

북미 지역 디지털트윈 시스템 구현을 위한 AI 기술 적용 동향에 관한 연구

김영선, 오희명, 손상우

한국전기연구원

yskim@keri.re.kr, hmoh@keri.re.kr, swson@keri.re.kr

A Study on the trend of AI technology application for implementing digital twin system in North America

Young Sun Kim, Hui-Myoung Oh, Sangwoo Son

요 약

스마트 제조, 도시, 환경, 에너지, 국방 등 다양한 분야에서 디지털트윈 기술 적용에 관한 관심은 날로 높아지고 있다. 제품 생애주기 관리 관련으로 시작되어 제조, 자동차, 항공우주, 건설 등 다양한 분야로 확대되고 있는 디지털트윈 기술은 빅데이터, 기계학습 및 인공지능 기술을 접목하여 진화하고 있다. 본 논문에서는 올해 디지털트윈 컨소시엄의 정회원 회의를 통해 발표된 북미 지역의 디지털트윈 시스템에 AI 기술 적용 사례에 대한 소개와 적용된 AI 기술의 동향과 분석을 제공하며 향후 발전 방향도 언급한다.

I. 서 론

디지털트윈 컨소시엄(Digital Twin Consortium, DTC)은 2020년 5월에 설립된 국제단체로, 디지털트윈 기술의 발전과 표준화를 촉진하기 위해 다양한 산업 분야의 주요 이해관계자들이 모인 컨소시엄이다[1]. 이 단체는 기업, 학계, 정부 기관 등 다양한 분야의 회원들로 구성되어, 디지털트윈 기술의 개발, 채택, 및 적용을 가속화하기 위한 협력을 장려하고 있다. 특히, DTC는 산업 간 협력을 통해 디지털트윈의 사용 사례와 모범 사례를 공유하고, 상호 운용성 및 표준화를 위한 프레임워크를 개발하며, 기술 혁신을 통해 새로운 비즈니스 모델과 기회를 창출하는 것을 목표로 한다. 작년에는 재생에너지와 관련된 기술로서 전기차를 이용한 전력계통 연계, 에너지 자급 단지 조성 등의 주제가 있었다[2]. 올해에는 디지털트윈 생태계 전반에 걸쳐 AI 기술을 접목하기 위한 방안과 사례에 관한 내용이 보고되었다. 본 논문에서는 디지털트윈 컨소시엄 내에서 발표된 디지털트윈 시스템 내 AI 적용 방법 및 사례에 대한 소개, 그리고 분석 및 시사점을 제공하고자 한다.

II. 본 론

1. 디지털트윈 시스템 내 AI 적용 방법

디지털트윈은 물리적 시스템의 가상 복제본으로서, 실시간 데이터와의 시뮬레이션을 통해 상태를 모니터링하고 예측하는 역할을 한다. AI 기술과 결합하면서 디지털트윈은 더 높은 수준의 예측 능력, 최적화, 그리고 자율성을 갖추게 되었다. 이를 과정별로 본다면 디지털트윈의 기초가 되는 데이터 수집 과정에서 AI를 활용하여 데이터 품질을 개선하고, 자동화된 전처리 과정을 통해 효율성을 극대화하는 데이터 수집 및 전처리, 기계학습 및 딥러닝 기술을 활용하여 디지털트윈이 예측 분석을 수행하고, 시스템 고장이나 이상 징후를 조기에 진단하는 예측 및 진단 모델링, 강화학습 및 최적화 알고리즘을 적용하여 디지털트윈 시스템의 성능을 최적화하고, 운영 의사 결정을 지원하는 최적화 의사결정 지원, 시스템이 자율적으로 실시간 대응하는 자율 시스템 구현 등에서 AI 기술이 적용될 수 있다.

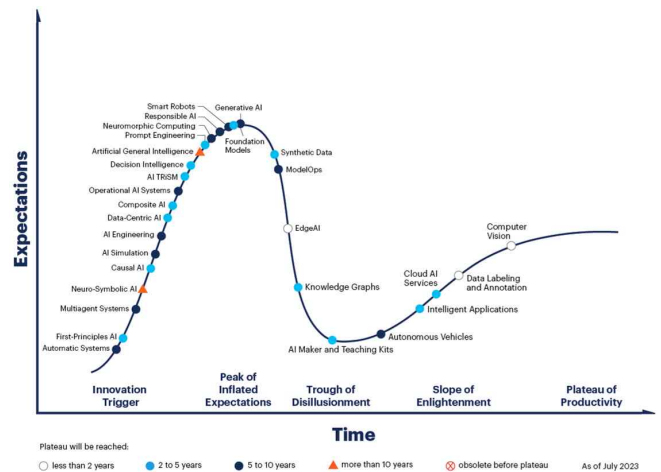


그림 1. AI 기술에 대한 성숙도 곡선[3]

