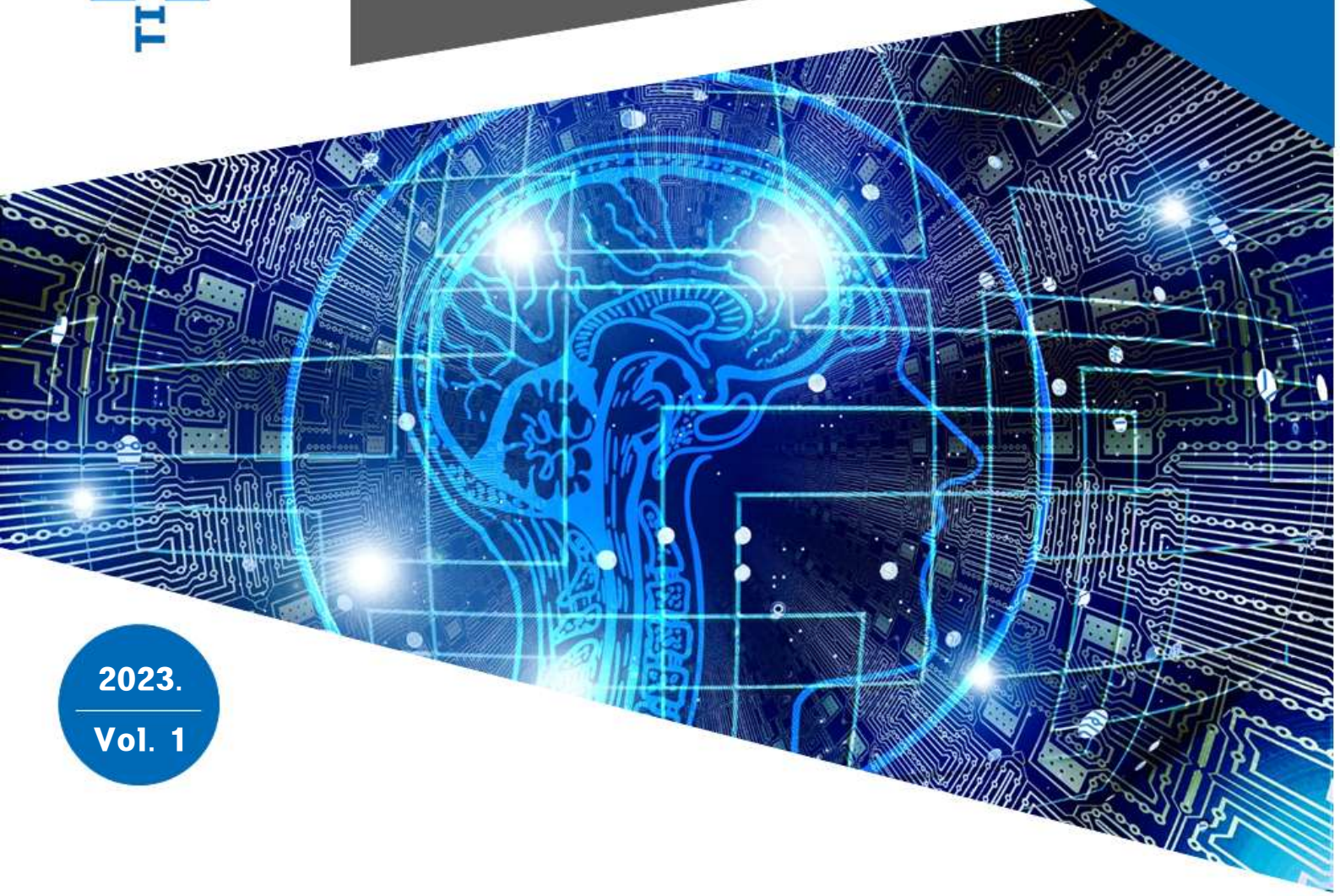
중소기업기술정보진흥원

TIPA

2023년 중소기업 전략기술로드맵

ISSUE REPORT



2023.
Vol. 1

다가오는 디지털트윈 시대와 중소기업

TIPA | 이슈 리포트

다가오는 디지털트윈 시대와 중소기업

Ⅰ. **디지털트윈 개요**

Ⅱ. **디지털트윈 동향**

Ⅲ. **디지털트윈 기술**

Ⅳ. **결론 및 시사점**

Ⅰ. 디지털트윈 개요

1 디지털트윈의 탄생배경

□ 아날로그 방식으로 기록된 자료를 컴퓨터에서 응용할 수 있는 디지털 데이터로 변환하는 것을 디지털화라고 일컬으며, 여기서 한 걸음 더 나아가 전산화된 정보를 활용하여 업무 프로세스를 개선하는 것이 바로 디지털 전환(Digital Transformation)[1)]

- 인공지능(AI), 사물인터넷, 5G 통신 등 첨단 디지털 기술의 발전과 이들 기술의 융·복합이 산업에 신속하게 도입되고 있음을 의미

□ 디지털 전환(Digital transformation)시대를 대표할 수 있는 기술이 디지털트윈(Digital twin)

- 현실세계에서 수집한 다양한 정보를 가상세계에서 분석하고 최적화 방안을 도출하여 이를 기반으로 현실세계를 최적화하는 지능화 융합 기술이 디지털트윈
- 디지털 기술은 ICT산업뿐 아니라 자동차, 기계, 바이오·헬스, 금융, 유통 등 다양한 산업의 디지털 전환을 촉진하고 있으며 핵심 개념으로 디지털트윈이 포함되는 경우가 다수

□ 디지털트윈 개념의 시작에 대해서는 여러 가지 의견이 존재하나 2002년에 미국 마이클 그리브스 박사가 제품생애주기 관리(PLM)의 이상적 모델로 설명하면서 본격화

- 우주 탐사 분야에서는 디지털트윈 개념이 오래 전부터 쓰였으나, 1970년대에는 기술의 부족으로 가상적 쌍둥이 모델이 불가능하여 실제로 물리적 쌍둥이를 만들어서 활용
- 이 개념에 대해 NASA의 존 비커스 박사가 디지털트윈으로 이름을 붙였고, 2010년 NASA가 우주 탐사 기술 개발 로드맵에 디지털트윈을 반영하면서 우주산업에서 계속 활용하였고, 2012년 NASA에서 비행 물체 제조에 디지털트윈이 미칠 영향을 연구

□ 2016년 들어 GE가 MINDS+MACHINES을 통해 기계에서 발생하는 대규모 데이터를 분석 및 수집한 후, IoT로 연결해 디지털트윈을 구현해 주는 플랫폼을 공개하여 디지털트윈이 대중에게 더욱 주목받기 시작

- '17년~'19년 가트너의 '신기술 하이프 사이클 보고서'에서 디지털트윈은 떠오르는 신기술 트렌드 가운데 디지털화한 생태계를 위한 10대 기술로 선정된 후 더 큰 주목을 받음

1) 빨라지는 디지털 전환, 지금 주목해야 하는 ICT 트렌드(LX인터네셔널 블로그, 2022. 03. 30.)

2 디지털트윈의 정의

☐ 디지털트윈은 가상세계(Digital)에 실제 사물의 물리적 특징을 동일하게 반영한 쌍둥이(Twin)를 3D 모델로 구현하고, 이를 실제 사물과 실시간으로 동기화한 시뮬레이션을 거쳐 관제·분석·예측 등 해당 사물에 대한 현실 의사결정에 활용하는 기술을 의미[2)]

- 디지털트윈은 과거 개념적으로만 존재하던 기술이었으나, 최근 AI·XR·5G 등 다양한 요소기술의 등장 이후 구현 가속화
- 이전부터 산업현장에서 활용되어온 CAD, BIM, GIS 기술 등이 DNA(데이터·네트워크·인공지능) 기술과 융합하여 탄생

[해외 주요 기관의 디지털트윈 정의]

기관	정의
GE	비즈니스 가치를 제공하기 위해 실시간 분석을 통해 감지, 예방, 예측 및 최적화하도록 설계된 물리적 자산, 시스템 또는 프로세스의 소프트웨어 표현
IBM	물리적 객체 또는 시스템의 생애주기 전반을 가상화하여 실시간 데이터 및 각종 정보를 활용한 의사결정을 지원하는 기술
PWC	IoT 센서 등을 통해 정보를 수집하고 고급분석, 기계학습, 인공지능을 적용해 성능, 운영 및 생산성에 대한 실시간 통찰력을 제공하는 물리적 자산의 디지털 모델

* 출처: 디지털트윈 활성화 전략(정보통신전략위원회, 2021. 09.)

