



# 시대 상황과 디지털 트윈의 반영 한계 : 올바른 이해 및 활용 방향

윤태호\*

가상 세계의 구현 기술이 4차 산업혁명과 코로나 팬데믹의 시대 상황에 함께 맞춰지면서 좀 더 빠른 방향으로 현실 세계와 똑같거나 이상적인 가상 세계를 구현하고자 하는 동기 부여를 더욱 가속화시키는 계기가 되고 있다. 이러한 시대 상황을 잘 이용하여 완성 수준에 도달한 것처럼 착각하게 만들고 있는 것이 다름 아닌 디지털 트윈(Digital twin)의 용어 사용이다. 이에 현재의 4차 산업혁명에 대응되는 디지털 트윈 용어의 정확한 의미를 살펴봐야 하고, 가상 세계와 현실 세계를 연결하고자 하는 두 축인 디지털 트윈과 메타버스의 모습을 서로 비교해 보면서 상호 구분하는데 혼란에 빠지지 않고 디지털 트윈에 대한 깊이 있는 안목도 갖도록 해야 한다. 디지털 트윈은 시대 흐름을 가속화시킬 수 있는 각종 기반 기술에 따라 확보되는 영역으로 이해하고 이에 대한 올바른 활용 방향을 찾을 수 있도록 해야 한다.

## CONTENTS

### 1. 디지털 트윈을 바라보는 관점

- 가상 세계 추구의 시대 상황
- 융합적 관점의 용어 활용성
- 디지털 트윈 용어의 재탄생 및 효력

### 2. 디지털 트윈의 이해

- 디지털 트윈의 개념 정리
- 디지털 트윈의 특성

### 3. 디지털 트윈의 시장 및 정책 동향

- 분석 정보
- 활용 도구
- 활용 분야
- 국가 정책

### 4. 디지털 트윈의 대응 자세

- 공학 시뮬레이션의 활용법
- 올바른 디지털 트윈 모습

### 5. 디지털 트윈의 활용 제언

# 1. 디지털 트윈을 바라보는 관점

## 가상 세계 추구의 시대 상황

- **(4차 산업혁명<sup>1)</sup>)** 사물인터넷(IoT), 클라우드/엣지 컴퓨터(Cloud/Edge computer), DNA(Data-Network-AI), 빅데이터(Big data), 공학 시뮬레이션(Engineering simulation) 등의 요소 기술로부터 모든 과학기술 분야의 연결성을 갖춘 완성체로의 동작이 필요한 시대에 살고 있음
- **(코로나 팬데믹<sup>2)</sup>)** 오랜 기간 만화영화, 공상과학영화, 온라인 게임 등을 통해 가상 세계를 만들어 온 시뮬레이션 및 가상현실(VR), 증강현실(AR), 홀로그램 등 특수효과, 게임 엔진 등의 활용 기술들을 통해 최근 몇 년 동안 코로나 팬데믹에 따른 비대면 사회 소통 구조와 이를 뒷받침해 주는 빠른 온라인 접속 속도에 따라 3차원 가상화의 구현 기술이 확대되어 가상 세계에서의 소통 활동이 더욱 활발해짐
- **(상호 융합화 시대)** 4차 산업혁명 및 코로나 팬데믹의 동시대 상황에 따라 융합이라는 관점에서 전체 연결성을 확보하기 위한 다양한 노력들이 이뤄짐
  - 모든 기계 등의 제품, 공정, 시스템, 그리고 사람의 인지 정보가 센서와 네트워크를 통해 컴퓨터의 가상 세계 내에서 디지털화되어 수집 및 분석(인공지능 또는 시뮬레이션 활용), 피드백의 정보 교환이 신속하게 이뤄질 수 있도록 바뀌어 감
  - 현재 시대 상황이 가상화에 초점이 맞춰지면서 좀 더 빠른 방향으로 현실 세계를 대체할 수 있는 가상 세계, 더 나아가 가상 세계를 현실 세계와 동기화시켜 현실 세계를 직접 경험하지 않고도 대리 만족할 수 있는 기능을 가상 세계에 적용하기 위한 노력들이 다양한 기술을 활용하면서 활발해지고 있음

## 융합적 관점의 용어 활용성

- **(사이버-물리 시스템(CPS))** CPS는 가상과 현실의 데이터를 공유하고 이를 시스템상 구현하는 개념이라면 CPS에서 더 나아가서 현실에서 받은 데이터를 가상으로 똑같이 구현하는 개념으로 디지털 트윈이 반영됨(LG CNS, 2021)
  - 디지털 트윈이 데이터/인공지능(AI)에 기초한 제어결정 결과에 더해 제어대상 물리 시스템에 대한 디지털 모델을 통해 시뮬레이션으로 제어결과를 미리 판단하는 것까지를 고려한 최적화 제어를 실행하는 디지털 모델 기반의 CPS임, 즉 CPS의 완전체로 볼 수 있음

1) 2016년 다보스포럼에서 처음 나온 용어로 기존 전통적인 기술적 생산 방식에서 벗어나 새로운 협력과 융합 및 미래지향적 기술들의 융복합 기술 적용이 요구되는 것임, 독일 주도로 유럽에서 2011년 먼저 시작한 인더스트리(Industry) 4.0을 모티브로 함  
2) 2019년 12월 중국 우한발로 알려진 코로나19 바이러스에 의한 새로운 질병으로 면역력을 갖고 있지 않아 예상 이상으로 전 세계에 퍼지는 것을 말함

- CPS는 대규모 센서/액추에이터를 가지는 물리적 요소와 이를 실시간으로 제어하는 컴퓨팅 요소가 결합된 복합시스템(System of Systems)임(김원태 외 3인, 2010), CPS가 달성하고자 하는 궁극적인 목표는 복잡한 물리 시스템을 단순화시켜 고장에 강하며 쉽게 제어할 수 있도록 하는 컴퓨팅 기술을 개발하는 것임
- 물리적 공간인 사물인터넷과 인공지능을 기반으로 디지털화되고 네트워크로 연결되어 물리적 세계와 사이버 세계가 하나로 통합된 시스템이며 피드백 시스템으로 불림(E. A. Lee, 2008)
- **(스마트 팩토리<sup>3)</sup>)** 스마트 팩토리는 공장 내 설비와 기계에 설치된 센서를 통해 데이터가 실시간으로 수집·분석되어 공장 내 모든 상황들이 일목요연하게 보여지고, 이를 분석해 목적된 바에 따라 스스로 제어할 수 있게 됨, 스마트 팩토리의 핵심 기반이 CPS라고 할 수 있고 더 나아가 디지털 트윈으로 발전됨
  - 공장을 운영하면서 발생한 데이터만을 분석해 최적의 방안을 찾을 수 있는 공장 자동화 대신 생산라인 가동과 근로자 배치 등을 어떻게 설정할 때 생산성이 가장 높은지 시스템 트윈의 디지털 트윈을 활용하면 미리 발생 가능한 시나리오에 대비할 수 있게 됨
- **(융합적 관점의 용어 필요)** 과학기술 용어의 힘은 단순 과학기술 분야뿐만 아니라 사회·문제·경제·정치 등 모든 영역에서 융합을 위한 소통의 역할을 하는 것임
  - 과학기술 용어 자체 그대로의 의미를 내포하고 있고 모든 사람들의 마음을 움직이게 할 만큼 쉽게 접근 가능해야 과학기술 분야에서만 머물지 않고 사회·문화·경제·정치 분야에까지 확장되어 누구에게나 친숙하게 받아들일 수 있게 됨
  - 아직까지 CPS 용어를 사용하는 과학기술적 편중 방식이나 사회·문화·경제·정치에 활용하기 위해 일반적이지만 너무 구체적이지 못하고 애매모호한 용어인 스마트 팩토리 등에 사용되는 스마트의 지칭 용어로는 사회 전반에서 납득할 수 있는 용어의 역할로는 마땅하지 않을 수 있음