그림 1은 Gartner 그룹에서 전망하고 있는 AI 기술에 대한 성숙도 곡선이다. 시간의 흐름에 따라 기술 촉발(Innovation Trigger), 과대 기대의 정점(Peak of Inflated Expectations), 환멸의 골짜기(Trough of Disillusionment), 계몽의 상승(Slope of Enlightenment), 생산성의 안정기(Plateau of Productivity)의 다섯 단계로 분류하여 현재의 기술 수준과 시장에서의 수용성에 대한 부분을 관찰할 수 있다[3]. 대체로 다양한 산업 분야에서 디지털트윈 시스템과 관련된 AI 기술은 기술 촉발의 단계를 넘어 과대 기대의 정점에 있다고 할 수 있다. AI 시뮬레이션과 엔지니어링, 스마트 로봇을 거쳐서 생성형 AI(generative AI)의 시대이기 때문이다. ChatGPT, GitHub Copilot 등과 같은 생성형 AI 응용프로그램은 단순한 정보의 조합을 넘어서서 인간과 의사소통하며 창작의 영역도 다루고 있다. 디지털트윈 컨소시엄에서는 이와 관련하여 정부 규제와 지침이 논란을 일으키고 있으며 본격적인 AI 연구에 어려움을 주고 있다고 했다. 이를 해결하기 위하여 IoT, 디지털트윈, VR/AR, AI 등 분야의 전문가 집단의 협업이 중요하다고 강조하였다.

1.1 Supermind 설계

MIT(매사추세츠 공과 대학) Center for Collective Intelligence는 산업체의 디지털 전환이 가속되고 있는 상황에서 이를 실현하기 위한 AI 적용을 지원하고 있다[4]. 지적인 방식으로 함께 작동하는 개체들의 그룹이라고 할 수 있는 supermind는 집단지성을 바탕으로 문제를 인식하고 기술적 분류를 그림 2와 같이 한다. 이 과정에서 위 센터는 생성형 AI와 사람 사이의 관계성에 주목하고 있다. 실제로 전문 프로그래머가 생성형 AI를 사용하는 것과 비전문가가 생성형 AI를 사용하는 것의 차이는 크게 없으며 오히려 비용을 절감할 수 있다고 한다. 예를 들어 시각 디자인의 경우 특정한 목적의 설계를 위하여 생성형 AI를 사용하는 것보다 안정적 확산(stable diffusion)이라는 변화를 사용자 인터페이스에 추가하여 사용한다면 조금더 창의적이고 만족스러운 결과를 얻을 수 있다고 한다.

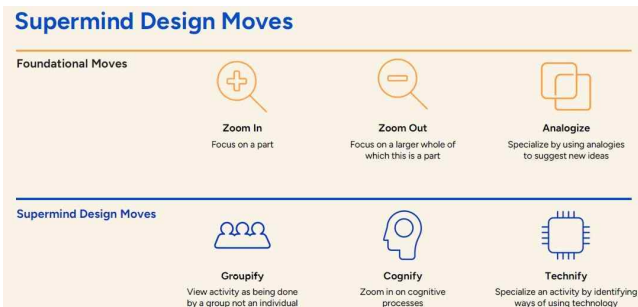


그림 2. supermind 설계 방법론[4]

1.2 소프트웨어 정의 차량의 시뮬레이션

전통적인 하드웨어 중심의 차량에서 전기차의 등장과 함께 소프트웨어의 역할이 크게 확대된 소프트웨어 정의 차량(software-defined vehicle, SDV)은 차량의 물리적 구성 요소를 소프트웨어로 재정의함으로써, 차량의 기능, 성능, 안전을 혁신적으로 향상시키고 있다. 새로운 차량의 설계, 기존 차량의 성능 향상 그리고 오래된 차량의 디지털화에 SDV의 개념이 사용된다. 디지털트윈 컨소시엄에서는 SDV를 실현하기 위한 개발 방법론이 소개되었다. 현실적으로 생산성 향상을 위한 피드백의 반영 기간이 구글의 경우 분단위, 테슬라의 경우 일 단위로 구성되어 기존의 수개월이 걸리던 차량과의 기술적 격차를 늘리고 있으며 그 중심에는 디지털트윈과 AI 기술이 존재해야만 한다. 수백 개의 하드웨어와 소프트웨어의 상호작용과 생산 단계 및 소비자의 요구로 만들어진 가치문제에 대한 디지털트윈 시스템을 제공한다. 현실의 문제는 위험도가 없는 시뮬레이션을 통해 학습되고 강화학습, 생성형 AI를 통한 의사결정 과정을 거쳐 가상 시뮬레이션을 거치게 된다. 그림 3은 반복되는 시뮬레이션 과정을 보여준다.

