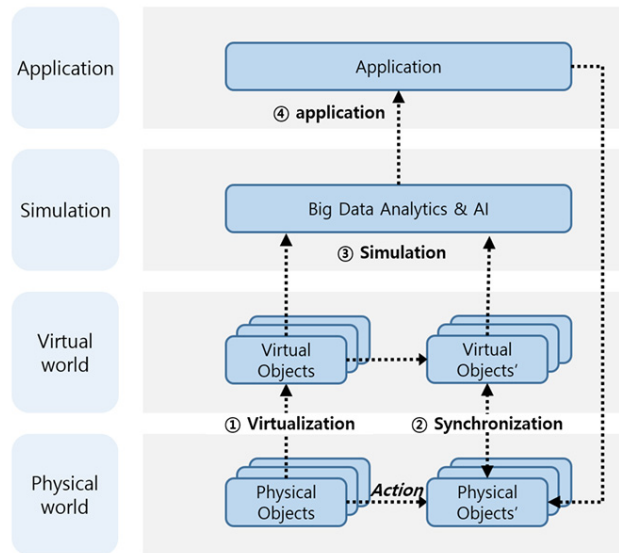


그림 1 IoT 플랫폼 기반 디지털 트윈 성숙단계 모델

[표 2] 기술단계별 교과목 구성[15]

기술 단계	교과목 구성
물리세계	네트워크/이동통신, PLC이해, IoT인터페이스 설계, 백엔드이론/설계, 산업프로토콜실습, VX센서프로그래밍, 설계 및 Postgre SQL, ROS실습
가상세계	VR/MR/AR/XR, 가상모델링, 디지털트랜스포메이션(DX), 공간/시각정보, 프론트엔드설계, 공간데이터암호화, NFT응용, DevOps
시뮬레이션	AI프로그래밍언어(Python), 빅데이터분석, 머신러닝/딥러닝, 디지털트윈연하이종동기화, 블록체인, 클라우드설계, AI지능자율화(현장실무응용), 챗GPT응용
응용	디지털트윈의 이해, WebGL, 디지털트윈VR엔진응용, 메타버스구현설계, 인터랙티브3D트윈설계, 디지털트윈캡스톤디자인, VX서비스현장설계, 디지털트윈보안

3.2. 기존의 디지털 트윈의 개발 성숙도 모델에 따른 교과과정 설계

김지형 등의 디지털 트윈 개발 성숙도 모델을 바탕으로 교과과정을 설계한 연구가 수행되었는데 그 연구에서는 물리세계, 가상세계, 시뮬레이션, 응용 단계별로 요구되는 대학의 디지털트윈 전공을 위한 교과목을 구성하였다 [15]. 표 2에는 4개의 기술단계별로 교과목을 구성한 사례를

나타내었다[15].

제안된 방법은 4단계(물리세계, 가상세계, 시뮬레이션, 응용)에 해당하는 교과목을 배치하는 방식으로 제안되었으나 배치된 교과목과 단계에서 소요되는 기술간의 관계성을 설명하고 있지 않아서 직관적인 이해하기 어려운 방식으로 제안되었다.

3.3. 디지털 트윈의 요소 기술

ETRI(한국전자통신연구원)의 연구[12]와 정보통신기획평가원(IITP)의 문서[13]의 5단계 디지털 트윈 성숙도 모델, “모사→관제→모의→연합→자율”을 기반으로 대학의 디지털 트윈 전공/학과를 위한 교과과정을 설계하기 위해서 요소기술에 대한 평가가 선행되어야 한다.

선행 연구들에서는 서로 다른 방식의 요소기술에 대한 제안들이 다양하게 이루어졌다. M. Bora의 저서에서는 IoT, Solution Architecture, Database, Messaging, Interface, User Experience, Cyber Security 등으로 요소 기술이 제안되었다 [16].

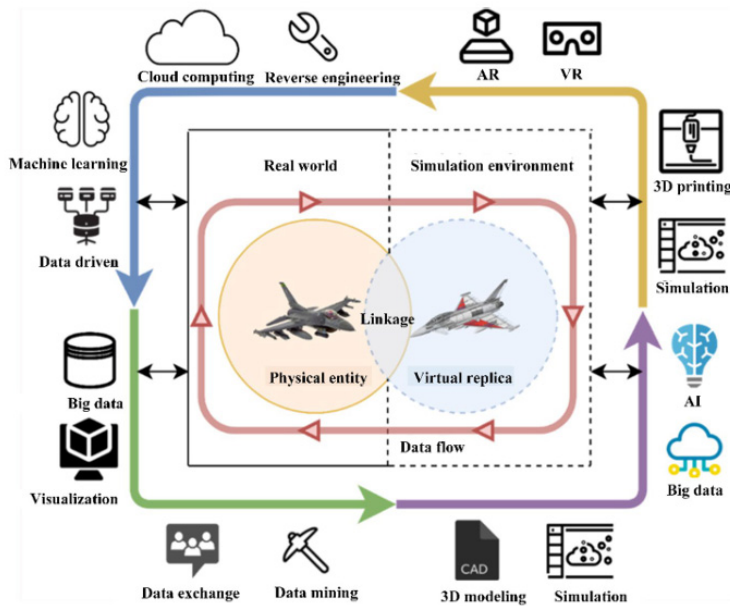


그림 2 Yao 등의 디지털 트윈의 기술구성요소 [16]

Yao 등의 연구에서는 실세계에서 필요한 요소들과 시뮬레이션 환경에서 필요한 요소기술들로 구분하였는데, 실세계에서는 데이터마이닝, 데이터교환, 시각화, 빅데이터, 데이터구동, 머신러

닝, 클라우드 컴퓨팅, 역공학 등으로 구성하고, 시뮬레이션 환경에서는 3D 모델링, 시뮬레이션, 빅데이터, AI, 3D프린팅, AR/VR 등으로 기술요소를 설명하고 있다 [17].