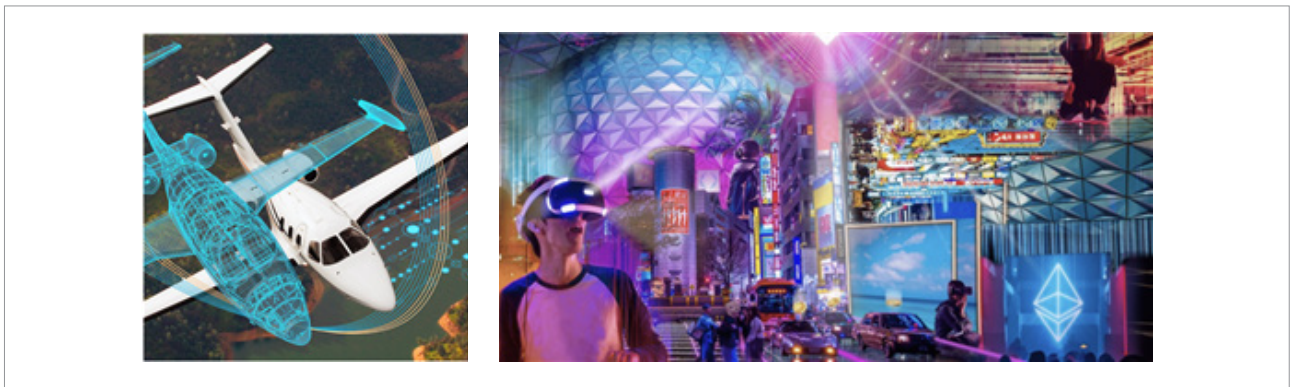
## ▶ 디지털 트윈 용어의 재탄생 및 효력

- **(획기적인 용어의 확보)** 디지털 트윈은 의미 그대로 디지털 쌍둥이를 말하는 것이며, 현실 사물 등의 객체에 대해 가상의 객체를 동일하게 만들어 동시에 동작하게 하는 것으로 누구나 쉽게 이해할 수 있는 획기적인 용어임, 메타버스를 이미지로 나타내기는 어려우나 디지털 트윈은 동일 객체를 가상의 이미지로만 표현하면 되므로 쉽게 적용할 수 있음
  - 디지털 트윈은 처음 미국의 나사(NASA)와 미국 방위고등연구기획국(DARPA)에서 1960년대 공동으로 아폴로 프로그램(Apolo program)을 개발하며 나온 개념으로 이후 2002년 미국의 마이클 그리브스(Michael Grieves)가 새롭게 개념을 재정리한 것임(M. Grieves, J. Vickers, 2016)

3) ICT기술을 기반으로 제조 전 과정을 자동화·지능화하여 최소의 비용 및 시간으로 최적화 제품을 생산하는 미래형 공장으로, 2006년 6월 카이저스라우테른에서 해당 기술계획이 수립되면서 소개되었고, 2011년 독일 정부에서 인더스트리 4.0을 주창하면서 이의 근간으로 사용됨

- 디지털 트윈의 용어가 처음 사용된 것은 2010년 미국 항공우주국(NASA)의 모델링, 시뮬레이션, 정보 기술 및 처리 기술 로드맵 최종안 초안에 디지털 트윈 단어가 17번이나 언급되면서 시작됨 (Shafto, etc., 2010; M. Grieves, J. Vickers, 2016)
- 메타버스<sup>4)</sup> 용어는 1992년 출간된 소설 ‘스노 크래시’ 속 가상 세계 명칭인 ‘메타버스’에서 처음으로 사용됨, 두번째로 나온 메타버스 용어는 2003년 출시된 세컨드 라이프(Second life)로 스노 크래시에서 영향을 받았다고 말했던 서비스임(고선영 등, 2021)

<그림 1> 디지털 트윈(좌)과 메타버스(우)의 개념



출처) Mentor(left), www.subspace.com(right)

- **(시대 상황에 맞는 마케팅 용어)** 대체로 인정하지 않으려고 하겠으나 ‘디지털 트윈’과 ‘메타버스’ 용어는 버즈워드<sup>5)</sup>로 재사용되었다고 볼 수도 있음, 기업에서 시대 상황을 제대로 이해하고 상업적 목적에 따라 의도적으로 부활시킨 용어라고 판단됨
  - 디지털 트윈은 제너럴 일렉트릭(GE)에서 소프트웨어 기업으로의 변신을 꾀하며 산업용 사물인터넷 (IIoT) 플랫폼인 프레딕스(Predix)를 홍보하기 위해 파격적으로 재사용한 용어에 해당됨
  - 메타버스는 엔비디아 게임 개발자 행사인 GTC2020 기조연설에서 엔비디아 CEO인 젠슨 황이 옴니버스라는 VR협업 도구를 소개하며 제시함(이재원, 2021)
- **(요소기술 재도약의 기회시장 제공)** 디지털 트윈의 용어 재발견을 통해 사물 인터넷 등 센서 분야와 함께 제품 등 개발 과정뿐만 아니라 운영 과정에서도 시뮬레이션이 부각되어 소프트웨어 업계가 도약할 수 있는 기회가 되었음
  - 디지털 트윈 용어를 통해 공학 시뮬레이션 소프트웨어가 물리 객체의 운영 범위까지 확장됨, 메타버스 용어를 통해서 게임 업계는 기존 게임 시장에서의 많은 규제로부터 자유로울 수 있는 새로운 시장 개척을 위한 전환 기회가 열리게 된 것으로 볼 수 있음

4) 현실의 나를 대리하는 아바타를 통해 일상 활동과 경제생활을 영위하는 3D 기반의 가상세계로 현실과 가상이 합쳐진 초월을 의미하는 메타(meta-)와 세계를 뜻하는 (-verse)의 합성어

5) 반짝 마케팅 목적으로 사용하기 위해 만들어진 용어

## 2. 디지털 트윈의 이해

### ▶ 디지털 트윈의 개념 정리

- **(디지털 트윈 정의)** 디지털 트윈은 제품 또는 부품, 프로세스, 시스템 등 실시간으로 동작하는 물리적 객체에 대해 컴퓨터에서 논리적으로 동작하는 가상의 쌍둥이라고 정의하는 것이 가장 명료하고도 쉽게 이해할 수 있음
  - 메타버스는 사람의 인지 능력을 가상 세계에서 소통, 현실 세계와의 소통에 활용하는 것이나 디지털 트윈은 독립적인 객체가 사실 그대로 가상 세계에서 새로운 심장을 가진 것과 같이 외부 자극 요인에 따라 동일한 영향을 받는 가상 객체로의 모습을 보여야 함

<표 1> 디지털 트윈의 다양한 정의

내 용
· 실제 세계를 디지털 세계로의 복제(조혜지, 김용균, 2018)
· 다양한 물리적 시스템의 구조, 맥락, 작동을 나타내는 데이터와 정보의 조합(GE리포트 코리아, 2017)
· 수명주기 전체에 걸쳐 대상 객체 요소들의 속성/상태를 유지하며 이들이 어떻게 작동하는지의 동적 성질을 묘사하는 가상의 모델(이광기, 2018)
· 데이터 모델(data model)과 분석(analysis), 지식베이스(Knowledge base)가 합쳐진 것(GE web page)

- **(디지털 트윈 역할)** 디지털 트윈은 모든 사물의 정보를 디지털화(Digitalization)하여 보관, 빠르게 이용할 수 있도록 하여 제품 출시 시간 단축, 유연 생산, 품질 개선, 효율성 향상 등이 가능함에 따라 기업의 자산으로 비즈니스 전 과정에서의 의사결정에 기여함
  - 심시티, 마인크래프트의 온라인 게임에서 메타버스로의 방향과 킹스맨과 아이언맨의 공상과학영화 등에서 실제 객체의 동작을 가상 객체에 투영시키는 디지털 트윈으로의 완성형 구조가 제시되어 있다고 볼 수 있음
  - 산업 부분에서는 산업용 사물인터넷 연결 플랫폼을 통해 수집된 데이터와 결합해 시뮬레이션 및 인공지능을 활용하여 물리적 객체에서 발생할 수 있는 문제의 사전 예측 및 대처와 함께 최적의 운영 조건도 제시할 수 있음, 산업 자산에 대한 불필요한 유지보수 비용을 크게 낮춰 제품 개발을 위한 내실화를 갖출 수 있는 역할을 수행함
  - 장비나 자산의 수명주기 동안 더 좋은 사업적 성과를 도출하기 위해 디지털 트윈은 장비가 어떻게 작동하는지 이해할 수 있게 해주고, 산업이 어떻게 운용되어야 하는지 방안까지 제시하게 됨