☐ 아이언맨이라는 유명한 영화에서 주인공이 실물 슈트를 만들기 전 가상공간에서 디자인하고 시뮬레이션을 통해 최적의 아이언맨 슈트를 만드는 과정이 디지털트윈의 개념이 적용된 것이라 할 수 있음

- 여기서 주인공은 가상현실(VR)과 증강현실(AR) 기술을 활용하여 아이언맨 슈트를 만드는 장면이 자주 등장하고 허공에 손을 뻗어 필요한 부품을 장착하고, 불필요한 부분을 떼어 내기도 하며 실제 구동과 같은 시뮬레이션도 가능

☐ 디지털트윈도 넓은 의미의 시뮬레이션이긴 하지만, 통상적으로 시뮬레이션은 주로 설계상에서 사전 검증에 활용되지만, 디지털트윈은 실제 물리적 대상과 일대일로 연결되어 현실세계의 변화와 연동된다는 점이 차이

- 시뮬레이션은 CAD, CAE 등 플랫폼으로 설계되어 과정을 모사하여 사전연구를 하지만, 실제 물리적 대상과 일대일로 연결된 것은 아닌데, 디지털트윈은 실제 장비의 센서의 입력으로 구축되기 때문에 실물이 변하면 동시에 변화한다는 점

2) 디지털트윈 활성화 전략(정보통신전략위원회, 2021. 09.)

- 예를 들어 어떠한 기계 부품의 내구성에 대해 시뮬레이션을 한다고 가정할 때 기계 부품은 사용을 계속하는 동안에 마모·파손 등이 발생하게 되며, 종래의 시뮬레이션에서는 이러한 마모나 파손에 의한 변화는 사람의 손으로 데이터를 재차 입력할 필요가 있었지만, 디지털트윈에서는 현실 세계에서 생긴 변화와 연동되기 때문에 기계 부품의 마모 등도 실시간으로 가상공간에 재현되는 것이 차이점

☐ 메타버스는 실제 세계와 상호작용하는 디지털트윈과는 달리 실제 세계와 똑같은 물리적 환경이 아닌 가상세계를 나를 닮은 캐릭터(아바타)가 탐험할 수 있다는 것이 특징

- 메타버스는 현실 세계와의 '연결(Link)'이 필수 개념 요소이며 반드시 가상공간 및 객체가 현실과 동일할 필요가 없으나, 디지털트윈은 보다 정확한 현실 문제 해결을 위해 현실 객체의 '모사 및 실시간 동기화(Sync)'가 필수

- 다만, 메타버스 세계에 '디지털트윈' 기술을 적용하여 가상공간을 실제공간과 매우 유사하게 연동되도록 만든다면 같아질 수도 있음

☐ 사이버물리시스템(CPS)는 우리가 살아가는 현실 세계의 물리적인 시스템과 가상세계의 융합을 추구하는 개념이자 시스템으로, 디지털트윈과 다르다고 할 수도 있으나 통상적으로는 거의 비슷한 의미로 쓰이고 있음

- 2006년경에 임베디드 시스템에서 디지털트윈과 같은 개념으로 사이버물리시스템(CPS) 단어가 등장했고, 2007년에 미국 대통령과학기술자문위원회(PCAST)가 CPS를 국가적 우선순위로 선언한 이래 임베디드 시스템이 쓰이는 여러 분야에서 CPS가 활용

- 디지털트윈과 CPS는 둘 다 기술 규격을 갖고 있는 고유한 독자 기술이 아닌 개념적 기술이며, 이 개념을 여러 가지 종류의 기술들을 결합시켜 만든 솔루션 기술로, 종국에는 추구하는 바가 거의 동일하다고 볼 수 있음[3)]

[국토부의 디지털트윈 국토개념도]

* 출처: 충청신문 '2차 디지털 트윈 국토 지자체 시범사업 공모 22.06.26
(http://www.dailycc.net/news/articleView.html?idxno=716956)

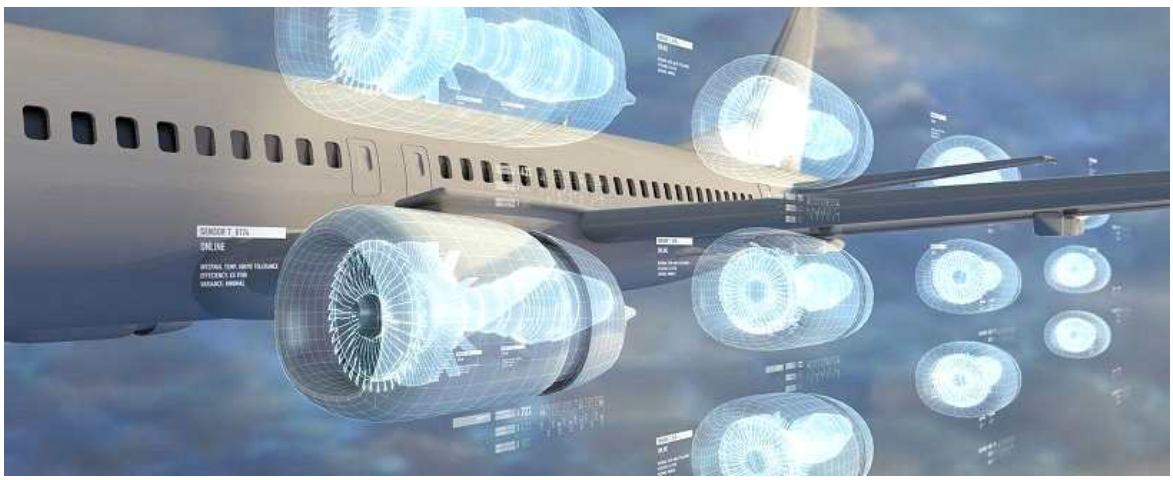
3) 디지털트윈의 개념과 기술 및 산업 분야별 활용 사례(지능정보기술동향, 2021. 05.)

3 디지털트윈의 필요성[4)]

☐ (**품질향상**) 물리적인 오퍼레이션을 실시하기 전에 디지털 상에서 사전 검증을 하거나 디지털로 표현되어 누구나 볼 수 있는 형태로 검토할 수 있어 각 부문의 지식·식견이 집약됨에 따라, 리스크를 절감하고 품질도 향상할 수 있다.