장윤섭 등의 연구에서는 디지털 트윈의 구현에 필요한 요소기술을 7가지로 구분하였다. 1)사물인터넷-물리적 객체의 실시간 데이터 수집과 물리객체와 가상객체 간의 데이터가 원활하게 양방향 전송하도록 하는 것, 2)인공지능-새로운 데이터로 학습하고 예측하는 모델을 지속적으로 갱신하는 것, 3)빅데이터-패턴에 대한 유추와 유용한 정보를 발굴하기 위한 양적 데이터를 제공하는 것, 4)클라우드-센서와 다양한 플랫폼의 많은 데이터를 유연하고, 확장가능하게 지원하는 것, 5)5세대 통신-실시간으로 정보를 전송하는 능력으로 디지털 트윈의 반응성을 향상하기 위한 것, 6)AR/MR-실제 물리적 환경과 함께 가상환경의 디지털 트윈을 인식하기 위해 지원하는 것, 7)모델링-제품, 공정, 시스템 등의 형상을 가상공간에 구현하는 것으로 정의하였다 [9]. 또한, 이 연구에서는 디지털 트윈의 소프트웨어 요소를 1)수집, 전달, 저장, 처리 소프트웨어-현실의 객체 운용에서 발생되고 관찰되는 의미 있는 데이터에 관한 것, 2)모델링 및 튜닝 소프트웨어-해당 객체에 대한 진화와 변경 가능한 디지털 모델에 관한 것, 3)런타임 엔진과 그에 연동하는 소프트웨어 디지털 모델들의 실행과 시뮬레이션 환경에 관한 것, 4)응용 SW-응용 목적에 따른 진단/분석/예측 결과를 내기 위한 것, 5)결정/제어 소프트웨어-진단/분석/예측 결과의 현실 반영을 위한 제어정보에 관한 것, 6)2D/3D 그래픽스 소프트웨어-3D 객체 설계 및 운용/결과 시각화를 위한 그래픽스 모듈에 관한 것으로 설명하고 있다 [9].

김영진 등의 연구에서는 1~4세대로 디지털 트윈 진화단계를 설명하면서, 1세대는 연결형 디지털 트윈은 물리 시스템의 상태 모니터링을 위한 목적으로 IoT, 5G통신 등의 네트워크 기술, 물리 시스템의 데이터 수집·저장·관리 기술, 물리 시스템의 디지털 모델을 구축하기 위한 모델링 기술, 상태를 예측하기 위한 시뮬레이션 기술, 상태 모니터링을 위한 시각화 기술로 구성하였다. 2세대 지능형 디지털 트윈은 물리 시스템의 상태 판단, 수명 예측, 성능 개선 및 최적화 등을 위한 목적으로 데이터기술(처리, 학습, 추론), 상태 판단과 예측을 위한 인공지능/머신러닝/빅데이터 기술, 최적화를 위한 동적/지능적인 UI/UX 기술이 포함된다. 3세대 자율형 디지털 트윈은 자율적으로 물리 시스템을 최적화를 위하여 개발/분석/최적화 프로세스를 실시간 수준으로 구현하며 자율형 디지털 트윈은 스스로 업데이트하고 물리 시스템을 최적화한다. 이를 위해 온라인 학습, 전이 학습, TSN(Time Sensitive Network) 기술이 필요하다. 4세대 초월형 디지털 트윈은 협업과 확장의 군집의 관리를 위한 이종 디지털 트윈 간 연동과 매시업으로 DT2DT 인터페이스, 디지털 트윈들의 매시업 및 오케스트레이션 기술, 군집 관리 기술이 포함된다 [18].

3.4. 모사-관제-모의-연합-자율 성숙도 모델에 기반 교과과정 설계

본고에서는 상기한 바와 같이 다양한 제안으로 이루어진 연구들을 기반으로 아래에 기술한 디지털 트윈 성숙도 5단계 모델을 기준으로 그에 해당하는 기술요소들과 교과과정을 나타낸다. 각 단계의 설명은 다음과 같다.

단계 1: 모사(Mirroring)

현실 세계의 물리적 객체나 시스템을 가상 공간에 동일하게 복제하는 단계로써 시스템의 상태를 실시간으로 디지털 공간에 반영한다. 이 단계에서는 각종 센서와 디바이스를 통해 수집된 데이터를 기반으로 객체의 형상, 크기, 위치, 속성 등을 정확하게 파악하고 이를 디지털 형태로 변환하여 시각화를 구현하고 모니터링을 수행한다.

단계 2: 관제(Monitoring)

가상 공간에서 복제된 객체를 모니터링하고 제어하는 단계로써 시스템의 상태를 지속적으로 관찰하고 이상 징후를 감지한다. 센서와 액추에이터를 이용하여 실시간으로 데이터를 수집하고 전송하며, 데이터 분석을 통해 이상 상태나 성능 문제를 탐지하며 가상 공간에서 이루어진 조작을 현실 세계에 적용한다.

단계 3: 모의(Simulation)

가상 공간에서 복제된 객체를 이용하여 다양한 실험을 수행하고 결과를 예측하는 단계로써 실제 시스템의 미래 상태를 예측하고 최적화를 수행하기 위해 다양한 조건의 시나리오를 시뮬레이션한다.

단계 4: 연합(Federation)

여러 개의 디지털 트윈을 결합하여 더 큰 규모의 디지털 트윈을 만드는 단계로써 여러 개의 실제 디지털 트윈을 연결하여 전체 시스템을 통합하여 복잡한 문제를 해결하고, 더 높은 수준의 통찰력을 얻을 수 있도록 최적화한다.

단계 5: 자율(Autonomous)

디지털 트윈이 스스로 판단하고 행동하는 단계로써 학습하고 진화하여 시스템을 자율적으로 운영하는 단계이다. 인간의 개입 없이도 의사결정, 최적화, 자율 제어를 위한 복잡한 알고리즘 스스로 문제를 해결하고 목표를 달성할 수 있다.

이 5단계 성숙도 모델을 기준으로 관련 교과목들을 [표 3]에 제시하였다. 이와 함께 해당 교과목과 연관된 실습을 수행할 때 선택할 수 있도록 디지털 트윈 도구/플랫폼을 병기하여 하였다.