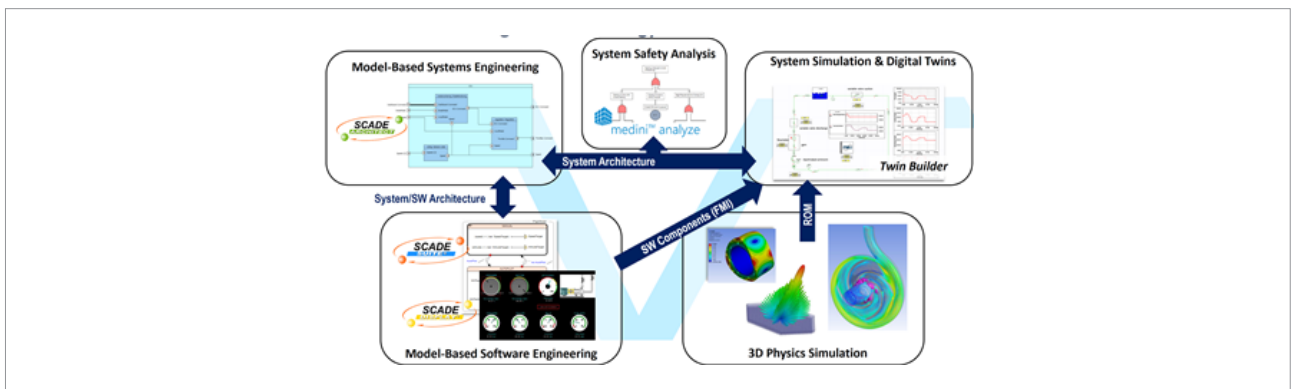
- **(디지털 트윈의 한계)** 메타버스와는 다르게 디지털 트윈 개념이 현실화되도록 하기 위해서는 AI 및 공학 시뮬레이션 기술에 대한 현실 세계와의 실시간성 확보가 가능해야 하나 아직까지 상당한 시일이 걸려야 해결되는 문제 영역임
  - 디지털 트윈을 모사→관제→모의→연합→자율의 5단계 기술 적용 단계로 주장(정득연, 김상태, 김연배, 2021)하기도 했으나 4, 5단계는 디지털 트윈의 객체 완성도에 집중(Redshift, 2021)하는 것이 바람직함, 3단계까지 반영하는 것도 디지털 트윈으로 제시되고 있으나 5단계를 제시하여야 실제로 디지털 트윈 개념이 완성되는 것임
  - 아직까지 명확한 디지털 트윈의 개념이 정리되지 않는 상태에서 디지털 트윈 용어의 확산 이후 해당 개념 완성을 위해 단계별로 구분시켜 하위 단계에서도 디지털 트윈이라고 역으로 끼워 맞춰 가는 방식이 된 상황임, 현재 디지털 트윈 개념 완성인 5단계에 진입하는 것은 고충실도 시뮬레이션 적용 시간 문제로 인해 실질적으로는 완성되기 어려운 단계임

### ▶ 디지털 트윈의 특성

- **(가상 모델의 디지털 페어 용어 적용)** 트윈의 용어에서 보듯 동물이 태어나면서부터 쌍둥이라고 하더라도 독립적 객체로 행동하기 때문에 같은 이치로 물리 모델과 가상 모델이 동시에 같은 행동을 하는 것을 트윈으로 쓰는 것이 맞지 않다는 의견이 가능할 것임, 이에 따라 혹자는 실시간 항상 상호 일치한 결과여야 한다는 페어(pair)라는 용어가 트윈보다 더 적절할 수 있다는 의견을 제시하기도 함(최재홍, 2018)
  - 실제로 디지털 트윈은 독립적인 가상 객체로서 가상 입력 조건에 대한 시뮬레이션 및 AI를 활용해 디지털 트윈의 본래 역할을 충실히 수행하게 되므로 적절한 표현일 것임
- **(실제 세계와 가상 세계의 양방향성)** 디지털 트윈이 제대로 동작하기 위해서는 실제 세계와 가상 세계가 동기화되어 상호 작용해야만 함, 이는 가상 모델을 통해 제품 또는 부품, 공정, 시스템 중 필요한 고부가가치 객체에 대해 유지 관련 문제를 최소화하는 최상의 생산 및 운영 효과를 얻을 수 있음
- **(기술 대신 개념 모델 활용 구조)** 현재 활용되고 있거나 계획 중인 디지털 트윈의 경우 물리 모델의 실시간 센싱 데이터 연동 형태로의 완성형보다는 개념 모델의 활용 구조에 가까운 것이나 대부분은 기술로 확대 해석하고 있음
  - 디지털 트윈은 시뮬레이션, AI, 사물인터넷, 5G, 빅데이터, 클라우드/엣지 컴퓨팅 등 다양한 기술을 종합적으로 활용 가능하게 하는 지능형 시뮬레이션 기반 물리 모델의 활용 구조를 나타내는 것으로 그 자체를 기술로 표현하는 것은 맞지 않아 보임

- 물리 이론대로 구동하는 기반 시스템을 작동시키고 시뮬레이션을 할 수 있는 완전한 디지털 모델 또는 현재의 모사가 이뤄지는 소프트웨어 모델(Software-defined model)로 제시되거나, 제품에 생명력을 불어넣고 연장하는 기능을 제시하여 제조와 소프트웨어가 결합한 융합(Convergence) 모델이며 소프트웨어 정의 사회(Software-defined Society)화의 핵심 사례로 언급함(C&I연구소, 2018)
- **(시뮬레이션이 핵심 기술)** 디지털 트윈의 운용을 위해서는 시뮬레이션 기반으로 가상 입력조건에 대한 결과 예측과 가시화 환경 구현과 사물인터넷 등 물리적 객체와의 연동 수단 등이 함께 주요한 역할을 담당해야 함
  - 디지털 트윈의 핵심 기술로 데이터 기술, 고충실도 모델링 기술, 모델 기반 시뮬레이션 기술로 제시되기도 함(Mengnan Liu, 2020)
  - 디지털 트윈이 제대로 완성되기 위해서는 가상의 모델을 만들고 시뮬레이션을 통해 그 결과가 물리 객체와 가상 객체 사이에서 실시간성을 갖고 공유 및 활용되어야 함(정재석, 2018)
  - 디지털 객체에 대해 정확하게 물리 객체가 반영되어야 하나 아바타와 같이 간략한 임의 가상체로 대체시킴에 따라 현실 객체의 시뮬레이션을 반영시키지 못한 단순 소통의 대상으로 적용될 수 있는 메타버스가 합쳐진 애매한 디지털 트윈이 되어서는 안 됨
- **(디지털 객체를 통한 예측 및 의사결정)** 실시간 연결을 통한 상황 파악을 넘어서는 미래를 예측하기 위해 최적화 물리 모델을 확보하는 것으로 시뮬레이션이 활용된 물리 모델의 예측이 무엇보다도 중요함
  - 미래 예상 데이터를 입력 받을 수 있는 방법은 가상의 입력 데이터로 가상의 객체에서 활용될 수밖에 없는 것임, 시뮬레이션과 AI를 활용하면 현실 세계에 있는 객체(제품, 공정, 시스템)에서 일정 시점 이후의 예측 가능한 결과를 확보할 수 있어 의사결정에 중요한 결정 방향을 제시하여 물리 객체에 대한 사전 조치가 가능함
  - 최적화 해석 기술뿐만 아니라 최근 머신 러닝(Machine learning)을 포함한 AI 기술의 발전에 힘입어 디지털 트윈이 지향하는 방향에 보다 더 큰 힘을 실어주고 있는 상황임(ANSYS webpage)

<그림 2> 디지털 트윈 기반의 시뮬레이션 축소화 적용 예시



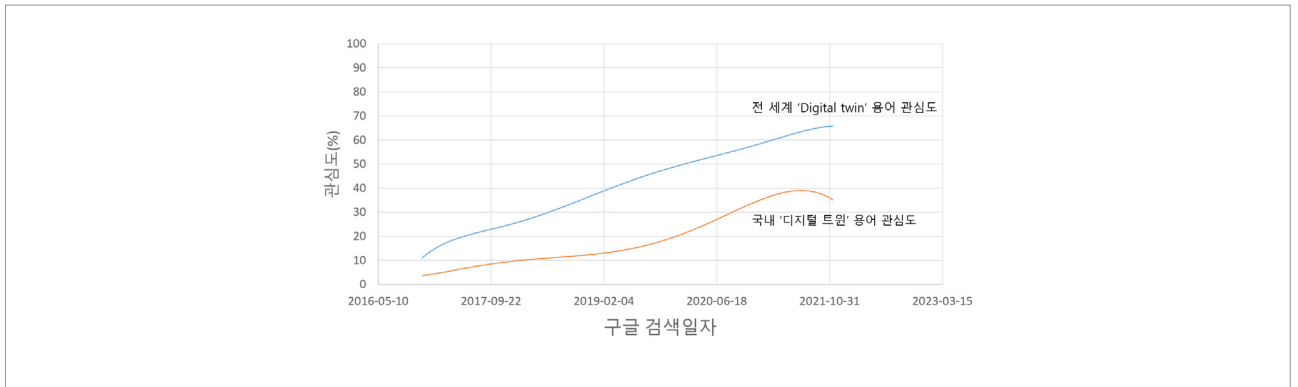
출처) ANSYS

### 3. 디지털 트윈의 시장 및 정책 동향

#### ▶ 분석 정보

- **(포털 빅데이터 관심도 분석)** 포털 서비스를 이용하는 모든 사람들을 대상으로 하는 구글 트렌드를 활용하여 조회 수 검색을 통해 디지털 트윈의 관심도를 확인함
  - 세계 디지털 트윈의 관심도의 경우 ‘Digital twin’ 용어의 검색(전 세계, 5년간, 2021.11 기준, 구글 트렌드)을 통해 디지털 트윈의 지속적인 관심이 높아지는 현상을 확인함, 국내의 경우에는 ‘Digital twin’의 영문자 검색은 관심도 추세가 나타나지 않으나 한글로 ‘디지털 트윈’ 검색에서 전 세계 관심도보다 낮으나 지속적인 관심도를 보이고 있음