- 제조업의 관점에서는 품질 경향을 예측하고 더 빨리 결함을 발견하며, 품질 기준 이탈을 통제하고 품질 문제의 시작 시점 파악 가능
- 물류의 관점에서는 예상되는 문제점과 발생 가능한 위험에 대한 대비를 통해 납기 정확도의 향상이 가능하며, 신재생에너지 발전의 경우 발전량의 예측을 통해 최적화가 가능
- 디지털트윈의 가장 빠른 적용사례 중 하나인 GE의 경우 비행기 엔진의 모니터링을 통해 사고를 방지하고 예방보전으로 안전성을 더욱 크게 확보하는 것이 가능했음

[GE의 비행기엔진 디지털트윈 개념도]



* 출처: GE 홈페이지

☐ (**비용절감**) 디지털 상에서 검증함으로써 기존에 물리적인 시험작·테스트 라인 등을 만들어 검토를 위한 시간과 비용을 최소화

- 제조업의 관점에서는 제품 설계 및 엔지니어링 변경 실행의 개선이 용이하며, 제조 장비의 성능 개선과 운영 및 공정의 변동성 축소되어 비용 절감이 가능
- 수많은 대기업이나 공기업의 경우 넓은 공간과 수많은 자산을 보유하고 있으며, 이를 실제공간에서 사람이 실시간으로 완벽히 관리하기란 불가능에 가깝기 때문에 디지털트윈을 활용하여 설비고장으로 인한 라인정지 비용, 임대료, 불용폐기 등의 낭비요소를 방지해 관리비용을 크게 절감하는 것도 가능

4) 인더스트리 4.0과 디지털트윈(Deloitte Anjin Review, 2017. 09.)와 디지털트윈 - 최신 사례 4선 & 6가지 장점(IRS Global, 2022.02)을 바탕으로 보완 수정

☐ (**매출성장 기회**) 업그레이드 준비가 된 현장의 제품을 파악하고 서비스 제품의 효율성 및 비용 개선

- 현장에서의 장비 활용 방식을 이해하여 보다 효율적인 서비스 제공하고 보다 정확하게 보증 및 불만 관련 문제를 사전에 파악해 전반적인 품질보증 비용을 절감하고 고객 경험을 개선

> **※ 시장조사기관인 MARKETSANDMARKETS는 2022년 보고서에서 디지털트윈 시장은 2022년 69억 달러에서 2027년 735억 달러로 성장할 것으로 예상되며, 이 기간 동안 연평균 성장률은 약 60.6%로 엄청난 성장을 기록할 것으로 예측**[5)]

☐ (**유연한 대응**) 신속한 시뮬레이션에 근거하여 대응할 수 있어, 사업환경과 기상환경 등 급격한 변화에 최소한의 시간 · 리소스로 빠른 대응 가능

- 신제품의 시장 출시 기간 단축 및 신제품의 전반적 제조비용이 감소하고 긴 리드타임을 가진 부품들과 공급사슬에 대한 영향을 더 잘 인식
- 도시 디지털트윈의 경우는 지진, 화재, 홍수 등 재난상황에 대한 유연하고 빠른 대응이 가능한 것이 가장 큰 장점

☐ (**기록 보존 및 직렬화**) 디지털트윈은 오퍼레이션과 노하우를 데이터화하고 기록하는데 큰 장점을 가지기 때문에 기술축적을 통한 인재육성에 강점

- 제조업에서는 순차적으로 부품 및 원재료의 디지털 기록을 생성해 리콜 및 품질보증 불만 제기를 더 잘 관리하고 의무화된 추적관리 요건을 충족

☐ (**조직 · 기업을 뛰어넘는 연계**) 누구나 볼 수 있는 형태로 검토할 수 있게 되면, 전공정에서 후공정으로 공정을 진행하면서 순서대로 검토하는 것이 아니라 검토 단계에서부터 전체 공정에 대한 의견을 제시하는 조직을 뛰어넘는 연계의 실현이 가능

- 예를 들어, 제품 콘셉트를 검토하는 단계에서부터 제품 설계, 생산 기술(생산 라인 검토), 제조, 품질 보증, 서비스 등 각 부문의 관점에서 의견을 도입하여 검토하는 것이 가능
- 이것은 기업을 뛰어넘는 연계에 있어서도 마찬가지이고 검토 단계에서부터 협력 · 위탁 회사 및 공급체인 기업과 효율적으로 연계하는 것이 가능

5) Digital Twin Market(marketsandmarkets, 2022.)

4 디지털트윈의 종류

◎ 트윈의 대상별 분류

☐ (**제품 디지털트윈**) 제조업체는 제품의 가상 모델을 만들고 다양한 조건에서 제품을 검사하거나 제품 변경을 통해 생산라인이 바뀌고, 실제 제품이 만들어지기 전에 단일 제품 수준에서 검사와 분석을 수행하여 결과적으로 설계 효율성이 향상되고 제조비용 및 출시 기간을 단축하는 것이 가능

☐ (**프로세스 디지털트윈**) 다양한 시나리오에서 생산 프로세스가 어떻게 작동하는지에 대한 가상 모델을 통해 기업은 각 프로세스의 성능과 문제점을 파악하고 대비하는 것이 가능

- 효율적인 생산 방법론을 만드는 가장 간단한 방법이며, 제조업에서는 공정효율과 품질향상을 위해 매우 중요한 업무로 디지털트윈으로 완성될 경우 미세 조정이 가능하며 이를 통해 예방 유지보수를 할 수 있음
- 비용이 많이 드는 가동 중지 시간의 발생을 줄이고 제조 작업을 안전하고 효율적으로 가속화

☐ (**시스템 디지털트윈**) 제조 시스템 전체에 대한 디지털트윈을 의미하며, 제조 시스템 전체를 분석하고 최적화하는 것을 지향

- 다양한 장치에서 방대한 양의 운영 데이터를 수집하고 제조 공정 전체를 최적화하는 더 새롭고 더 나은 효과적인 최적화를 통한 원가절감과 품질향상, 다품종 소량생산도 가능하도록 함

☐ (**통합적 디지털트윈**) 시스템 디지털트윈을 더욱 확장하여 여러 공장들을 엮어서 회사 단위로까지 확장시킬 수 있고, 스마트 시티에 적용할 경우 디지털트윈의 규모는 운영, 유지보수 및 성능을 관리하게 되는 도시 또는 국가까지 더 높은 수준으로 확장할 수도 있음

◎ 적용 대상별 분류

☐ (**제조분야 디지털트윈**) 디지털트윈 기술은 제조 분야에서 시작되어 다양한 분야로 적용되고 있으며, 제조업에서 디지털트윈은 생산 공정을 대상으로 주로 사용

- 기계, 제조 도구 및 기타 장치에 연결된 센서 데이터를 기반으로 실제 제품, 장비 요소, 생산 프로세스 또는 전체 시스템을 트윈화

☐ (**에너지분야 디지털트윈**) 에너지 분야에서는 발전시설 최적설계와 O&M 효율화 등에 주로 활용되고 최근에는 신재생에너지의 확대와 더불어 가상발전소라는 개념으로 발전

- 최대전력 생산 발전 설비 및 단지설계, 생애주기 동안의 전력 생산 최적화, 이상 징후 파악을 통한 유지보수 효율화, 전력 소비량 예측 및 소비패턴 분석을 통한 전력 배급 조절 등에 활용

☐ (**도시분야 디지털트윈**) 도시 개발에서 시행착오를 최소화하기 위해 활용되며, 도시 전체, 나아가 국가 단위로도 적용하는 것도 가능

- 디지털트윈 기술의 도시 적용 분야의 최초 사례는 버추얼 싱가포르 프로젝트(Virtual Singapore Project)로 2016년 싱가포르 정부의 스마트 네이션(Smart Nation) 계획의 일환으로 추진

☐ **(물류분야 디지털트윈)** 공급망 관리에서 매장 내 가판대 관리까지 물류분야에서도 활용범위가 매우 넓음

- 공급망 시뮬레이션을 위해서는 전사자원관리(ERP)와 기타 비즈니스 시스템 데이터, 실시간 센서 및 장비 데이터를 사용하여 현지 교통 상황이나 날씨 등 외부 실시간 데이터와 결합하면 공급망에 영향을 미치는 변수를 막을 수 있고 물류비용도 절감하는 것도 가능

[물류분야 디지털트윈 개념도]

* 출처: DHL 공식블로그

Ⅱ. 디지털트윈 동향

1 디지털트윈 육성을 위한 각국의 정책

☐ (**미국**) 과학기술자문위원회(PCAST)를 중심으로 트윈을 미래공장의 핵심요소로 인식하는 한편, 제조 경쟁력 강화를 위한 전략 제시('20)