[표 3] 디지털 트윈 단계별 교과목 구성

기술 성숙도	요소기술	교과목 구성
	기초/공통	프로그래밍언어(Python/C++), 알고리즘, 데이터 구조, 소프트웨어 공학, 보안, 디지털트윈의이해
모사 Mirroring	IoT, 시각화 센싱, GPS, 데이터통합 플랫폼, 네트워크, 센서네트워크, 데이터 통신/수집/처리	데이터베이스, 데이터마이닝, 데이터시각화, 컴퓨터네트워크, 사물인터넷(IoT), 센서네트워크, 임베디드 시스템, 컴퓨터 그래픽스, 3D 모델링, 시스템모델링, 가상현실(VR/AR/MR/XR), BIM(Building Information Modeling)
	모사관련 도구/플랫폼	Microsoft Azure IoT Hub, Autodesk Revit, Power BI, Siemens: MindSphere, PTC ThingWorx, AVEVA: System Platform, MySQL, MongoDB
관제 Monitoring	실시간 스트리밍, 데이터 분석, 경량 AI, 이상 탐지 데이터 분석, 시각화, 클라우드	운영체제, PLC이해, 인간-컴퓨터 상호작용(HCI) 프론트엔드설계, WebGL, 데이터 마이닝, 시스템 분석 및 설계 데이터 분석/처리, 데이터 시각화, 클라우드 컴퓨팅 실시간 시스템, 머신러닝, 딥러닝
	관제관련 도구/플랫폼	Microsoft Azure Digital Twin, IBM Maximo, NVIDIA: RAPIDS, Siemens: MindSphere, GE Predix
모의 Simulation	시뮬레이션 엔진, 예측분석, 가상실험 물리적 시뮬레이션	VR/MR/AR/XR, 가상모델링, 공간/시각정보, 시스템 모델링, 시뮬레이션 기법 시뮬레이션 소프트웨어(MATLAB, Simulink) 가상물리엔진
	모의관련 도구/플랫폼	Siemens Simcenter, ANSYS ANSYS Workbench, Dassault Systèmes 3DEXPERIENCE, Altair HyperWorks, Unity, Unreal Engine, NVidia Omniverse
연합 Federation	데이터통합, 분산시스템, 시스템 상호운용성, 플랫폼연합	산업프로토콜(산업IoT), 디지털트윈 연합이종동기화 분산시스템, 클라우드 컴퓨팅, 데이터통합, 표준화와 상호운용성, 시스템설계 및 분석 서비스지향아키텍처(SOA), 웹서비스, 데이터 웨어하우스
	연합관련 도구/플랫폼	Microsoft Azure IoT Hub, AWS IoT Core, Siemens Teamcenter, SAP IoT
자율 Autonomous	인공지능(머신러닝, 강화 학습), 자율 시스템, AI/ML기반 의사결정	자율시스템, 로봇공학, 엣지컴퓨팅, 인공지능, 강화 학습, 자연어 처리 자율 시스템, 인공지능윤리/로봇윤리
	자율관련 도구/플랫폼	NVIDIA: CUDA-X, Omniverse, Siemens Xcelerator, IBM Watson AI, AWS Sagemaker, Unity, Unreal Engine

4. 결론

디지털 트윈은 다양한 분야의 지식과 기술이 융합된 첨단 기술이다. 대한민국 정부와 기업들은 디지털 트윈 기술을 4차 산업혁명 및 스마트 제조 혁신의 핵심 기술로 보고, 인력 양성 필요성을 인지하고 있다. 정부는 10대 대표과제를 디지털 트윈을 포함시켜 많은 예산을 지원하고 있으며 정보통신산업진흥원(NIPA)와 방위사업청 등 기관들은 여러 사업을 통해 개발을 촉진하고 있다. 이에 따른 인력 양성 계획이 수반되어야 하지만 디지털 트윈 분야의 인력양성에 대한 계획을 찾아보기 어렵다. 본고에서는 대학에서의 인력양성을 위한 디지털 트윈 전공의 교과목 개발에 대한 연구를 수행하여 기본적으로 대학에서 배워야 하는 교과목들에 대해서 논의를 하였다. 본고에서 제시된 전공 과목들을 학습하여 디지털 트윈 분야의 전문가로 성장할 수 있을 것으로 기대된다. 학부에서는 기초 과목을 중심으로, 디지털 트윈의 전반적인 기술과 원리를 이해하고 대학원에서는 심화 과목과 연구 프로젝트를 통해 특정 단계의 기술을 전문적으로 학습하고 다양한 공학적, 데이터 과학적 융합 학습이 중요하다고 판단하고 있다.

인력양성에 필요한 교과목을 정의하는 것은 인력의 개발목표와 대학의 상황에 따라서 양상이 매우 다를 수 있다. 그런 이유에서 본고에서는 4년 단위의 교과과정표를 제시하지 않고 디지털 트윈 성숙 단계별 모델인 모사-관제-모의-연합-자율의 5단계 모델을 기준으로 단계별로 필요한 IT 기술을 정리해 교육기관별로 선택적으로 운용할 수 있도록 교과목들을 제시하였다. 또한 디지털 트윈 관련 기업체들의 도구와 플랫폼을 5단계 모델의 단계별 과정에 병기함으로써 해당과목에 대한 실습도구를 적절히 활용할 수 있도록 관련사항을 제공하였다. 본고에서 제시한 과목들을 참고하여 교육기관별로 체계적으로 교육과정을 이수하여 디지털 트윈 분야에서 경쟁력 있는 인재로 성장할 수 있기를 바란다.

5. 참고문헌

- [1] What is a digital twin? Available : <https://www.ibm.com/kr-ko/topics/what-is-a-digital-twin>
- [2] Digital twin, Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_twin
- [3] Markets and Markets, "Digital Twin Market-Global Forecast to 2028. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html>
- [4] Global Market Insight, "디지털 트윈 마켓 크기 및 공유, 성장 분석 2032", <https://www.gminsights.com>.