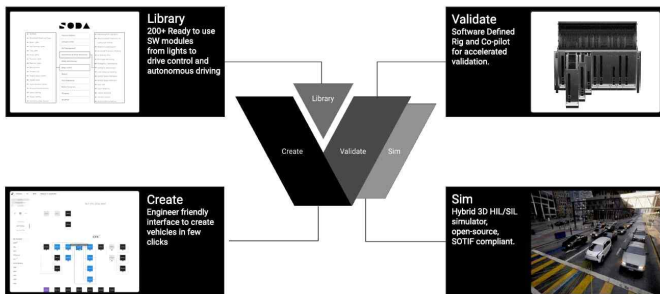


그림 3. 소프트웨어 정의 차량의 시뮬레이션 과정[5]

1.3 국방 분야의 모델 기반 설계

미국 국방성과 관련된 보잉, 록히드 마틴, 키사이트 등의 산업체는 국방성과 함께 모델 기반 설계에 주목하고 있다. 다양한 방위 산업체에서 생산

된 제품은 각각 다른 수명 주기를 가지고 있기 때문에 시뮬레이션 시간 또한 다르다. 이를 위해 그림 4와 같이 디지털트윈 시스템에서 모델 기반 설계가 보편화되고 있지만, 하드웨어 시뮬레이션을 위한 테스트 스크립트를 자동 생성하는 모델 기반 방법은 많지 않기 때문이다. 또한 하드웨어 시뮬레이션을 위한 자동화된 테스트 솔루션의 설계, 개발, 빌드, 배포 및 유지와 관련된 도구 개발에는 큰 진전이 없다고 한다. 이에 예산 투입의 가치 극대화, 수명 주기 관리의 위험 요소 감소 및 효율적 관리를 위하여 모델 기반 자동 생성 스크립트와 자동화 테스트 솔루션이 개발될 것으로 보인다.

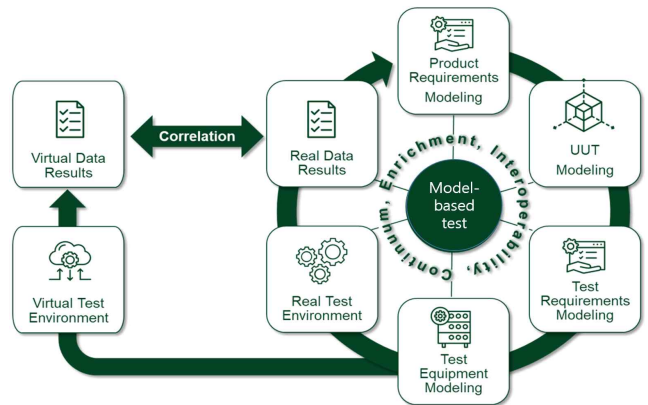


그림 4. Model-based test engineering 흐름도(출처: [1] 발표 자료 내)

III. 결 론

본 논문에서는 디지털트윈 컨소시엄 회의 내용을 바탕으로 북미 지역 디지털트윈 시스템과 AI 기술 융합에 관한 사례를 분석하였다. AI와 관련된 다양한 신생 기업과 대표 기업, 국방 분야가 어울려 디지털트윈 시스템의 효율적이며 실질적인 구현을 위한 구체적인 방법론과 목적이 제시되었다. 우리나라는 국제 협동 연구 모델을 통해 에너지, 국방 산업 분야 등의 선진 기술 동조 및 도입 전략이 필요할 것으로 보인다. 또한 향후 연구 대상으로 모델의 정확성 및 신뢰성, 데이터 보안 및 프라이버시 그리고 시스템 통합 및 상호 운용성을 위하여 모델 기반의 접근과 핵심 엔진의 재사용 등이 적극적으로 논의되는 것도 바람직스럽다.

ACKNOWLEDGMENT

이 연구는 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회의 지원을 받아 수행된 한국전기연구원 기본사업임(No. 24A01045)

참 고 문 헌

- [1] <https://www.digitaltwinconsortium.org/>
- [2] 김영선, 오희명, 손상우, “북미 지역 신재생에너지 분야의 디지털트윈 기술 적용 동향에 관한 연구,” BP151, 제54회 대한전기학회 하계 학술대회, 7.12-7.15, 2023.
- [3] https://emt.gartnerweb.com/ngw/globalassets/en/articles/images/hype-cycle-for-artificial-intelligence-2023.png?_gl=1*x8j423*_ga*MT E5NDQ2ODgxMC4xNzAxNDcwNzYy*_ga_R1W5CE5FEV*MTcw MTQ3MDc2MS4xLjAuMTcwMTQ3MDc2My41OC4wLjA
- [4] <https://cci.mit.edu/supermind-design/>
- [5] <https://soda.auto/>