- 제조공장의 성능향상 및 고장율 개선뿐만 아니라 원자재 영역부터 개별 공장에 이르는 전체 물류 및 공급망으로 확장 가능성 제시
- 2014년 3월 GE, AT&T, Cisco, IBM, Intel 등 5개사 주도로 산업인터넷시스템 이슈 해결을 위한 요구사항·권장사항의 정의 및 개발, 디지털트윈 상호운용성 정의 등 활동하는 Industry Internet Consortium(IIC) 설립
- 2018년 10월 국가과학기술위원회(National Science and Technology Council)는 미국 첨단 제조업 리더십 확보 전략을 통해 빅데이터 분석, 첨단 센서 및 제어기술, 모델링 및 시뮬레이션 등의 디지털트윈 관련 스마트 제조를 포함한 5대 전략 목표를 추진

☐ (**싱가포르**) 디지털트윈의 잠재적 가치를 조기에 인식하여 미래 도시 계획 및 관리를 위한 '버추얼 싱가포르' 추진('15~)

- 도시의 구조물과 지형을 디지털트윈으로 구현하여 건물·공원 등 건설시 주변 경관 조화, 교통흐름, 일조권 침해를 파악 가능하나, 당초 폐쇄형 플랫폼으로 구축되어 서비스 확장·데이터 갱신에 제약이 발생해 최근 개방형 플랫폼으로 전환 시도 중

☐ (**영국**) 자국의 강점인 데이터 공학과 AI를 활용해 전 세계 디지털 혁신 중심지로 도약하기 위한 '국가 디지털트윈' 전략 추진('18~)

- 싱가포르 사례분석을 통해 데이터 보안, 확장성, 데이터 연계·표준 등을 극복과제로 도출·디지털트윈 간 상호운용성 확보를 위해 기본원칙, 로드맵, 표준프레임워크 개발 및 산·학·연 네트워크(DT Hub)를 운영하고, 인프라 및 지역기반 시범프로젝트 추진

☐ (**독일**) 디지털전략 2025(digital strategy 2025)을 통해 CPS 기반 스마트팩토리 구축으로 개인 맞춤형 제품 기반의 비즈니스 모델 혁신을 통하여 새로운 시장 창출 및 매출 증대와 스마트 팩토리 상품화를 통해 세계 제조장비 시장 주도권 확대 추진[6)]

- (프라운호퍼) 다양한 그룹들이 여러 독일 기업(지멘스, 보쉬 등)과 협업을 통해 제조에 알맞은 디지털트윈 구현 노력 및 AI 데이터 인프라 플랫폼 구축 결정('19. 10.)

6) 주요국의 디지털트윈 추진 동향과 시사점(IITP, 2020. 02. 14.)

2 우리나라의 디지털트윈 활성화 전략[7]

7) 디지털트윈 활성화 전략(정보통신전략위원회, 2021. 09.)을 기반으로 재구성

□ (**산업 성장기반 조성**) 3D 객체 데이터 구축·개방, 시뮬레이션 SaaS 개발·실증, 3D 공간정보 구축 및 활용 등 디지털트윈 산업의 인프라적 요소 확보 및 강화에 대한 지원

■ (3D 객체 데이터 구축·개방) 폭넓은 활용기반을 조성하기 위해 공공·민간의 공통 수요 3D 객체 구축을 지원하고, 이를 오픈 플랫폼으로 확산

■ (시뮬레이션 SaaS 개발·실증) 시나리오형 모의실험이 가능한 시뮬레이션 SaaS의 개발·실증 지원을 통해 디지털트윈의 개발 기반 강화 및 판로 개척

■ (3D 공간정보 구축 및 활용) 전 국토의 고품질 3차원 공간정보를 구축하여 디지털트윈 공통 활용기반을 조성하고 표준 행정모델의 구축 및 확산

□ (**대규모 선도 시장 창출**) 주력산업 경쟁력 향상, 국민 안전 강화, 탄소중립 사회 전환의 3개 방향에서 디지털트윈의 마중물 역할을 위한 선도시장 창출을 전략적으로 지원

■ (주력산업 경쟁력 향상) 제조, 물류, 건설, 의료 등 주력산업에서의 도입활성화를 위한 지원

- (제조) 중소기업 생산정보 시스템과 연계한 시뮬레이션 도입을 지원하여 성능·안전 검증 및 공정 최적화, 비용절감 등 추진
- (물류) 선박-항만-육상 간 물류 데이터를 단일 시스템으로 통합· 시각화하고, 실시간 위치·작업현황을 분석하여 물류흐름 최적화
- (건설) BIM 설계 기반의 디지털트윈 시뮬레이션을 활용한 구조물(터널·교량·항만 등) 보수보강 및 안전진단 최적 의사결정 지원
- (의료) 트윈 기반 재활, 임상시험 및 환자 맞춤형 의료 지원

■ (국민 안전 강화) 재해안전, 시설·산업현장 안전 등 국민의 안전한 삶과 관련된 시장 창출 지원

- (재해·안전) 주체별 분산 데이터의 실시간 통합·시각화, 디지털트윈 시설물 안전·홍수 예측 시뮬레이션을 통한 피해 최소화
- (시설·산업현장 안전) 사람이 직접 확인하기 어렵고 사고 위험성이 높은 산업 현장을 가상공간에서 모니터링 및 제어하여 안전사고 예방

■ (탄소중립 사회 전환) 저탄소에너지, 건물관리, 교통 등 탄소중립2050과 관련된 분야에 디지털트윈 적용으로 탄소중립 촉진

- (저탄소에너지) 발전기 핵심설비의 실시간 상태정보(온도, 진동 등)와 기후·입지 분석을 통해 발전량 및 고장을 예측하여 가동률 향상
- (건물관리) 건물 운용에 사용되는 실시간 전력 데이터 기반 최적 시뮬레이션을 통해 건물 에너지 효율화 및 저탄소화 전환
- (교통) 교통신호체계, 모빌리티 등 교통 데이터 연계로 디지털트윈을 구축하여 도심지 교통 혼잡도 개선 및 탄소배출 최소화

□ (**기술경쟁력 강화**) 기술개발 로드맵 수립을 통해 선제적 기술개발 방향정립과 핵심 기술·다부처 협력기술 개발의 방향으로 글로벌 경쟁력 확보

- (기술개발 로드맵 수립) 전 산업, 사회, 서비스의 디지털 전환 대응과 디지털트윈 생태계 강화를 위한 '기술발전 로드맵' 수립 및 핵심 기술 확보
- (핵심기술 개발) 글로벌 기술 패권 경쟁에서의 우위 확보를 위한 '디지털트윈 미래 핵심기술' 개발('21~)
  - 비정형 데이터 3D 형상 모델 자동생성 기술, 비가시·가시 정보의 초정밀 다차원 시각화 디지털 트윈 프레임워크 기술, 디지털트윈 모델링 & 시뮬레이션을 통한 분석·예측 결과 기반 운영관리 최적화 및 의사결정지원 기술 등
- (다부처 협력기술) 민간 新산업 창출 수요를 반영한 산업별 응용 R&D 지원을 위한 다부처 협력 과제 발굴('21~)
  - 디지털 트윈 기반 지하공동구 화재재난 지원 통합 플랫폼 기술, 수산양식 시설 운영 최적화를 위한 디지털 아쿠아 트윈 기술 등

□ (**표준화·제도개선**) 표준화, 법·제도 정비, 민관 협업 거버넌스 등 디지털트윈 산업 발전을 위한 제도적, 행정적 기준을 마련하는 것도 매우 중요

- (디지털트윈 표준화 추진) 디지털트윈 연계 및 통합운영을 위한 표준화를 통해 상호운용성을 보장하고 글로벌 기술 표준 선도
- (법·제도 정비) 디지털트윈 관련 법·제도 이슈를 선제적으로 발굴·정비하고, 신기술 활용 법적 기반을 마련
- (범부처 민-관 협업 거버넌스 구축) 디지털트윈 사업의 기획·구축·활용 全단계에서부터 다양한 주체 간 디지털트윈의 상호운용성을 고려하여 추진

[디지털트윈 글로벌 표준 대응 단계도(안)]

* 출처: 디지털트윈 활성화 전략(정보통신전략위원회, 2021. 09.)