com/ko/industry-analysis/digital-twin-market

- [5] 대한민국 정책브리핑, 체감할 수 있는 변화의 구심점...한국판 뉴딜 '10대 대표과제', <https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148874682>
- [6] 정보통신산업진흥원, 2024년 통합 사업설명회, <https://www.nipa.kr/home/4-4-1/15152>
- [7] 정재준, 조경남, 손시열, “디지털 전환 시대의 새로운 무기체계 획득 수단 ‘Digital Twin’”, 월간국방과 기술, 2024,3.
- [8] 방위사업청, 방위사업청 보도자료, 24.1.3
- [9] 장윤섭, 장인성, "스마트도시 실현을 위한 디지털 트윈 기술동향", 전자통신동향분석, 36권, 1호, 2021.2
- [10] Gartner, "Use the IoT Platform Reference Model to Plan Your IoT Business Solutions", 2016.
- [11] ETRI 지능융합연구소, 디지털 트윈 기술보고서, <https://ksp.etri.re.kr/ksp/plan-report/file/831.pdf>, 2021.1
- [12] 김용운 외, “디지털 트윈의 꿈”, <https://www.etri.re.kr/preview/1611626203166/index.html>
- [13] 정보통신기획평가원(IITP), 디지털 트윈기술: K-로드맵, <https://www.iitp.kr/>, 2022.
- [14] 김지형 외, "IoT 플랫폼 기반 디지털 트윈 프로토타입 설계 및 구현", 방송공학회논문지 제26권 제4호, pp. 356-366, 2021.
- [15] 조규상, 허노정, “디지털 트윈 학과의 전공교육을 위한 교과목 설계”, 2024.6.
- [16] Vohra, Manisha, ed. Digital twin technology: fundamentals and applications. John Wiley & Sons, 2023.
- [17] Yao et al. “Systematic review of digital twin technology and applications”, Visual Computing for Industry, Biomedicine, and Art, Vol. 6, No. 10, 2023.
- [18] 김영진의 5명, “디지털 트윈 소프트웨어 아키텍처와 개발 사례”, OSIA Standards & Technology Review Journal Vol. 34, No. 1, pp. 22-31, March 2021

학회 동정

하반기 주요활동

1 2024년 제3차 국내학술위원회의

- 일시 : 2024년 9월 9일(월) 오후 4시
- 장소 : 온라인(zoom)
- 안건
 - 2024년 춘계종합학술대회 결과 보고
 - 2024년 추계종합학술대회 사전답사
 - 산학위원장, 산학공동위원장 신설
 - 24일 산학매칭그린데이, 가ાય유적탐방 프로그램
 - 홈페이지 개선 필요

2 2024년 제3차 국문지 편집위원회의

- 일시 : 2024년 9월 10일(화) 오후 4시
- 장소 : 온라인(zoom)
- 안건
 - 과총 선정 결과 보고
 - 참고문헌 양식 수정
 - 기타 안건

3 2024년 제3차 영문지 편집위원회의

- 일시 : 2024년 9월 23일(월) 오후 2시
- 장소 : 온라인(zoom)
- 안건
 - 2024년 영문지 접수현황 보고
 - 2024년 9월 발간호 (22권 3호) 처리 현황 보고
 - 기타 안건

4 2024년 추계종합학술대회 개최

- 일시 : 2024년 10월 24일(목) ~ 10월 26일(토)
- 장소 : 인제대학교 김해캠퍼스
- 학술위원장 : 박현준(청주대학교)
- 논문 편수 : 구두 73편, 포스터 134편, 총 207편
- 우수논문 : 71편 (최우수논문 1편, 우수논문 25편, 학생우수논문 45편)
- 후원업체 : (주)우리아이티, LG유플러스, 시스원, Korea Telecom, SK브로드밴드, (주)그린텍아이엔씨, (주)대보정보통신, (주)대흥정보, (주)세오, (주)신한항업, (주)하이제이컨설팅, (주)SJ정보통신, 네오브릭스, 네이버시스템(주), 대신정보통신(주), 롯데이노베이트(주), 세림TSG(주), 송암시스콤(주), 쌍용정보통신(주), 아이씨티웨이, 아이티아이즈, 엑스게이트, 엔키아, 엠티데이터, 올포랜드, 주식회사 GFT, 한국정보기술(주), SK텔레콤

학회 동정

하반기 주요활동

5 2024년 제4차 국내학술위원회의

- 일시 : 2024년 11월 27일(수) 오후 4시
- 장소 : 온라인(zoom)
- 안건
 - 2024년 추계종합학술대회 결과 보고
 - 2025년 춘계종합학술대회 장소 선정
 - 등록비 현실화
 - 대학생 등록비 명칭 변경
 - 포스터 발표 활성화 방안

6 2024년 제2차 학회지 편집위원회의

- 일시 : 2024년 12월 27일(금) 오후 4시
- 장소 : 온라인(zoom)
- 안건
 - 학회지 현황 보고
 - 기타 안건

7 2024년 제4차 국문지 편집위원회의

- 일시 : 2024년 12월 30일(월) 오후 4시
- 장소 : 온라인(zoom)
- 안건
 - 국문지 논문 편집양식 변경
 - 2025년 신년회 수상관련
 - 기타 안건



학회 동정

학회 갤러리



2024 신년회 단체사진



추계 이사회



초청 강연



포스터 발표



폐회식 단체사진



산학매칭 그린데이

한국정보통신학회 국문논문지는 한국연구재단 등재지로서 매달 발간되고 있습니다.

투고 분야

Information Science

- 데이터베이스, 클라우드컴퓨팅 및 빅데이터
- 인공지능 및 지능적 시스템
- 컴퓨터 비전 및 바이오 메디칼 영상
- 디지털 콘텐츠, 게임 및 멀티미디어

Communication Engineering

- 통신용 반도체
- 컴퓨터 네트워크
- 회로 및 시스템
- 무선통신 및 데이터 통신
- 정보 보호 및 보안

Information Science & Communication Engineering

- 정보통신융합

Short Paper

- 뉴 아이디어 및 트렌드
- 정보통신일반

논문 양식

홈페이지(커뮤니티-자료실)에서 국문논문지 양식을 다운받아 작성하신 후 제출 해주시기 바랍니다.
※ 특별히 참고문헌 기술 형식을 투고 규정에 맞도록 제출하여 주시기 바랍니다.