<그림 3> 디지털 트윈의 용어 관심도(5년간, 2021.11 기준, 구글 트렌드)



- **(트렌드 분석)** 디지털 트윈은 2017년 처음으로 미국 IT분야의 리서치 전문 기업인 가트너에서 10대 전략 기술에 포함시켰으며, 2018년에는 가트너의 출현 기술을 위한 하프 사이클에서 최고의 기대치에 위치하는 기술 개념 관련 용어가 되었음, 2019년을 마지막으로 10대 전략기술에 포함되고 하프 사이클에서도 사라져서 이후에는 디지털 트윈의 뜨거운 용어 사용이 안정기에 접어드는 것으로 제시하였음
  - 가트너에서는 2020년에 인공지능이 중심 전략 기술로 소개하였고, 2021년에는 행동인터넷(IoB)이라고 하여 인간의 행동이 주요 관점이 되어 메타버스와의 접점을 이루는 변화를 트렌드로 제시함
  - 2019년 4월에 있었던 독일 하노버 전시 당시 조사에서는 디지털 트윈을 5G, IoT, Cloud 등에 이어 13번째에 중요 기술로 이름을 올리기도 하였음(IOT ANALYTICS)
  - 2017년 32억 달러 규모에서 연평균 98% 증가하여 2020년에는 960억 달러 규모로 성장 전망함 (Mind Commerce)
  - 2024년까지 도입 후 석유 및 정유 분야에서 수만 달러의 비용 절약을 보고함(Chevron)

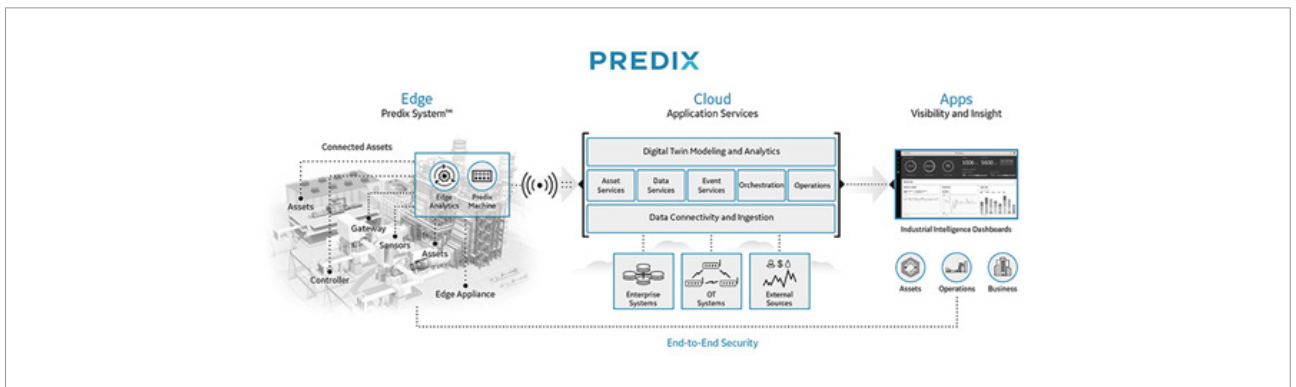


- 사물인터넷과 클라우드의 접합으로 건강관리, 우주&방산, 자동차&교통의 상승을 전망하며 2019년도 38억 달러에서 2025년도 358억 달러로 연평균성장률(CAGR)을 37.8%로 예측함 (Market and Market, 2017), 2020년도에는 연평균 57.6% 수준으로 상향 제시되었음(Market and Market, 2020)
- 국내의 경우 디지털 트윈의 관련 시장은 약 690억원 수준으로 소규모이나, 주요국 중 가장 높은 수준인 연평균 70%의 성장을 전망함(Market and Markets, 2020), 국내 디지털 트윈 기술 수준을 선도 국가 대비 83% 수준으로 제시함(IITP, 2020)

## ▶ 활용 도구

- **(산업용 사물인터넷)** 제너럴 일렉트릭은 프레딕스의 산업용 중대형 장비나 부품에 부착된 센서에서 축적되는 데이터를 분석해 현장에서 발생하는 각종 문제들을 해결할 수 있도록 한 소프트웨어 플랫폼을 출시함
  - 산업용 인터넷 어플리케이션의 구축, 배포 및 관리에 유용한 마이크로 서비스의 집합체로 이미 2019년에 55만개 이상의 자사 제품을 디지털 트윈으로 만드는데 활용함

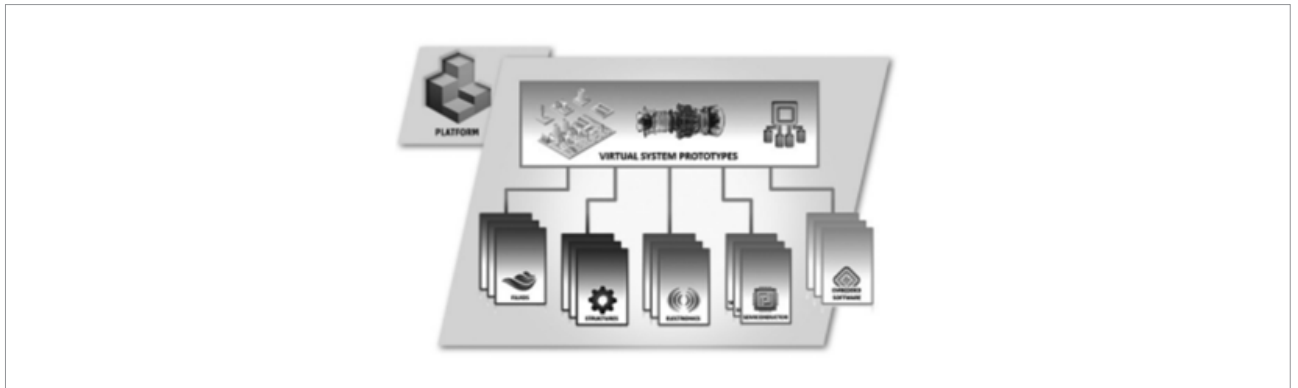
<그림 4> 프레딕스 산업용 사물인터넷 아키텍처



출처) 제너럴 일렉트릭

- 기타 지멘스의 마인드스피어, PTC의 씽워크, 슈나이더 일렉트릭의 에코스트럭처 등이 있음
- **(시뮬레이션의 플랫폼화 서비스)** 앤시스 트윈 빌더(Twin Builder)는 3D 설계, 공학 분야의 구조/물리 해석 및 시스템 모델링 시뮬레이션을 제공하는 앤시스 솔루션임, 구성품 수준의 여러 물리 모델들을 연계하여 시스템 단위의 디지털 트윈 제작 및 서비스를 지원함

<그림 5> ANSYS 트윈 빌더 컨셉 디자인



출처) (이광기, 2018)

- 기타 지멘스 심센터, 다쏘 시스템의 DELMIA 및 3DEXperience, PTC의 크레오 등 시뮬레이션의 플랫폼화 서비스가 제공되고 있음
- 추가로 다쏘 시스템에서는 3DEXperience 플랫폼에서 Marketplace를 통해 3D 모델링 유통 플랫폼으로의 온라인 거래 환경을 제시함
- **(데이터 분석 및 가시화)** 소프트웨어 AG의 트렌드마이너의 경우 정유/석유화학 플랜트 등의 대형 산업체에서 디지털 트윈을 위해 사용되는 분석 예측 소프트웨어임, 노르웨이 DNV-GL사의 버라시티 (Veracity) 플랫폼은 선박 및 해양플랜트 중심의 디지털 트윈 구축에 적용되기도 함
  - 기타 허니웰 유니포먼스의 PHD, PTC의 뷰포리아 스튜디오, 오토데스크 포지 등이 있음

## 활용 분야

- **(제품)** 볼보(Volvo) 자동차 엔진에 대해 앤시스와 제너럴 일렉트릭의 프레딕스를 활용해 물리적 모델과 가상 모델을 제시하여 시뮬레이션, 모델기반설계(MBD), 산업용 사물인터넷의 종합적 활용이 추진됨
  - 그 외 롤스로이스(Rolls-Royce) 항공기 엔진에 대해 제너럴 일렉트릭과 롤스로이스를 중심으로 디지털 트윈 기반 항공엔진 제조 서비스 모델 사업화를 추진한 것으로 엔진에 센서를 부착하여 데이터를 수집하고 중앙 관제실에서 실시간으로 분석함으로써 엔진 상태의 모니터링, 에너지 절감 솔루션 제안 등을 수행함, 이를 통해 엔진을 고장 없이 사용한 기간에 비례하여 요금을 청구(Power per hour)함으로써 수리비 불만을 해소함
- **(제조)** 다쏘 시스템에서는 로봇 제조 공정 시 로봇 제조 프로세스 시뮬레이션을 통해 생산라인의 배치, 하드웨어, 프로세스, 작업디자인 등 생산 과정 전체에 최적화 검토 결과 과거 대비 생산성이 10~15% 향상됨
  - 그 외 고로에 대해 디지털 용광로(Digital Furnace) 사업이 경쟁적으로 추진됨(김영훈, 2018)