3 디지털트윈 적용 대표 사례

◎ 해외사례

☐ (**스마트제조**) 독일 지멘스의 스마트팩토리 EWA(Electronics Works Amberg)의 특징은 가상세계와 현실세계의 통합을 이뤄 디지털트윈의 현실화를 이뤄냈다는 점[8)]

- 지멘스의 EWA는 1989년에 모든 공정상황을 실시간으로 공유하고 오류 발생 가능성을 확인해 공정 작업의 최적화를 유지할 수 있는 시스템으로 구축 개시
- EWA의 생산성은 스마트 팩토리 전환 이후 8배 증가했고, 반면 제품 불량률은 약 1/43 수준으로 줄었다고 하며 하루에 최대 300번 넘는 생산 시스템 변경에 대한 소요시간도 감소하였으며, 상품 주문 후 24시간 이내 배송이 가능하다고 알려짐
- EWA의 디지털화 환경은 자동화, Industrial Edge 및 클라우드 컴퓨팅 간에 필요한 원활한 상호 작용을 통해 디지털트윈을 구현하는 인더스트리 4.0 공장을 운영 중

☐ (**수송기계**) GE의 산업용 디지털트윈은 전문적인 영역과 실시간 관제에 특화된 모습을 지니고 있으며, 그 중 대표적인 사례가 GE의 계열사인 GE항공의 항공기 엔진 관리 시스템

- 엔진 장애로 인한 항공기 결항과 사고는 거의 재앙에 가까울 정도로 항공사에 막대한 경제적, 사회적 손실을 유발한다.
- GE항공은 이런 문제를 최소화하기 위해 제트 엔진 하나에 200개가 넘는 센서를 장착해 항공기 이착륙과 운항 중 발생하는 각종 데이터를 수집하고, 담당 엔지니어에게 시각화된 형태로 실시간 제공되며, 엔지니어는 이를 통해 엔진 고장 여부와 교체 시기 등을 예측
- 그 결과 엔진 고장에 대한 검출 정확도는 10% 개선됐으며, 정비 불량으로 인한 결항 건수도 1,000건 이상 감소하는 효과를 거두었다고 보고

☐ (**에너지**) GE는 풍력발전, 수력발전 등 발전분야에도 디지털트윈을 적용

- 해양 풍차는 바다 위에 있기 때문에 확인하기 어렵고, 큰 비용이 필요하다. 이때 디지털트윈을 활용함으로써 원격 및 실시간으로 정보를 분석할 수 있어, 오퍼레이터가 곧바로 모터를 교환해야 하는 시기를 계획
- 세계에서 가장 유명한 폭포 중 하나인 '나이아가라' 근처에 위치한 뉴욕전력공사(NYPA)의 수력 발전소에도 GE 프레딕스 기반의 방대한 관제 시스템과 디지털트윈이 도입하여 가스터빈과 수력발전 터빈, 발전기, 그 밖의 수백 대의 기계에 수천 개의 센서를 부착하여 데이터를 수집하고, GE의 클라우드 기반 SW인 '프레딕스'에 연결하고, 이를 다시 수력발전소 시스템으로 데이터를 보내 분석 후 발전기를 운용하는 방식으로 발전소는 하나의 거대한 디지털트윈을 구축하여 향후 약 22억 5천만 달러 수준의 운영비를 절약할 수 있을 것으로 예측

8) 제조업& 도시형의 디지털트윈 사례(투이컨설팅, 2022. 08. 16.)

□ (**스마트시티**) 싱가포르의 '버추얼 싱가포르(Virtual Singapore)'

[버추얼 싱가포르(Virtual Singapore)의 태양에너지 생산성 분석]

* 출처: 버추얼 싱가포르 홈페이지(https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore)

- 싱가포르에서는 BIM(Building Information Modeling)을 바탕으로 전국의 토지를 통째로 3D 가상 트윈화(민간 기업 다쏘 시스템의 디지털트윈)하여 실시간으로 도시 정보를 가시화하는 '버추얼 싱가포르(Virtual Singapore)'를 전개

- 국립 연구 재단(NRF), 싱가포르 수상 관저, 싱가포르 토지국(SLA), 싱가포르 정부 기술청(GovTech)의 프로젝트이며, 지형 정보 · 건물 · 교통 기관 · 수위 · 사람의 위치 등에 대한 실시간 데이터를 통합하여, 3D 모델 구축

- (협업 및 의사결정) Virtual Singapore는 정부 기관의 데이터, 3D 모델, 인터넷의 정보, 사물 인터넷 장치의 실시간 동적 데이터를 포함한 다양한 데이터 소스를 통합
  - 여러 기관이 같은 지역에서 다양한 프로젝트의 계획과 설계를 공유하고 검토하는 것이 가능하여 다양한 설계옵션을 여러 부처가 동시에 협의하는 것이 가능

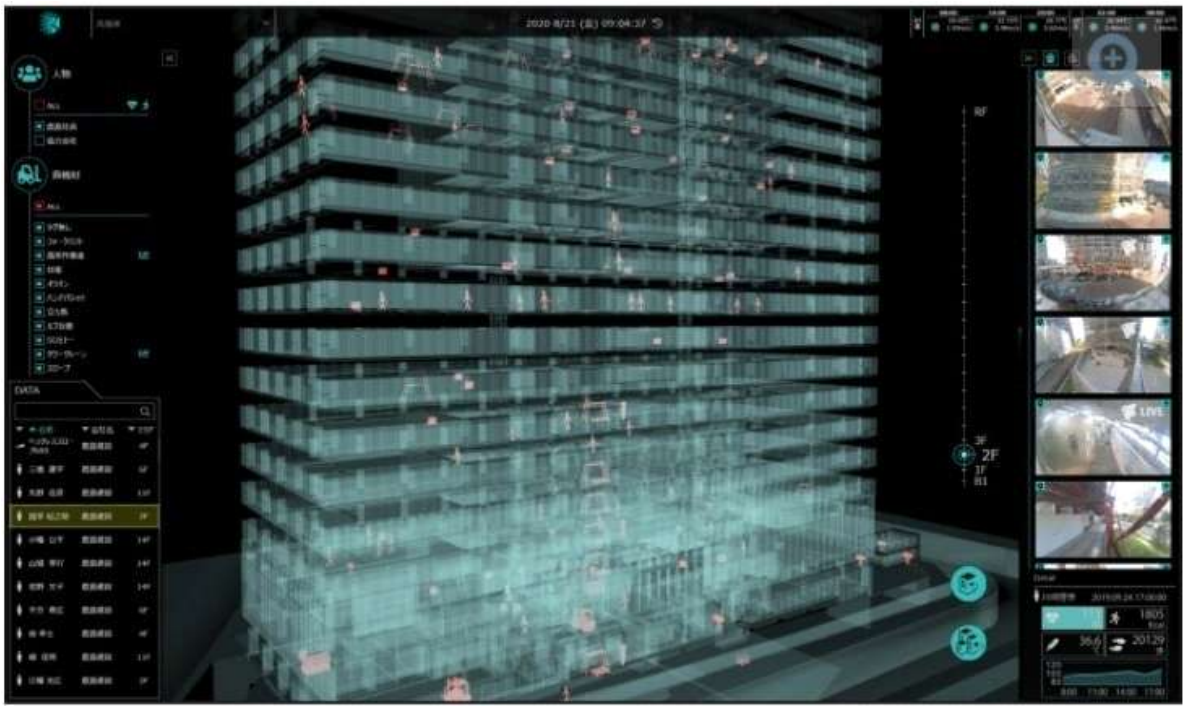
- (도시계획) Virtual Singapore는 주변 온도와 햇빛이 하루 종일 어떻게 변하는지에 대한 통찰력을 제공 할 수 있으며, 도시 계획자와 엔지니어는 시뮬레이션 및 모델링을 위해 Virtual Singapore에서 색상, 열 및 소음 지도를 오버레이 하여 검토를 하고 설계를 개시하는 것이 가능