투고 절차

1. 한국정보통신학회 신규회원가입 (<http://www.kiice.org/> 참조)
2. 국문지 논문투고시스템(<https://www.dbpiaone.com/jkiice/index.do>)에 논문접수
※ 학회 홈페이지와 국문지 투고 시스템의 회원정보는 연동이 안되오니 최초 투고 시,
반드시 회원가입 후 투고해주시기 바랍니다.
3. 심사비 입금 (일반: 4만원 / 긴급: 8만원)
4. 심사 진행 (일반: 15일 / 긴급: 10일)
5. 심사통과 후 게재확정메일 발송 (이후 학회에서 게재료 메일발송)
6. 매월 말일 출판 (일반: 투고 시점부터 3~4개월 / 긴급: 투고 시점부터 1~2개월)

문의 사항

사무국 051-463-3683/ journal.kiice.org

JICCE

Journal of Information and Communication Convergence Engineering

<http://jicce.org>

(Indexed in Scopus)

Print ISSN : 2234-8255, Online ISSN : 2234-8883

Call for Papers

Journal of Information and Communication Convergence Engineering (J. Inf. Commun. Converg. Eng., JICCE) is an official English journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering (KIICE).

It is an international, peer reviewed, and open access journal that is published quarterly in March, June, September, and December. Its objective is to provide rapid publications of original and significant contributions and it covers all areas related to information and communication convergence engineering including the following areas: communication system and applications, networking and services, intelligent information system, multimedia and digital convergence, semiconductors and communication devices, imaging and biomedical engineering, and computer vision and autonomous vehicles.

JICCE was indexed in Scopus and Scopus coverage of JICCE began in 2018.

- Scopus Cite Score 2023 of JICCE : 1.1

Authors are invited to submit the articles that illustrate significant advances in theory, engineering, and application in the field of information and communication convergence engineering.

Topics of interest include, but are not limited to, the following:

- Communication system and applications
- Networking and services
- Semiconductors and communication devices
- Intelligent information system
- Multimedia and digital convergence
- Imaging and biomedical engineering
- Computer vision and autonomous vehicles

Paper submission

All submitted manuscripts must (i) conform to JICCE formatting requirements (see "Instruction for Author" guidelines at <http://jicce.org>); (ii) must be original and should not have been published previously or be under consideration for publication while being evaluated for this Journal; (iii) be submitted online at <http://jicce.org>.

For details of our publication please visit our website: <http://jicce.org>

Prof. KwangBaek Kim / Prof. Dongsik Jo
Editors-in-Chief, JICCE
Contact: journal@kiice.org

UVERSE 유버스



2024년 UVERSE 유버스와 함께
또 하나의 캠퍼스를 확보해보세요!

1



메타버스 강의실/대강당을 활용한 비교과 활동, 특강, 행사를 진행하세요.

2



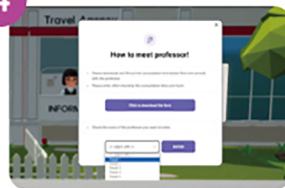
SNS인증만으로 메타버스 캠퍼스 방문 OK! 캠퍼스/그룹스터디 기능을 통해 팀프로젝트와 소모임이 가능합니다.

3



학교 전용 NPC를 적용해 캠퍼스 안내 및 학사 관련 문의 대응이 가능합니다.

4



외국인 학생의 유버스 이용 접근성과 활용도를 높이기 위한 영어 서비스를 준비 중입니다.

우리아이티를 통해 이루는 여러분의 **Work Load**

More Early | More Safely | More Fully

통합유지보수



보안



시스템 통합



네트워크 통합



통신사업자 Biz



WIT

Partner



WIT(주)우리아이티
Leading company in IT convergence

부산시 동구 조방로 14 범일동, 동일타워 415호
TEL 051-637-2386 | FAX 050-5964-5555



www.woorit.kr



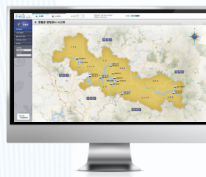
물 환경분야
미래를 예측하고,
시장을 선도하는
물 환경분야 Top Leader!
(주)그린텍아이엔씨



- ◆ 통합 물 관리 Total Solution 보유
- ◆ 국내유일 환경신기술 기반의 상수관망 유지관리시스템 보유
- ◆ 국내최다 상수관망 유지관리시스템 실적보유(시장점유율 60%)

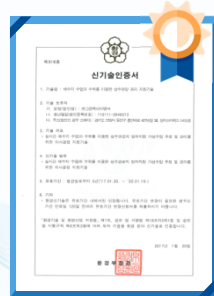
| 통합 물 관리 솔루션 |

- 관망감시시스템(InfoHMI)
- 관망관리시스템(InfoManager)
- 관망해석시스템(InfoWorks)
- 생산관리시스템
- 시설물관리시스템
- 수질관리시스템
- 상수도 계측제어시스템

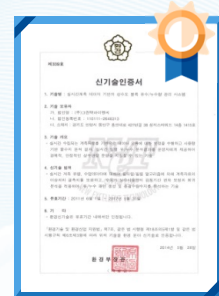


| 지적재산권 |

- 환경신기술 2건
- 특허 9건
- 성능인증 2건
- GS인증 4건



환경신기술(제516호)
배수지 수압과 수위를 이용한
상수관망 관리 지원기술



환경신기술(제339호)
실시간 계측데이터 기반의
상수도 블록 유수/누수량 관리 시스템



모두가 행복한 ICT 세상!

풍요롭고 행복한 세상을 만드는 ICT기업

대보정보통신

IT컨설팅에서 시스템 통합(SI) 및 유지관리(SM)까지 고객이 필요로 하는 최적화된 솔루션과 서비스로 고객의 성공비즈니스를 만들어 갑니다.



System Integration

최적화된 시스템을 구축합니다.

Industry Solution (전자정부, 공공, 공항, 국방, 교육 등) / Ubiquitous Solution (U-City, ITS 등) / Network Intergration



System Management

IT시스템의 효율을 극대화합니다.

IT Outsourcing (시스템, 데이터센터, 보안서비스) / ITS 운영관리 / 장대터널 운영관리



Solutions

한발 앞선 솔루션을 제공합니다.

ITS기반 솔루션 / Smart Highway / 데이터 분석 / 검색엔진 / 보안 / Mobile App / U-BIZ / Hi-pass

SMART PARKING

2022 SMART CITY KOREA CERTIFIED

:: 2022년 스마트 도시 인증 - 스마트 파킹 서비스 부문 ::
국토교통부 장관 표창장 수상

†nerv 에이엔브 I·R·S
비대면 자격확인 서비스

†nerv 에이엔브
혁신제품 통합주차솔루션

미래산업에 가치를 더하다

‘섬김, 바름, 나눔’의 가치로 안전한 환경을 보전하기 위해 끊임없이 노력하는 기업, (주)비츠로시스의 가치입니다.