- **(도시화)** 버추얼 싱가포르(Virtual Singapore)는 다쏘 시스템과 함께 국가 전체 모습을 3D로 재현하는 프로젝트를 추진하여 도심의 도로나 아파트, 빌딩 등 주요 시설은 물론 가로수나 주변의 육교까지도 그대로 재현하기 위해 2018년도에 약 700억원을 들여 완성함, 싱가포르 인구 통계, 이동 및 기후 등의 실시간 데이터뿐만 아니라 기하학, 지리 공간 정보, 위상 기하학 등의 데이터가 버추얼 싱가포르에 반영됨, 도시 환경 및 재난 관리, 사회기반시설, 국토 안보, 지역사회 서비스 등 실제 도시 문제 정책을 모델링 및 시뮬레이션 함
  - 그 외 보스턴 코먼 공원 일조권과 관련해 2016년 11월 주차장 부지 개발업체는 BPDA에 236m 높이의 위쓰롭 스퀘어 타워(Withrop Square Tower) 건설 계획을 발표함, 보스턴 코먼 그림자 법의 높이 제한을 초과하는 남산타워 위치 높이와 동일한 것으로 일조권의 영향을 미리 검토할 필요가 있었음, 디지털 트윈 개념을 활용해 확인한 결과에 따라 해당 건물은 계획보다 24m 이상 낮아지고, 그레이트 홀(Great Hall)의 로비 공간도 시민에게 개방됨
- **(에너지)** 제너럴 일렉트릭의 디지털 발전소의 경우 발전소 전체를 가상화하고 다양한 운영 시나리오를 시뮬레이션 한 사례임, 1.5% 발전 효율성 향상과 예상치 못한 가동 중단 시간 5% 감소, O&M 비용 최대 25% 감소, 이산화탄소 배출량 3% 절감을 이룸(김강민, 2018)
  - 그 외 나이아가라 폭포의 수력발전소 터빈의 경우 수력발전소 터빈을 디지털 트윈으로 설계 후 가동해 전력 효율성을 높이고 가동중지 시간을 줄일 수 있었음, 작동 메커니즘은 우선 수력발전소의 가스터빈과 수력발전터빈, 발전기, 그 밖의 수백 대의 기계에 수천 개의 센서를 부착해 데이터를 수집하고, GE의 클라우드 기반 SW인 ‘프레딕스’에 연결하고, 이를 다시 수력발전소 시스템으로 데이터를 보내 분석 후 발전기를 운용함, 또한 핀란드 풍력발전회사 아틱윈드(Arctic Wind AS) (이문규, 2019), 필리핀의 Lopez-led 가스발전소(Gas to Power Journal, 2018), 원자력 발전기 (유용균, 2019) 등에 활용됨

## ▶ 국가 정책

- **(5G기반 디지털트윈 공공선도 사업)** 과학기술정보통신부에서는 제조산업 및 시설물 안전 분야에 대해 4년에 걸친 실증(20~23년, 20년 99억원, 21년 125억원 등)을 위해 5G 기반 디지털 트윈 공공선도 사업(2020.02)을 추진함(정보통신산업진흥원, 2020), 최근 시설물 안전·제조 혁신 착수보고회(2021.05.20.)도 진행함
- **(한국판 뉴딜 종합 계획)** 10대 대표과제(①데이터 댐, ②지능형 정부, ③스마트 의료, ④스마트 스쿨, ⑤디지털 트윈, ⑥국민안전 SOC, ⑦스마트 그린 산단, ⑧그린 리모델링, ⑨그린 에너지, ⑩미래 모빌리티) 중 하나인 디지털 트윈 과제에 대해서 2020년 7월 14일에 전략적으로 추진 준비를 마침(정부, 2020)

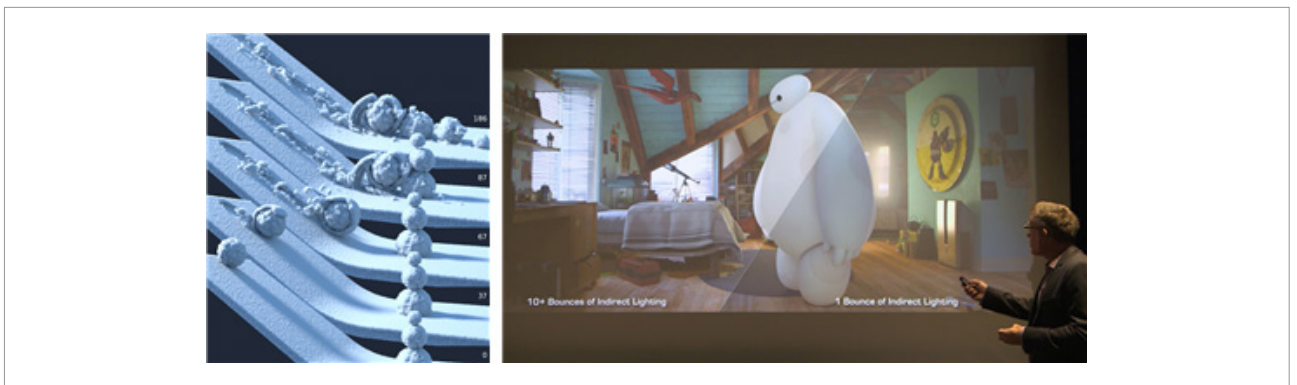
- **(디지털 트윈 활성화 전략)** 디지털 트윈 초혁신 프로젝트 비전을 실현하기 위해 산업, 시장, 기술, 표준화·제도의 전략적 과제 분야를 정해 2021년 9월 6일 공개함(관계부처 합동, 2021b)
  - 디지털 트윈 협력 거버넌스를 위해 관계부처 협의체 내의 민관 실무협의체가 구성되어 데이터 분과, 기술 분과, 신산업 분과, 법제도 분과의 체계로 디지털 트윈의 협력 체계를 마련함
  - 디지털 트윈의 활용에 있어 아직까지는 완전한 디지털 트윈으로의 모습을 갖추는 5단계 수준의 제시가 아닌 2단계 수준을 3단계 및 4단계까지로 끌어 올리겠다는 계획을 반영 중에 있음

## 4. 디지털 트윈의 대응 자세

### 공학 시뮬레이션의 활용법

- **(현실 세계의 가상 세계 복사 지원)** 시뮬레이션을 통해 실제 제품이 가상에서 그대로 동작하게 만들어 낼 수도 있다고 판단하게 되었고 이런 최첨단 가상기술이 동원되어야만 현재 4차 산업혁명 시대에 살아갈 수 있는 존재가 되는 것임
  - 누구나 좋아하여 빠져들 수 있는 가상 세계의 놀이터로 배틀 그라운드와 같은 컴퓨터 게임이 이제는 현실과도 헛갈릴 정도로 사실적인 표현의 시뮬레이션 활용 렌더링 처리 및 5G 등 인터넷 망의 획기적인 발전에 힘입어 성장 중임, 게임의 연장선에서 3D 소통 공간, 실시간 현실 세계와 연결시킬 수 있는 메타버스로 그 사실감은 더욱 강하게 변화하고 있음
  - ‘겨울왕국’의 만화영화에서 사람의 머리카락이 실제처럼 바람의 운동 특성에 맞춰 휘날리게 한다든지, 눈이 뭉쳐지거나 눈싸움이 실제처럼 보이는 것(Sung-Soo Kim, 2014), ‘빅 히어로’ 만화영화에서 사물 등 배치에 따른 사실적인 빛의 적용 등과 같이 매 장면마다 현실 세계 묘사를 위해 엄청난 계산 능력을 보유한 슈퍼컴퓨터를 이용해 시뮬레이션으로 가상 세계를 더욱 현실감 있게 표현하고 있음