- (신재생에너지 생산성 분석) 디지털트윈을 활용하여 효율적인 발전을 위한 태양광 발전 패널의 설치 장소를 검토하는 등 국가 전체의 에너지 효율 최대화, 인프라 오퍼레이션의 실시간 모니터링, 물류 및 사람의 이동 최적화, 정체 해소 및 대중교통 기관의 최적화 · 개선과 같은 효과

□ (**건설**) 일본 건설사들(가고시마, 고마츠)의 '디지털트윈' 적용 사례[9)]

- BIM을 활용하는 3D 설계 및 시공 시뮬레이션, 유지 관리 최적화를 추진하고 있으며, 가고시마 건설은 건축 현장을 원격 감시하기 위해 건설 현장의 디지털트윈인 '3D K-Feild'를 개발
  - 현장에 설치된 다양한 IoT 센서로 취득한 사람 · 사물 · 자동차 데이터를 가상공간에 표시함으로써 실시간으로 건설 현장의 상태를 모니터링

[건설(건축) 영역에서의 활용 사례. 가고시마 건설의 '3D K-Feild']



* 출처: 디지털트윈 - 최신 사례 4선 & 6가지 장점(IRS Global, 2022. 02.)

- 토목에서는 드론으로 지형 데이터를 취득하여 3차원 데이터(디지털트윈)를 만듦으로써 측량 프로세스의 효율을 향상하고 공정을 자동으로 생성
  - 고마츠는 디지털화 솔루션인 '스마트 컨스트랙션'을 통해 드론에 의한 센싱과 데이터의 점군화 처리를 실시, 토목 현장의 디지털트윈을 만듦으로써 진척 상황을 관리하는 서비스를 제공하여 측량의 효율을 크게 향상하여 약 4일이 걸리던 작업을 20분 만에 완료
  - 매일의 업무의 시작과 끝에 위와 같은 프로세스로 현장의 디지털트윈을 업데이트함으로써, 공정의 진척 상황을 가시화하고, 현장 책임자, 경영자의 신속한 의사 결정이 가능

9) 디지털트윈 - 최신 사례 4선 & 6가지 장점(IRS Global, 2022. 02.)

◎ 국내 사례

□ (**포스코ICT**) 포스코ICT는 포스코의 포항, 광양제철소 각각 1개 공정을 대상으로 시범 프로젝트를 진행 중이며, 기술 개발, 시범 적용을 거쳐 2025년까지 디지털트윈 팩토리 프레임워크를 완성한 후 현장에 확대 적용할 계획[10)]

- 2025년부터 전체 밸류체인과 고객까지 연결하는 디지털트윈 제철소를 구현하는 게 포스코의 목표로 디지털트윈 프레임워크는 기존 스마트팩토리에 3D 시각화와 시뮬레이션 기술을 더한 개념
- 포스코와 포스코ICT는 3D 게임 제작에 주로 쓰이는 3D엔진을 이용해 제철공정의 설비들을 3D로 만들어 현실세계의 현상을 가상공간에서 그대로 재연하고 시뮬레이션을 적용해 디지털트윈 팩토리를 구현하면 데이터가 없어도 도메인 지식을 바탕으로 예측이 가능
- 이를 위해 12만5000개에 달하는 제강작업 케이스를 모두 AI모델로 만들어 AI가 최적의 작업방식을 추천하고, 3D 시뮬레이션을 적용해 작업 효율성과 문제 해결력을 높이는 중
- 포스코 포항제철소는 세계 최초 AI 제어 시스템을 구축해 생산성과 품질을 대폭 개선한 성과를 인정받아 2019년 세계경제포럼(WEF)이 선정한 등대공장에 등재

[포스코 등대공장 지정 사유]

포스코 등대공장 주요 지정 사유

딥러닝 AI 기반 용광로 조업 자동 제어	제품원가의 60~70%를 차지하는 핵심공정	
	기존	개선 후
	-조업자 경험과 직관에 의존, 수동 조정에 의한 편차 발생 -용광로 공정 특성상 유효 데이터가 부족하고 비정형 데이터가 다수	-용광로 투입 전 원료 품질 측정 시스템 및 RADAR · 비전 등 스마트센서를 이용한 용광로 상태 모니터링 · -AI 기반 용광로 상태 최적화(편차 개선) 자동 제어
	생산량 증대 및 원료비 절감	
AI 기반 초정밀 도금 제어	고객사의 요구에 따라 도금 두께가 수시로 변동해 규격에 맞게 오차를 줄이는 것이 매우 중요	
	기존	개선 후
	-도금량 측정값을 회귀모델을 이용해 1차 오차보정을 실시하고 상황에 따라 작업자가 수동 개입해 최종 보정 -설비 · 강종(철강종류) 변화 시, 도금 두께 정확도 하락 및 편차 발생	-AI 기반 모델을 통해 도금량 측정값과 조업자 노하우를 학습해 정합성 확보 -AI 기반 학습 모델이 도금량을실시간 자동 제어함에 따라 설비 · 강종 변화에 유연하게 대응
	AI 모델을 적용한 세계 최초 AI 제어 시스템 구축	

자료:중소벤처기업부

* 출처: 스마트공장 한수 위… `디지털트윈 제철소` 만드는 포스코ICT(디지털타임스, 2022.07.27)

10) 스마트공장 한수 위… `디지털트윈 제철소` 만드는 포스코ICT(디지털타임스, 2022. 07. 27.)

□ (**한국조선해양**) 한국조선해양은 2022년 4월 선박 자율운항 계열사인 아비커스와 19일 경기 판교에 위치한 자사 시뮬레이션 검증시설 '힐스(HILS, Hardware-in-the-Loop Simulation)'에서 디지털트윈 기술을 기반으로 자율운항 여객선 시운전에 성공[11)]

- 2021년 1월 디지털트윈 기술이 적용된 '기관·항해 통합 시운전 기술(HiDTS)'을 세계 최초로 개발했고, 이 기술을 보다 적극적으로 활용하기 위해 영국 로이드(LR) 선급으로부터 기본인증(AIP)을 획득

- 이를 통해 실제 시운전에서 경험하기 어려운 극한의 조건에서도 선박 테스트가 가능해 졌고 실제 해상에서 진행되는 시운전을 가상공간에서 테스트해 이에 따른 비용이 최대 30%까지 절감하는 것이 가능

□ (**SK텔레콤**) SK텔레콤은 2021년 '디지털트윈 얼라이언스'를 출범

- 일반적으로 대기업은 이와 같은 설비를 스스로 구축할 수 있지만 자금 규모와 인프라가 비교적 열악한 중견 · 중소기업은 말처럼 쉽지 않기 때문에 디지털트윈 기술을 보다 많은 중소 업체들이 접할 수 있도록 관련 서비스를 선보일 방침

- 디지털트윈 기술을 제공하는 '구독형 디지털트윈 서비스' 출시를 위해 다쏘시스템, 슈나이더일렉트릭, 아마존웹서비스(AWS), SK플래닛, 플럭시티, 위즈코어, 버넥트, 한국전자기술연구원, 한국지능형사물인터넷협회 등 첨단 정보통신기술(ICT) 역량을 갖춘 20개 업체 및 기관들과 함께 디지털트윈 얼라이언스를 출범하고 사업협력 양해각서를 체결

□ (**한국남동발전**) 2021년 국내 발전사 최초로 디지털트윈(Digital twin)을 활용한 신재생에너지 설비점검시스템을 개발해 본격 운용[12)]