Smart RTU



SCADA/HMI



Metering Device

상하수도 시스템 사업

- 상·하수도 통합 및 자산관리시스템
- 지방상수도 현대화 유지관리시스템
- 스마트하수도 운영시스템
- 도시침수 및 재해위험지구 관리시스템



솔루션

- HMI Software (GS인증 제품)
- Smart RTU (조달우수제품)
- 수도 원격검침
- 수배전반 (조달우수제품)



미래를 디자인하는 기업 SEO

IT & Ubiquitous Green Growth & ECO-friendly

세오는 **영상기반 센서융합보안기술 전문기업** 으로

R&D네트워크를 통한

딥-러닝 기반 영상분석기술,

레이더 센서융합기술,

통신구간 암호화 기술,

로봇기술 등

과감한 R&D투자 및 개발을 통하여

무인교통감시장치,

실시간 암호화 영상감시시스템,

딥-러닝 기반의 종합 감시시스템,

방법 감시용 로봇시스템 등

**시민의 안전 및 재산보호를 위한 다양한 솔루션을 가지고
한층 진보된 사회안전망 강화에 공헌하고 있습니다.**

시유넷임베디드디바이스

영상분석 기술을 기반으로 다양한 안전취약지역 등에 적용하여 이상징후 발생 시 효율적 대처가 가능하도록 한 제품

안전관리 목적 및 AI 딥러닝 유닛 임베디드 디바이스

- AI 기반 위험상황인지
- AI 기반 산업현장 안전관리
- AI 기반 교통사고 안전예방



무인교통감시장치

인공지능 센서융합 일체형 무인교통감시장치로 다차선, 보행자검출 등 효율적인 교통단속이 가능한 제품

다목적, 다기능 통합운영 무인교통 감시장치

- 다목적/다기능 통합
- 인공지능 센서융합
- 100여개 물체 동시탐지
- 야간영상 획득 가능



CUBE-HIDE

해커와 제 3자로 인한 데이터 유출 시에도 영상정보를 확인 할 수 없도록 암호화 하는 장치

통신구간 영상노출, 이체그만!

- 향상된 암호화 효율성 제공
- 3차원 블록 형태의 강력한 암호화
- 기존 시스템의 변동없는 활용가능
- 네트워크 허브 및 스위치와 보안을 한번에



ARVO

실내 주행 기반 순찰, 안전점검 등을 통한 방범, 화재, 시설물관리 등 사고 예방이 가능한 방법로봇

순찰, 방범, 안전점검 로봇 ARVO

- 실내 자율주행
- 야간영상 촬영
- 무선충전



방범 보안 시스템

도시방범, 학교, 병원, 공장, 소매점 등과 같이 CCTV를 이용한 대부분의 관제소 등에 포괄적으로 적용하여 정보유출로 인한 피해 방지



국가 보안시설

보안이 중요하게 강조되는 항만, 발전소와 같은 국가 보안이 중요하게 강조되는 곳에 적용하여 정보유출로 인한 손해 예방



가정용 보안 시스템

저녁, 반려동물 돌보기와 같이 가정에서의 CCTV 활용도가 높아짐에 따라 가정에 적용하여 사생활 노출로 인한 불안 해소와 시민의 재산보호 가능



공간정보 사회의 글로벌 리더! 신한항업

www.shas.co.kr

Aerial Photography / Geodetic Survey / Digital Mapping / GIS Application / SI / Overseas Mapping



항공사진 촬영

- 당사 보유 항공기를 이용한 항공촬영
- 다목적 조사용 항공사진 촬영
- LIDAR를 이용한 3차원 공간정보 구축

측지 측량

- GPS 위성 측량
- 정밀 기준점 측량 (국가기준점)

영상도화 및 수치지도 제작

- 항공사진 수치도화
- 국가기본도 축척별 수치도화

GIS관련 프로그램 개발

- 국가기본지형도 제작 프로그램
- GIS관련 프로그램 (UIS, LIS 등)

엔지니어링 사업

- GIS를 이용한 첨단 도시계획 수립
- 관광지, 공원, 택지 등 기본계획 수립

Si (System Integration)

- 영상정보 분석, 판독 및 활용시스템 구축
- 공간정보 DB구축 및 관리·운영시스템 구축

해외사업

- 공간정보 및 관련분야 해외신규사업 발굴
- 대외 유·무상 원조사업 참여

지적

- 지적 확정 측량
- 지적 재조사 사업

ICT전문기업오픈링크시스템

OPENLINKSYSTEM IS THE LEADING OF ICT [Information and Communication Technologies]

(주)오픈링크시스템은 ICT 전문 기업으로 공공기관 및 민간 기업 등 고객사로부터 신뢰와 기술력을 토대로 IT 시장을 선도하고 있습니다.

Foundation Business

- IT System Integration
- IT System Management
- IT Outsourcing

Core Business

- OPEN SOURCE (Big Data, Cloud)
- RPA (Robotics Process Automation)
- SECURITY (안랩, 펜타, 포티넷, 시큐아이닷컴)

Research & Development

- Smart E-Learning
- AI Machine Learning
(치매인지검사, AI 학습데이터 구축)

한국정보통신학회 2024년도 춘계종합학술대회의
성공적인 개최를 기원합니다.