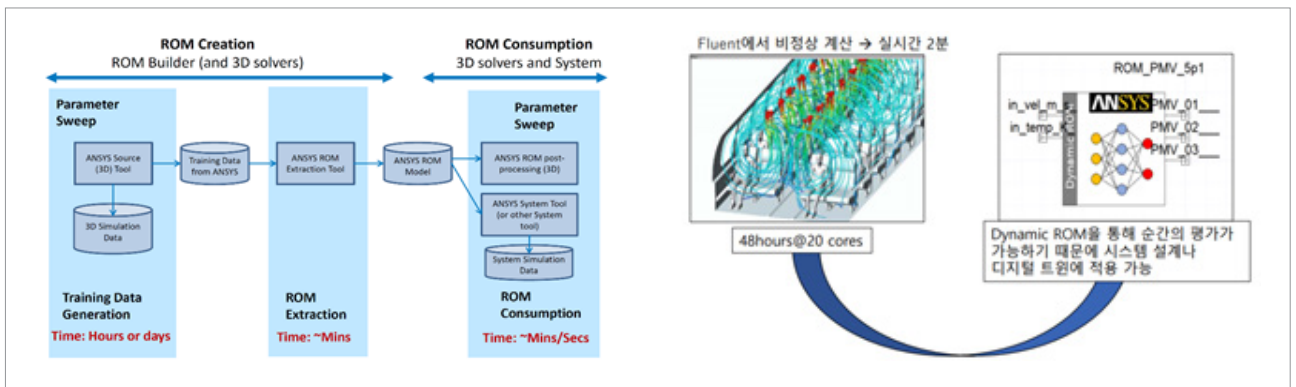
<그림 6> 눈덩이 굴리기(좌), 빅 히어로(우)의 시뮬레이션 활용



출처) 디즈니

- (고부가가치 대상으로의 한정)** 누리호의 로켓 발사 성공으로 우주개발 선진국 대열에 합류를 시작한 우리의 과학기술에 있어 기존 아리랑, 천리안 인공위성 운용 등의 관리 상황, 향후 적정 운용기간 등의 예측이 가능하기 위해서는 이런 고부가가치 장비에 대한 디지털 트윈 구현이 필요함
  - 이미 미국에서는 일론 머스크의 팔콘 9 로켓 해상 회수와 같이 민간에서조차 고정밀 데이터와 AI, 시뮬레이션을 통한 디지털 트윈의 활용 수준이 상당 부분 확보됨에 따라 해당 난이도가 높은 기술도 성공시킬 수 있었을 것임, 하지만 여전히 디지털 트윈의 기반이 되는 시뮬레이션의 실시간성 확보를 위해서는 장시간 계산 소요 문제가 해결되어야 할 과제임
- (축차모델(ROM) 활용)** 시뮬레이션 결과의 동기화 과정상 빠른 응답이 필요한 상황에 대해 고정밀도 해석 모델을 단순화시킨 축차모델로 변경해 해석 시간의 절감 또는 다른 해석을 위한 저장 공간의 축소 방법이 일반적으로 사용됨, 즉 디지털 트윈의 완성형 단계에 사용될 수 있는 수준으로의 시뮬레이션 적용은 쉽지 않음
  - 축차모델로 널리 활용되고 있는 방법 중 하나인 반응표면법(RSM)은 실험계획법에 의해 지정된 디자인 포인트에서의 입력 변수 대비 출력 변수와의 함수 관계로 설정되는 방식임

<그림 7> 축차모델(ROM)의 시뮬레이션 적용 및 동적 축차모델 기술



출처) ANSYS

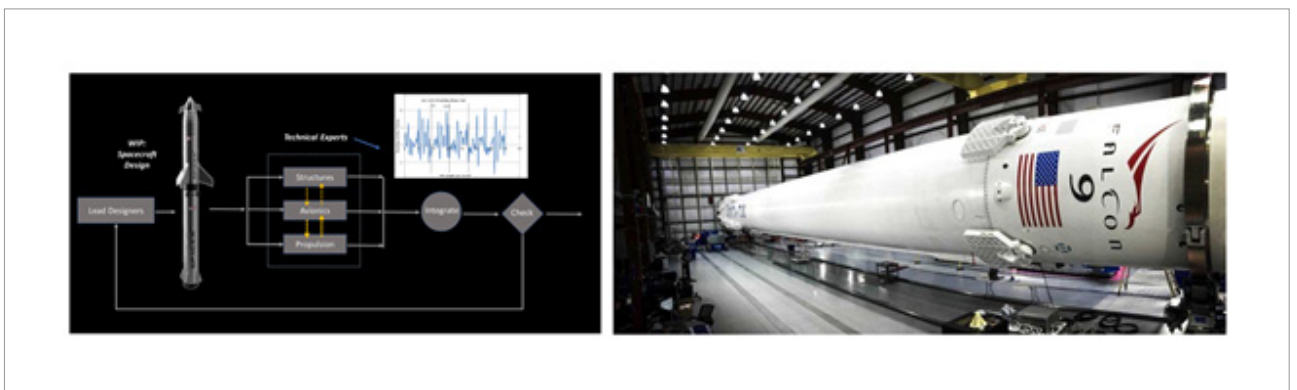
- (검증 및 실증(V&V)의 중요)** 가상 모델이 물리 모델과 수명주기 동안 제대로 동작하기 위해서는 시간에 따라 축적되는 외부 환경에 적절하게 반영되고 있는지의 주기적 검증(validation) 과정이 요구됨, 이는 시뮬레이션의 결과에 대한 신뢰성을 보장받기 위해서 대상 체계를 추상화한 모델이 목적에 맞게 개발되어 사용해도 되는지 일련의 점검 및 승인 과정이 필요함(이광기, 2018)
  - 구현된 모델이 설계서와 일치하도록 올바르게 만들어졌는지 확인하는 과정이 검증(Verification)이며, 대상시스템(목적)에 맞는 올바른 모델이 만들어졌는지 확인하는 것이 실증/확인(Validation)임
  - V&V 과정을 통과한 모델이 원래의 목적에 사용할 수 있음을 인정 또는 공식화하기 위한 승인(Accreditation)이 있음, 운용 중인 제품은 모두 정기적으로 이러한 V&V 과정을 수행하여야 함

- **(고충실도 시뮬레이션 적용 한계)** 전기체 모델에 대한 외부 요인 영향을 분석할 수 있는 시뮬레이션이 반영될 수 있어야 함, 가상구조시험(Virtual structural test)이 제품(또는 구조물) 형체에 미치는 영향을 검토하는 것이라면 제품에서의 유동 흐름 분석을 위한 가상시험은 전통적으로 풍동시험이 사용되고 있기 때문에 가상유동시험의 용어를 쓰는 대신 가상풍동시험(Virtual wind tunnel test)이 반영되고 있는 것임
  - 부가가치가 높은 항공기 등의 제품에 대해서는 고비용 등의 시험 평가의 한계로 가상시험으로의 전환이 지속적으로 요청되고 있으나 난이도가 높아 미해결 영역으로 남아 있는 상태임, 더구나 이러한 테스트에는 단순 한 가지 목적에 대한 시뮬레이션의 수행이 아닌 다양한 목적을 모두 포함하여야 하므로 계산 부담이 너무 큰 문제가 있음

### 올바른 디지털 트윈 모습

- **(개발-제작-운영의 연동 활용)** 디지털 트윈은 고비용이며 장시간 구축이 요구되기 때문에 단순하게 운영적 측면만을 고려하기 위해 기회비용이 큰 디지털 트윈을 반영한다는 것은 문제가 있음, 설계-제작-운영으로의 연동이 가능해야 전 주기 동안 확보된 데이터 이력이 충분히 활용되어 그만큼의 기회비용을 넘어서는 효과를 확보할 수 있음
  - 예를 들어 우주-로켓 분야에 있어 SpaceX의 운영을 위한 디지털 트윈에 대해 살펴보면 개발 단계부터 축적된 디지털 데이터가 제작뿐만 아니라 운영 단계에도 이어져 활용되도록 하였음(Juan Carlos, 2021), 즉 개발 단계와 제작 단계의 활용 데이터 연계 이후 운영 단계에서도 사용되도록 하는 제품 전 주기에 걸쳐 데이터가 연계되어 동작해야 함

<그림 8> 우주발사체 개발 검증(개발 단계;좌) 및 Falcon 9의 제작(제작 단계;우)



출처) (Juan Carlos, 2021)