- 남동발전은 최근 중소기업인 포미트와 공동으로 드론 영상 입체 텍스처 기반의 신재생설비 점검·이력 관리시스템을 개발

- 인공지능(AI) 기반기술을 활용한 자율비행 드론으로 사진 및 영상 자료를 촬영하고, 이를 실제 설비를 가상화한 3D 모델에 일치시킨 후 설비상태를 관리할 수 있는 디지털트윈 기술을 접목한 시스템으로 풍력과 태양광설비에 대한 점검·이력을 관리

□ (**수자원공사**) 2021년 12월 디지털트윈 기반 물관리 플랫폼 'Digital GARAM+'를 론칭[13)]

- Digital GARAM+는 섬진강 유역을 대상으로 시범 구축되었으며, 기후위기에 따른 불확실성에 대응하고 댐 운영 효율성 제고와 의사결정 고도화를 위해 구축한 물관리 플랫폼

- 댐과 하천의 실시간 기상·수문 데이터 등을 연계, 분석해 가상과 현실세계를 실시간으로 동기화하고 시뮬레이션해 종합적인 댐 운영 의사결정을 지원하는 시스템

- 주요 기능으로는 3차원 지도기반 물관리 관측·시설 현황 조회, 홍수기 제약사항 관리, 과거 홍수 사상 이력 관리, 댐 운영 의사결정 등이 있음

11) [관점뉴스] '디지털트윈', 한국 기간산업 기술 진화 앞당긴다(뉴스투데이, 2022. 06. 06.)
12) 남동발전, 국내 발전사 최초 '디지털트윈' 활용 신재생설비점검·관리시스템 개발(인더스트리뉴스, 2021. 11. 02.)
13) 수자원공사 홈페이지

Ⅲ. 디지털트윈 기술

1 디지털트윈 구현단계

☐ 기술구현단계에 대한 제안 중 가장 많이 인용된 것은 가트너가 제시한 3단계로 “현실세계 복제”, “현실세계 통제(감시)”, “현실세계 최적화”로 구분

- (1단계 현실세계 복제) 트윈 모델에 속성정보를 입력하여 3D 시각화나 속성정보 변경을 통한 사전 시뮬레이션을 하는 정도를 의미
- (2단계 현실세계 통제(감시)) 1단계에서 한발 더 나아가 IoT 센서 등으로 실시간 데이터를 수집하고 이를 통해 현실세계와 트윈이 1대1 매칭되어 모니터링이 가능한 상태를 의미
- (3단계 현실세계 최적화) 운영 중인 모델을 기반으로 예측과 분석 시뮬레이션을 하고 이를 기반으로 현실세계의 시스템을 제어할 수 있는 수준을 의미

[디지털트윈의 구현단계]

* 출처: Use the IoT Platform Reference Model to Plan Your IoT Business Solutions, ‘16.09.17(Gartner, 2016. 09.)

☐ 한국전자통신연구원에서 ‘21년 발간한 ‘디지털트윈 기술보고서’에서는 상기기준에 의해 국내는 2단계 초반 정도의 서비스를 제공 중이라 판단했고, 세계적 기업들은 3단계에 가까운 정도라고 평가[14)]

- (국내) 국가 기반시설 및 SoC를 감시(모니터링)하는 초보적인 수준의 디지털트윈 기반 서비스 제공 중
- (국외) GE, Ansys, Siemens, Dassault Systems 등 세계적 기업들은 ”현실세계 최적화“를 제공할 수 있는 상용 플랫폼을 보유하고 있으며, 제조, 의료, 스마트시티 등 다양한 응용 서비스를 제공하고 있음

14) 디지털트윈 기술 보고서(ETRI, 2021. 01. 05.)

❑ 같은 자료에 의하면 디지털트윈 기술의 성숙도(수준)는 크게 아래와 같이 다섯 단계로 구분 가능하다고 제시하였으며 가트너가 제시한 3단계에 비해 조밀하고 구체적으로 표현되어 있으며, 자율주행 단계 등과 유사한 측면이 있어 수용하기 더 편한 측면이 있음

[디지털트윈 성숙도]

구분	명칭	개요
5	자율 디지털트윈 (Autonomous Digital Twins)	- 현실의 물리 트윈과 디지털트윈, 또한 다수 디지털트윈들 간의 실시간, 통합적, 자율/자동 동기화 동작 (사람의 개입 불필요)
4	상호작용 디지털트윈 (Interactive Digital Twins)	- 이종 도메인이 상호 연계되는 디지털트윈 간의 연합적 동작 모델 - 디지털트윈 간의 연계, 동기화 및 상호작용 작업(동작 수행을 위해 사람의 개입이 요구) - 디지털트윈 간의 데이터 인터페이스 버스(예: Digital Thread) 와 동기화를 통해 작용과 반작용의 상호작용을 할 수 있으나, 최종적인 실행 단계에서 관리자의 확인과 결정을 통한 개입이 필요 - 인터페이스 버스는 물리 트윈의 생애주기 전체 과정에 걸쳐 디지털트윈 상호 연동을 위한 데이터 흐름 채널로서 기능함
3	동적 디지털트윈 (Dynamic Digital Twin)	- 현실 대상에 대한 동작 모델이 존재함 - 동작 모델에 대한 입력 변수의 변화를 통해 변화되는 동작을 시뮬레이션 할 수 있음 - 현실 대상에게 이미 일어난 문제에 대해 로그 데이터를 바탕으로 동작 모델을 통해 문제를 재현하여 원인 분석을 할 수 있음 - 현실 대상과 디지털트윈은 데이터 링크(예: MTConnect)를 통한 동기화에 따라 작용과 반작용의 상호작용을 할 수 있으나, 최종적인 실행 단계에서 관리자의 확인과 결정을 통한 개입이 필요할 수 있음(시스템의 안정성과 신뢰성을 보장할 수 없는 경우에 사람의 개입 필요
2	정적 디지털트윈 (Static Digital Twin)	- 구축 때 설치되고, 고정되어 있고, 재구축 때 외에는 사실상 영구적인 통신 연결 - 행동 및 역학 모델은 없지만, 프로세스 논리가 적용되어 운영 - 실시간 모니터링 - 부분 자동 제어, 그러나 주로 인간의 개입을 통한 동작
1	형상모사 디지털트윈 (Look-alike Digital Twin)	- 2D 또는 3D로 모델링되어 시각화된 현실

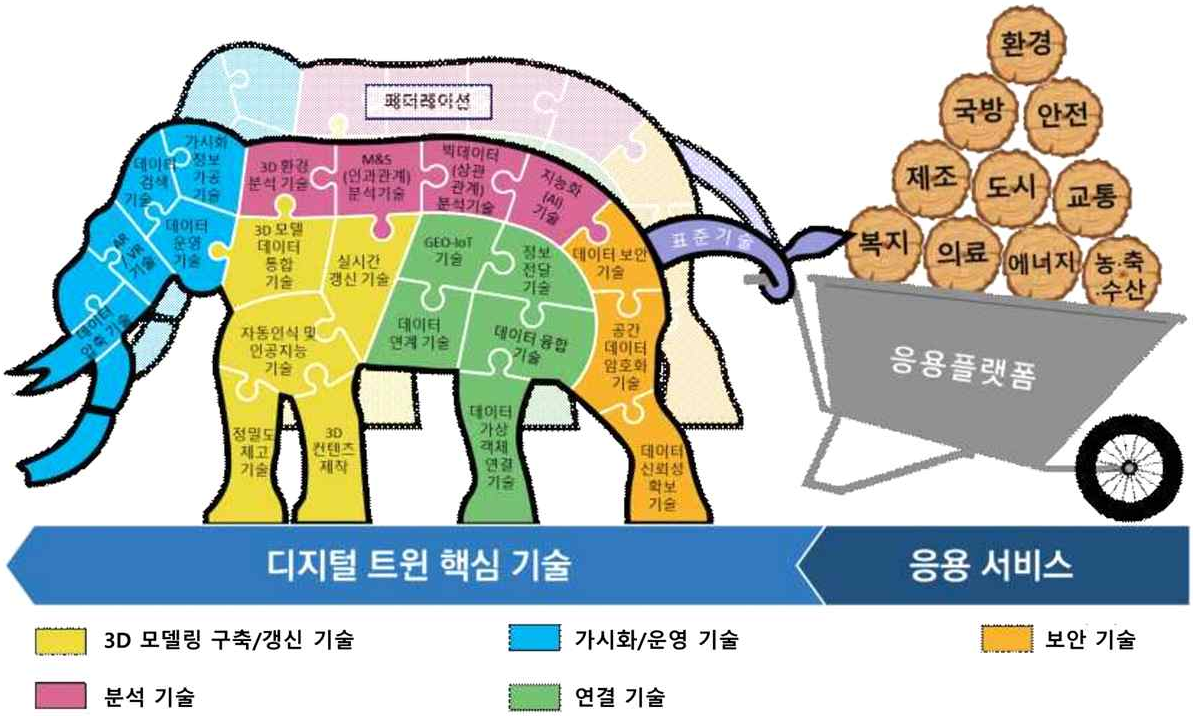
* 출처: 디지털트윈 기술 보고서(ETRI, 2021. 01. 05.)