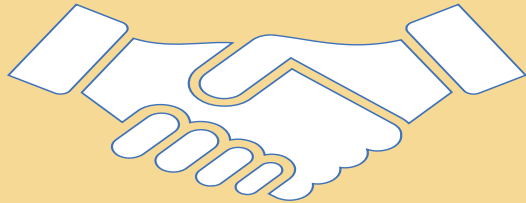
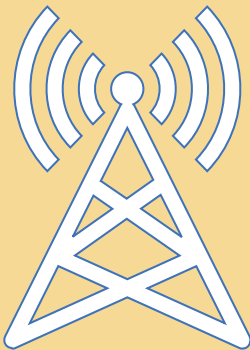
(주)하이제이컨설팅

(Be Creative, Be sustainable)



- *Sharing successful Things*
- *Value Creating IT Consulting*
- *Base of actual Public Reference*
- *Total IT Service Cooperation*

Creative IT consulting for your Biz success



(주)하이제이컨설팅
Be creative, be sustainable

Since 1991 & future

www.hanscom.com

hans com

SINCE 1991 주식회사 한스콤정보통신

정보통신 선도기업

네트워크통합(NI)

시스템통합(SI)

보안(Security)

IT 유지보수

통합커뮤니케이션(UC)

hans com

SINCE 1991 주식회사 한스콤정보통신

부산광역시 동래구 여고북로56 (사직3동 358-6 한빌딩 3층)

tel 051.507.0364 fax 051.507.0366

SPIKE™ Prime



코딩과 메이커 교육에 대한 자신감

스파이크 프라임은 다채로운 레고조립 요소들, 사용하기 쉬운 하드웨어 및 스크래치를 기반으로 하는 직관적인 드래그 앤 드롭 코딩 언어를 결합하여 쉽게 도전할 수 있는 프로젝트에서부터 파이썬의 텍스트 기반 코딩을 탐색 할 수 있는 옵션을 포함하여 무한한 창의적인 디자인 가능성에 이르기까지 학생들이 재미있게 내일의 혁신적인 마인드를 키울 수 있도록 필요한 필수 스템과 21세기 핵심역량을 배울 수 있도록 도와줍니다!



python™ AI 카메라 키트

AI 카메라 키트에 포함된 허스키 렌즈는 머신러닝이 들어가있는 인공지능 카메라로, 물체 인식, 얼굴 인식, 라인 추적, 색상 인식, 태그 인식 등의 기능이 내장되어 있어 스파이크 프라임과 함께 사용하시면 다양한 인공지능 기능들을 체험할 수 있습니다.

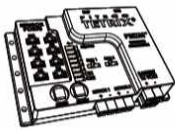


제품 구성품

허스키 렌즈 PRO (카메라 포함)	연결 케이블	추가 브릭	렌즈온시 조립도 및 교육자료 (PDF)

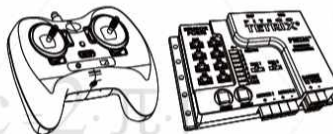


아두이노 코딩을 위한 TETRIX® MAX R/C Robotics Set



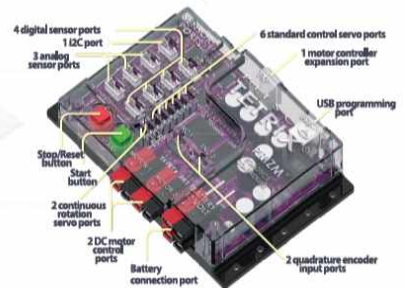
TETRIX® MAX Programmable Robotics Set

- Remote controlled
- Autonomous controlled



TETRIX® MAX Dual-Control Robotics Set

- Remote controlled
- Autonomous controlled



- PRIME 사용자는 새로운 PULSE™ Robotics Controller 및 그래픽 TETRIX ArduBlockly 소프트웨어로 로봇을 프로그래밍 할 수 있습니다.
- PULSE는 Arduino Software (IDE) 및 PULSE 컨트롤러 Arduino 라이브러리를 사용하는 구문 기반 코딩 방법으로 프로그래밍도 가능합니다.

www.handsontech.co.kr

T : 02-2608-2633 F : 02-2608-2634

(주)헨즈온테크놀러지는 덴마크 LEGO® Education과 공식 파트너계약을 체결하고

한국 내 대학 및 초·중·고등학교에 제품을 공급하고 있습니다.

(주)헨즈온테크놀러지를 통해 구입한 제품에 한해서 공식 A/S가 가능합니다.



사람과 기술로 미래를 이끌어가는 기업 에스제이정보통신



고객의 믿음으로 성장하는기업 (주)에스제이정보통신이 더 나은 미래를 만들어갑니다.



- SI** 안정적인 시스템 구축 및 고객 업무환경에 맞는 최적의 솔루션 제공
- ITO** 다양한 경험과 기술로 고객의 기업가치의 경쟁력 향상
- 유지보수** 고객의 업무혁신을 위한 다양한 분야의 종합 IT서비스 제공

SJ정보통신
SJinfo & communications

대전광역시 유성구 온구비로 8, 401호
(지족동 884-3, 보광빌딩)

TEL. 042-361-9990
FAX 042-361-9991

내일을 만드는 이웃,

네이버시스템

Since 1998

빅데이터, 사물인터넷, 공간·위치 정보 등의 첨단ICT기술을 융합하여, 교통, 도시, 공공, 국방 등 다양한 산업 분야에 BIG 플랫폼 기술을 적용하여 다가올 내일을 오늘로 실현합니다.

BIG PLATFORM INTEGRATED TECH



Big Data

대용량 데이터의 실시간 수집, 처리, 분석과 최적화된 시각화 모델을 제공합니다.



IoT

다양한 산업 및 생활 속 센서와 디바이스를 통해 데이터와 서비스가 연결되는 통합플랫폼을 제공합니다.



GIS

지리정보/위치정보를 활용한 토달 솔루션을 제공합니다.

BUSINESS DOMAIN AREA

Mobility & traffic

상상했던 것이 현실이 되는 도로, 내일의 교통환경을 앞당깁니다.

- C-ITS 통합 플랫폼
- 자율주행 운영관제 플랫폼
- ITS-BIS-운행데이터통합분석
- 스마트톨링
- 차량운행관제
- 교통통합안전정보분석

Environment & Urban

똑똑해지는 도시공간, 기후 변화에 대한 적극적인 대응, 안전하고 쾌적한 생활 환경을 만듭니다.

- 터널통합안전관제 TEMS®
- 철도시설물통합관제 RICS®
- 스마트시티통합플랫폼 OASIS®
- 미세먼지 관제
- 탄소중립 플랫폼
- Smart Farm

AI & Big data

시로 더 강력해진 인공지능 플랫폼을 기반으로 더 정확한 위협탐지, 영상분석이 가능합니다.