- **(고충실도의 공학 시뮬레이션 연계)** 디지털 트윈을 위한 충실도 높은 가상시험 수준의 공학 시뮬레이션 모델을 활용하며 다물리 해석이 가능하도록 소프트웨어 기능 구현이 필요함, 시뮬레이션 소프트웨어-하드웨어-인공지능 소프트웨어가 통합 플랫폼에 연결될 수 있도록 하여 제품 전주기에 걸친 종합적 활용이 필요함
  - 가상 모델이 물리 모델과 수명주기 동안 실시간 제대로 동작하기 위해서는 시간에 따라 축적되는 외부 환경에 적정하게 반영되고 있는지의 주기적 실증 과정이 무조건 반영되도록 해야 함
- **(시뮬레이션 플랫폼/솔루션 업체 경쟁력 확보)** 선진 해외 소프트웨어 기업들은 제품 등 수명주기 전체를 포괄할 수 있는 방대한 소프트웨어 기술의 집대성을 위한 통합 플랫폼화를 추진하고 디지털 트윈 활용을 위한 다양한 플랫폼/솔루션이 출시되고 있음, 가장 중요한 것은 공학 시뮬레이션 소프트웨어들을 통합하는 플랫폼화로 거대 규모의 소프트웨어 기업이 주도하는 플랫폼화에 시장이 잠식될 수 있는 상황을 맞이하고 있음
  - 지멘스의 경우 기존에 쌓아온 하드웨어의 강점을 유지하며 소프트웨어 분야를 강화하기 위해 인수 합병을 조용히 추진하고 있음, 이와 같이 코로나 팬데믹 시기에 소프트웨어 기업은 생존을 위해 보이지 않는 조용한 전쟁을 준비할 수 있는 좋은 기회를 맞이한 것임
  - 우리나라의 경우 외산 소프트웨어 플랫폼 지배력에 쉽게 휩쓸리는 상황임에 따라 국내 공학 소프트웨어 경쟁력을 선진국 수준까지 끌어 올리기 위한 기초 단계부터 시뮬레이션 플랫폼화에 점진적인 진행이 필요함, 연계 플랫폼 기술개발 참여 등 산학연관 협력 구도의 다각도 방안이 동원되도록 해야 함
  - 국내 영세 소프트웨어 업체의 경우 응용영역 하나의 단순 소프트웨어 기술에만 집중하는 것이 일반적 으로 다양한 응용영역을 포괄하는 거대 소프트웨어 기업으로 몸집을 불리는데 한계를 가지게 됨, 이에 따라 전문 소프트웨어 업체들이 디지털 트윈 요소기술의 다양한 개발 활동을 통해 점진적 통합 기회를 고민해 볼 필요가 있음, 또는 자체적인 플랫폼을 구축하고 이에 협심하여 하나의 요소로 동작 하도록 계열회사 또는 제휴회사 그룹들로 상생 모델을 확보해 가는 방법도 있음
- **(제조기업의 소프트웨어 기업으로의 변신 시도)** 4차 산업혁명 시대에 매칭될 수 있는 기술적 아이템의 도출 필요에 의해 제너럴 일렉트릭의 제조기업이 소프트웨어 기업으로의 전환을 추진하였고, 특별하게 디지털 트윈 용어를 앞세워 해당 시장의 활성화를 유도하게 되었음, 이제 삼성과 같은 대기업에서도 앞으로 더 이상 제조기업에만 머무르지 말고 소프트웨어 융합 기업으로 도약을 시도해야 할 때임
  - 물리 세계에만 머물러 있지 않고 가상 세계를 중시하게 되었고 물리 세계와 가상 세계와의 연결을 시도하여 그 응용 영역을 확장시키기 위해 시뮬레이션 등의 소프트웨어 분야가 중요하게 다루어져야 하는 것임, 디지털 트윈과 함께 메타버스의 새로운 환경을 도입시킨 기업들의 특징도 제조기업일 경우 소프트웨어 기업으로의 확장을 꾀하고자 하는데 있음

- **(엑사스케일급 슈퍼컴퓨터와 클라우드 연계)** 디지털 트윈을 완성시키기 위해서는 시뮬레이션 소프트웨어 이외에 초고성능 컴퓨팅 파워가 함께 지원되어야 함, 모든 분야에서 디지털화가 촉진됨에 따라 엄청난 컴퓨터 자원이 요구되고 있어 현재 국내에서 유일하게 사용 가능한 한국과학기술정보연구원의 누리온 슈퍼컴퓨터의 성능을 향상시킨 엑사스케일급 슈퍼컴퓨터의 도입 및 클라우드 플랫폼에 탑재시키는 활용 체계가 갖춰줘야 할 것임
  - 수많은 디지털 트윈을 위한 수요가 발생할 수 있는 상황을 대비하기 위한 자체 슈퍼컴퓨터 개발·보급의 기회도 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략에서 제시한 대로 함께 마련해 가는 노력을 경주해야 함 (관계부처 합동, 2021a)
- **(디지털 트윈 완성을 위한 노력)** 디지털 트윈은 물리 객체의 개발-제작-운영 등 전 주기 동안 빠르게 이용할 수 있도록 하는 목표에 부합되도록 개념 모델 활용 도구에서 물리 모델 활용 도구로 확보 범위가 넓어져야 함
  - 물리 객체의 센서 데이터(과거 데이터, 현재 데이터)와 센서로 확보가 어려운 구간의 데이터 및 가상 데이터(과거 검증, 현재 검증)의 확보 및 분석을 위해 시뮬레이션 및 AI를 통한 최적화 기능을 활용해야 함
  - 미래 예측 가능한 센싱 데이터를 입력받기 위한 방법은 가상의 입력을 통한 데이터 확보 밖에 없는 것으로 AI나 시뮬레이션을 활용하는 방법이 필요함
  - 디지털 트윈의 최종 목표는 가상 객체의 고정밀 시뮬레이션 활용을 통해 최적화 및 미래 예측에 활용하는 것과 함께 물리 객체와의 동기화가 중요한 것으로 실시간 시뮬레이션 결과 반영은 현재의 컴퓨터 하드웨어 및 시뮬레이션 소프트웨어 수준에서는 확보가 어려운 것으로 일정 시간차를 두는 효과적인 동기화 방법이 반영될 수 있도록 해야 함
- **(데이터 거래 시장에 대한 준비)** 데이터가 단순 생산 공정의 결과(process outcome)에서 이용하던 것을 프로세스 개선(process enabler)을 거쳐 제품 판매(product enabler)를 위한 중요 자산이 가능하게 될 것으로 데이터 자체가 하나의 상품(product)이 되는 것임(김영훈, 2018)
  - 독일, 일본 등 전통 제조 강국은 산업용 데이터에 특화된 마켓 플레이스를 조성하고 시장을 선점 노력을 하고 있는 것으로 독일의 경우 산업혁신 플랫폼으로 산업 데이터 공간(Industrial data space) 사용이 추진되었음
- **(정보보호 문제 주의 필요)** 모든 정보가 디지털화되어 사용의 편리함이 크게 향상되는 것과 함께 정보보호의 문제가 중요한 이슈가 될 것임
  - 2002년 영화 ‘마이내리티 리포트(Minority Report)’에서 2054년 최첨단 치안 시스템인 프리크라이밍과 같이 사회 통제의 수단으로 악용될지도 모르는 공포에 대한 대비가 철저하게 이루어져야 할 것임(최재홍, 2018)



## 5. 디지털 트윈의 활용 제언

- **(디지털 트윈 모델의 인식 개선)** 4차 산업혁명에 있어 중요 키워드인 디지털 트윈의 완성 단계는 공학 시뮬레이션을 포함하는 DNA, 센서, 사물인터넷 등 요소 기술들의 종합적 연계를 통해 확보 가능한 것임, 4차 산업혁명에 걸맞는 기술적 방향 설정 요구에 대해서 올바른 시대 정신을 갖고 과학기술이 적정하게 정착될 수 있도록 디지털 트윈 정책의 바로미터 제시가 중요함
  - 인기를 끌고 있는 디지털 트윈 용어로부터의 선부른 과제 기획 수립이 아닌 정확한 의미를 파악하여 객관적인 안목을 갖추는 것이 중요함, 기업의 시장 주도 논리에 이끌려 구체적인 방향 설정 없는 과제 발주 등이 추진되는 것은 바람직하지 않음
  - 산업 분야 중 스마트 팩토리, 스마트 시티에 일부 공정 트윈 및 시스템 트윈으로 적용 가능한 수준 외 제조 제품에 대한 내구성 확보 등 고정밀 공학 시뮬레이션의 반영이 필요한 분야에서의 접근 차이가 있음을 이해해야 함
  - 메타버스와의 차이를 명확하게 구분할 필요가 있으며 디지털 트윈을 위한 공학 시뮬레이션 소프트웨어와 게임 산업계 등의 메타버스 활용 틀 간 접점 구간의 시너지 확보를 위한 기술교류 등이 추진될 수 있도록 적극적인 지원이 필요함
- **(정부 주도의 실증사업 활성화 전략 필요)** 디지털 트윈 요소 기술별 R&D 사업을 추진하고, 트윈 적용 서비스 분야별 수요 기술의 전망을 담은 로드맵 수립(관계부처 합동, 2021b)이 추진 중이나 제조, 건축, 도시, 물류, 에너지 등 디지털 트윈 수요가 높은 각 분야별 디지털 트윈 아키텍처와 각 구성 요소별 연구개발 로드맵으로 세부 확대가 필요함
  - 공통 표준화 추진과 거버넌스를 통해 디지털 트윈 협업 체계를 구축하고, 데이터를 공공 납품 및 점검에 활용할 수 있는 방향의 제도 개선 추진(관계부처 합동, 2021b)은 바람직한 것으로 고부가가치 객체 선정 등 내실화를 기하는 실증사업을 마련하여 많은 분야에서 기술적 접근의 시도, 이의 점진적 융합 단계의 충분한 검토 과정을 거친 다음에 해당 표준화로 진행되어야 함
  - 가상 세계의 디지털 트윈을 만들기 위해서는 운영 단계에서만 필요한 것이 아닌 설계 및 제작 단계에서 충분히 활용 후 구축 완성되도록 충실한 실증 사업을 발굴 및 추진해야 함
- **(고부가가치 객체에 대한 선택과 집중 필요)** 센싱, 네트워크, AI, 시뮬레이션 등 요소 기술 연계를 통한 디지털 트윈을 확보하기 위해서는 고부가가치 객체의 선택 및 제품, 공정, 시스템 트윈 중 적절한 트윈 종류 하나에 집중하여야 함, 이를 위해 고부가가치가 높은 제품, 제조, 도시, 에너지 분야 등의 적용 가능 객체를 개발 초기 단계부터 발굴하는 노력이 필요함
  - 그 밖의 부가가치가 높지 않은 제품에 대해서는 기존의 단편적인 물리 객체의 시뮬레이션을 활용한 제품 개선 방법을 활용하거나 센서 센싱을 통한 헬스 모니터링 등의 고장 예측 기술을 활용해 필요한 분야에 대응되도록 하면 됨

- **(정부 주도의 플랫폼 지원 및 생태계 체계 마련)** 고부가가치 제품 위주의 제품 생산 및 판매, 운영, 서비스의 제품수명 주기 전체에 공공 플랫폼이 제공될 수 있도록 디지털 트윈의 매개체 역할을 해야 함
  - 국가의 주력산업으로 확장해 가기 위해서는 튼튼한 플랫폼이 제공되어야 하나 기업 주도의 플랫폼 비즈니스 모델은 수익 기반으로 정착되기는 손실 위험이 큰 만큼 정부 주도 하의 학연을 통한 공공 소프트웨어 서비스(SaaS) 플랫폼으로의 체계 마련이 이뤄져야 함
  - 아직까지 시뮬레이션 플랫폼 생태계는 안정화되지 않았기 때문에 응용 소프트웨어 업체들에게 표준화 인터페이스를 제공하여 공학해석 영역별 집중 개발 소프트웨어의 플랫폼 탑재 및 타 소프트웨어와의 연동을 통한 전문기업으로의 성장을 지원해야 함
  - 중소기업 체계를 위한 수평적 통합 산업화, 단계적 산업화 생태계 형성이 필요하며 인력 이탈에도 유연한 환경을 유지해야 함
- **(공학 시뮬레이션의 활성화 체계 지원)** 디지털 트윈 완성을 위해 그 기반이 되는 시뮬레이션의 기술 속도를 높일 수 있도록 가상시험에 활용하는 등 세부 항목별 적합성이 확보되도록 국내 소프트웨어 개발 업체의 프로젝트 지원 등 활발한 지원 활동이 필요함
  - 해외 선진기술 예속화 방지 및 국내 관련 산업 생태계 구축을 위해 국산 기술/도구의 연구개발에 적극적인 투자가 필요함
  - 자체 공학 시뮬레이션 소프트웨어 개발뿐만 아니라 오픈소스 소프트웨어의 활성화 기조에 맞춰 대학 및 출연연에서 일조할 수 있도록 정책을 반영해야 함
  - 국가 경쟁력을 위한 소프트웨어 주도적인 산업환경을 갖출 수 있도록 개별 공학 시뮬레이션 소프트웨어의 자생력 강화를 위한 대학 내 개발자 양성 지원, 소프트웨어 모듈 개발 과제 지원 등 적극적인 지원이 이루어져야 함
- **(산업체 고성능컴퓨터의 활용 지원 정책 추진)** 산업체에서 대규모 어셈블리 물리 모델의 공학 시뮬레이션을 원활하게 수행할 수 있도록 고성능컴퓨터의 활용 지원 정책이 추진되어야 함
  - 시뮬레이션 서비스에 대해 산학연 중요 연구집단 또는 응용 분야별 집중화 지원 체계 등 사용 활성화 전략이 요구됨
  - 고성능컴퓨터의 산업체 보편적 활용 체계 마련을 통해 필요한 시점에 자원을 능동적으로 활용할 수 있도록 공공 자원으로의 충분한 지원 정책이 필요함

## 참고문헌

- 고선영 등 (2021), “메타버스의 개념과 발전 방향”, 정보처리학회지, vol.28, no.1, 2021, pp.7-16.
- 관계부처합동 (2021a), 「국가초고성능컴퓨팅 혁신전략」 2021.05.28.
- 관계부처합동 (2021b), 「한국판 뉴딜 2.0, 초연결 신산업분야의 핵심, 디지털 트윈 활성화 전략」, 제14차 정보통신전략위원회, 2021.9.6.
- 김강민 (2018), “디지털 트윈의 진화와 적용사례”, 브런치(brunch.co.kr), 2018.7.1.
- 김영훈 (2018) “디지털 트윈 어떻게 전개될 것인가?”, POSRI 이슈리포트, 포스코경영연구원, 2018.12.4.
- 김원태 외 3인 (2010), “CPS 기술 동향”, 정보통신산업진흥원, 2010.7.2.
- 김윤지 (2019), 살아있는 도시, ‘디지털 트윈’, esri Korea 블로그, 기사작성일: 2019.7.5.
- 사이언스타임즈 (2019), “CPS를 뒷받침하는 디지털 트윈”, 네이버 포스트, 2019.04.03.
- 유용균 (2019), “최적설계와 딥러닝”, CAE컨퍼런스, 캐드앤그래픽스, 2019.11.
- 이문규 (2019), “디지털 트윈, 디지털 비서, 디지털 인공지능, 그리고 디지털 강소기업”, 네이버 포스트, 2019.6.17.
- 이광기, 유호동, 김탁곤 (2018), “디지털 트윈 기술 발전방향”, KEIT PD Issue Report, Korea Evaluation Institute of Industrial Technology, 2018.09.
- 이재원 (2021), 나의 첫 메타버스 수업, 메이트박스, 2021.11.
- 정득연, 김상태, 김연배 (2021), “디지털 트윈의 기술적 정의와 세부적 발전 5단계(level) 모델”, 정보통신기획평가원, 2021.
- 정보통신산업진흥원 (2020), 「5G기반 디지털트윈 공공선도 사업」, 2020.02.14.
- 정부 (2020), 「한국판 뉴딜 종합계획」, 대통령 주재 한국판 뉴딜 국민보고대회(제7차 비상경제회의), 2020.07.14.
- 정재석 (2018), “디지털트윈과 CAE의 미래”, RecurDyn Technical Support, FunctionBay, 2017.6.28.
- 최재홍 (2018), “디지털트윈, 지금이야말로 허실(虛實) 따질 때”, Samsung Newsroom, 2018.05.24.
- C&I 연구소 (2018), “IoT의 미래: 디지털 트윈 사물(Digital Twined Things)”, C&I 연구소 블로그, 2018.04.13.
- E. A. Lee (2008), “Cyber Physical Systems: Design Challenges”, E. A. Lee, Technical Report No. UCB/EECS-208-8, 2008.
- Gas to Power Journal (2018), Gas to Power Journal, First Gen – first-mover in Asia on ‘digital twin’ power plant technology, 2018.6.11.
- GE리포트 코리아 (2017), “가트너 선정 2017년 10대 기술 트렌드 ‘디지털 트윈’ 이야기-사물인터넷과 산업 디지털화의 핵심 기술”, GE, 2017.2.9.
- GE web page, Digital Twins are mission critical.
- Juan Carlos (2021), “SpaceX: Enabling Space Exploration through Data and Analytics”, Harvard Business School, MAR 23, 2021.
- LG CNS (2021), “핫 키워드 디지털 트윈! 사이버물리시스템과는 어떤 관계가 있을까?”, LG CNS, 2021.11.11.
- M. Grieves, J. Vickers (2016), “Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems,” Transdiscipl. Perspect. Complex Syst., 2016, pp. 85-113.
- Mengnan Liu (2020), “Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications”, Journal of Manufacturing Systems, 2020.
- Redshift (2021), What Is a Digital Twin? How Intelligent Data Models Can Shape the Built World, AUTODESK, 2021.05.04.
- Shafto, etc. (2010), “DRAFT Modeling, Simulation, Information Technology & Processing Roadmap,” Technology Area 11, November, 2010.
- steps (2017), “Digital Twin: the Challenge of Nuclear Power Plants”, steps, 2017.6.30.
- Sung-Soo Kim (2014), “A Material Point Method For Snow Simulation”, Sung-Soo Kim's Blog, 2014.2.14.

# KISTI 제39호 ISSUE BRIEF

**발행일** 2021. 12. 29.

**발행인** 김재수

**편집위원** 조민수, 최희석, 이준, 정한민, 함재균,  
이준영, 이상환, 정도범

**발행처** 34141 대전광역시 유성구 대학로 245  
한국과학기술정보연구원 정책연구실  
<https://www.kisti.re.kr>

**I S S N** 2635-5728