- 이상징후 모니터링 솔루션 SecurityWorks
- splunk
- 영상통합플랫폼 Visumy®HVP
- 모바일CCTV영상관제 Visumy®Smart Live
- 동영상콘텐츠스트리밍솔루션 Visumy®SCP
- 1인칭웨어러블영상솔루션 SyncView
- 공사현장안전관리시스템 CSMS
- DataZoo 빅데이터매니지먼트
- IoT 운영관제/데이터 분석
- EasyMAPX
- 지능형 영상분석솔루션

Global IT Leader!

모든 비즈니스 영역을 통합하는 통찰력으로
고객의 니즈를 완벽히 분석한 최적의 서비스로
미래를 선도하는 최첨단 기술력으로

미래의 가치를 먼저 생각하는 기업



Total Solutions

- SI·NI 사업
- 보안솔루션



Smart Service

- Mobile 솔루션 사업
- 금융 솔루션 사업



Art Technologies

- 산업용 PDA 사업

큰다 믿을힘

 대신정보통신주식회사 Daeshin Information & Communications Co., Ltd.

서울특별시 금천구 가산디지털2로 169-16, 6층 (가산동, 하우스디가산퍼스타) Tel_02-2107-5000 Fax_02-2107-0515

www.dsic.co.kr



LEADING Business Transformation

고객의 Business Transformation을 Leading하는 서비스 기업,
롯데이노베이트입니다.



롯데이노베이트

세림TSG(주)

Technology Service Group

인재 제일

ICT프로젝트를 제일 잘하는 기업



AI·빅데이터

AI·빅데이터 Platform 구축
지능형 서비스 Visualization
AI·빅데이터 운영(DataOps)

행정안전부 - 지능형 국민서비스 구축(구삐, 챗봇)

국민서비스 백신 접종 안내 서비스 구축
개인별 생활형 정보를 민간앱(네이버, 카카오 등) 및 문자메시지로 안내



클라우드

Solution / 컨설팅 / Development
Infrastructure / Migration / Management

국가정보자원관리원 - 범정부 정보자원 통합구축 사업

클라우드 인프라 확충 및 환경 재구성을 통한 전자정부시스템의 국민서비스 향상
세림의 M-Cloud(클라우드 운영 관리 솔루션)을 통한
지능형 클라우드 컴퓨팅 센터로의 단계적 전환



IT서비스

데이터센터 운영 및 유지관리 / 정보시스템 통합구축
Application Outsourcing / 컨설팅 BPR/ISP
차세대 시스템 개발 및 구축 / Disaster Recovery

국가정보자원관리원, 기획재정부, 조달청, 특허청, 문화체육관광부 등

국가기관 정보시스템 유지관리 및 운영
국가기관 시스템 통합 구축 및 운영환경 개선

세림 이야기



새로운 세상을 여는 기술력
송암시스콤이 함께 하겠습니다



지능형 교통 시스템
스마트교차로, BIS, 자율주행시스템



ICT 통합관제
지능형감시시스템, 통합관제 플랫폼



전력통신 솔루션
송변전용광단말장치, WDM광모뎀



중전기기
고효율변압기, 개폐기





**디지털전환
쌍용정보통신과 함께
Non-Stop으로
할 수 있습니다**

**디지털트랜스포메이션 너머의 미래
쌍용정보통신과 함께 설계하세요!**

No.1 Cloud Native IT Service Company
DX Innovator, 클라우드 · AI 전문가 그룹

아이씨티웨이

정보통신기술벤처기업

We design optimal way for ICT

IT와 관련된 특별한 서비스를 원하십니까?

저희는 **ICT Infrastructure**, **Specialized Consulting**, **System Integration**, **Total Outsourcing**에 대한 최적의 서비스를 제공합니다.

20년 이상의 다양한 프로젝트 경험과 분야별 전문기술 인력을 보유하고 있는 ICTWAY와 상의하십시오.

만족을 넘어 감동을 안겨 드리겠습니다.



더 나은 미래 교통인프라를 향한 새로운 여정의 시작

공항사업



NAVAID
항행안전시스템

AODB
공항운영시스템

ITS
지능형교통시스템

Electric Charing System
전기차충전 운영

TCS
요금수납시스템

New hipass
뉴하이패스
(다차로하이패스)

BIMS
버스운행관리시스템



도로교통사업



Transit Card System
교통카드시스템

VPSD
상하스크린도어

Train Control System
철도신호시스템

Train Communication System
철도통신시스템 (LTE-R)

철도교통사업

우리는 길에서 가치를
창조한다

에스트레픽은 사람과 사람, 공간과 공간을 연결하는 길에서 새로운 가치를 창조합니다.

CONNECTING, SHARING & SHOWING

공간정보로 연결하고, 공유하고, 볼 수 있는 세상



 네오스펙트라

 울포랜드

 엘티메트릭

 명화지리정보

메타버스 플랫폼 서비스

솔루션 개발, SI

데이터 가치 창출

DB구축

공간정보서비스
Alliance

하늘 - 땅 - 바다 - 지하 - 메타버스 공간

BRAVO!

SK Broadband

13

IPTV, 초고속인터넷 2개부문
국가고객만족도 13년 연속 1위

감사합니다. 한결같은 사랑에 더 큰 감동으로 보답하겠습니다.



The Knowledge Partner For a Better Future

대한민국 대표 지식기업 **메가스터디교육그룹**

megastudy 

메가스터디가 하면 다릅니다

모두에게 공정한 교육 기회와 소비자의 기대를 뛰어넘는 창조적인 서비스를 제공합니다



미래를 이끌어 갑니다

초·중·고 입시 교육에 그치지 않고 대한민국 미래 산업 인재를 양성하는 성인 교육 서비스를 제공합니다

성인교육 주요 사업분야

더조은아카데미 

 메가스터디아카데미

김영편입 

mega **Lawyers** 

UNISTUDY 

메가랜드 

메가로스쿨 

 메가공무원 스파르타

 스타토리뷰티아카데미

메가스터디교육은 최고를 향해 끊임없이 노력하고, 신뢰와 믿음으로 더불어 일하며, 혁신적 마인드로 변화를 선도하고 있습니다. 앞으로도 더 큰 미래를 향해 끊임없이 도전하겠습니다.

The Magazine of KIICE

지능 정보 통신

www.KIICE.org

KIICE

한국정보통신학회