2 디지털트윈 핵심기술

☐ **(실시간 연결기술)** 데이터와 가상객체의 연결기술, Geo-IoT 관련기술, 유관분야 데이터와 연계/융합기술

- 데이터는 제조현장의 다양한 장치에서 다양한 형태로 생성되고 있으며 설비, PLC/DCS, 각종 Smart Devices 등에서 발생하는 대량의 데이터를 신속하게 처리하기 위해서는 Millisecond 단위의 고속으로 데이터를 수신, 파싱, (표준)변환, 정제 및 전송 등 기능을 안정적으로 처리하는 기술이 필수적

[디지털트윈 핵심 기술과 지능화 융합 서비스]



* 출처: 디지털트윈 기술 보고서(ETRI, (2021. 01. 05.)

☐ (**분석/예측 기술**) 3차원 환경에 적합한 분석기술, 알고리즘 중심 분석기술, 빅데이터 분석 및 AI 활용 등의 선도적 기술

- 이를 위해 각종 장치, 설비, 센서로 부터 수신된 데이터를 설비 간, 전·후공정 간 연계 분석 및 조업-설비-품질 통합 분석이 가능하도록 데이터를 구조화하는 기술(데이터 간 연결고리를 만들어 주는 것)이 중요

- 또한 대용량 데이터 처리 기술과 각 저장소에 보관된 다양한 형태의 데이터를 원하는 형태로 추출~데이터 전 처리~탐색적 분석~분석 모델링~모델실행 및 관리를 지원하는 Big Data, AI 기술도 필요

□ (**현상 모사 기술**) 기존데이터 통합기술, 자동인식 및 인공지능기술, 실시간 갱신기술 등을 통해 실제 상황을 가상으로 실행하고 결과를 예측 가능하도록 함으로써 의사결정을 지원

- 설비의 기계적인 동작 메커니즘을 시뮬레이션 해 봄으로써 설비의 이상을 감지하거나, 제조공정 내 조업조건을 시뮬레이션 해 제품의 품질을 미리 예측해 봄으로써 양질의 제품을 생산하도록 하거나, 공정과정에 소요되는 원가를 예측해 최소비용으로 제품을 생산하도록 하는 등 다양한 분야에 활용

- 최근 대량 데이터를 저장할 수 있는 기술, 복잡한 알고리즘을 처리할 수 있는 컴퓨팅 성능의 향상으로 기존에 시도하지 못했던 다양한 상황에 시뮬레이션이 적용돼 디지털트윈의 획기적인 발전에 기여할 것으로 판단

□ **(현실 가시화 기술)** 디지털트윈에서 3D 가시화 기술은 디지털트윈 구현을 견인하는 또 하나의 핵심 기술

- 3D 시각화를 위한 핵심 과정은 3D 모델링이며, 이 과정의 결과물인 3차원 모델은 가상공간에서 현실세계의 물체를 실제 물체와 비슷한 모양과 질감을 가질 수 있도록 묘사하거나 혹은 물리적 환경을 모델링해 가상환경 속에서 물체의 모습을 만드는 것도 가능할 수 있음

- 3D 시각화 기술은 제조현장을 가상공간에 보다 실감나게 표현함으로써 조업자의 제조현장 상황에 대한 인지력 향상을 통해 생산성을 높이고, 문제 상황에 대한 신속한 대응을 통해 제품의 품질향상이 가능하도록 지원

□ (**사용자 경험 기술**) 3D 시각화와 더불어 실제 환경에 디지털 콘텐츠를 오버레이 하는 증강현실(AR, Augmented Reality)과 가상 세계에서 사람이 실제와 같은 체험을 할 수 있도록 하는 가상현실(VR, Virtual Reality) 기술 또한 차별화된 디지털트윈 구현을 위한 핵심 기술

- 이러한 기술들은 아직 보편화되지는 않았지만 많은 시도들이 진행되고 있고, 디지털트윈의 니즈 증대와 더불어 주요하게 적용될 것으로 전망

- 이러한 기술들은 완전히 새로운 기술이 아니고 이미 단독으로 활용되어 의미 있는 성과를 창출하고 있지만 복잡한 현실 세계를 다루는 디지털트윈 팩토리에서는 이러한 핵심기술들이 상호 연결돼 시너지를 제고할 수 있도록 융합하는 전략이 중요

□ (**보안기술**) 현실세계의 ICT 인프라 및 행위를 가상세계 모의를 통해 사이버 공격을 탐지 및 예측하여 사전에 최적의 보안 조치를 제시함으로써 사전/사후 대응이 가능한 사이버 자가방어 체계를 구축 하는 사이버보안 기술

- 디지털트윈의 특성 때문에 단순히 가상 세계인 사이버 시스템을 공격하던 기존의 공격과는 달리 사이버 공간을 통해 실제 물리 시스템을 공격하는, 완전히 새로운 형태의 공격기법인 사이버물리공격이 가능해진 상황이므로 이에 대한 보안시스템은 필수적[15)]

15) 디지털트윈 시대의 정보보호 정책과제(디지털트윈 기술 동향과 전망, 국토연구원, 2021. 04.)

3 디지털트윈 로드맵

□ 한국전자통신연구원에서 제시한 디지털트윈의 제품과 서비스에 대한 로드맵은 다음과 같음

분야		단기(~'23)	중기('26)	장기(~'30)
재난 안전	서비스	디지털트윈 기반 재난 위험도 관리 서비스	디지털트윈 기반 재난 예측·예방 중심 재난피해 저감 서비스 (개별재난)	디지털트윈 기반 전주기 재난·안전관리 서비스 (융복합 다중공간복합재난)
	제품	디지털트윈 기반 재난안전 위험도 관리 플랫폼	디지털트윈 기반 재난확산예측 서비스 플랫폼	디지털트윈 재난안전 서비스 플랫폼
농축 수산	서비스	디지털트윈 기반 팜 환경 관리 서비스	디지털트윈 기반 무인 자동화 팜 관리 서비스	디지털트윈 기반 생육/환경 전주기 관리 서비스
	제품	질병 방어를 위한 스마트팜 플랫폼	디지털트윈 기반 무인 자동화 팜 플랫폼	자율형 팜 운영 플랫폼
스마트 시티	서비스	전시적 디지털트윈도시 기반 도시운용 가상화서비스	전지적 디지털트윈 시 기반 도시운용 지능화 서비스	전능적 디지털트윈도시 기반 도시운영 자율화서비스
	제품	전시적 디지털트윈도시 기반 도시운용 가상화 서비스플랫폼	전지적 디지털트윈도시 기반 도시운용 지능화 서비스플랫폼	전능적 디지털트윈도시 기반 도시운영 자율화 서비스플랫폼
디지털 에너지	서비스	디지털트윈 기반 에너지 설비 운영 서비스	디지털트윈 기반 에너지 수급 상태 분석 서비스	디지털트윈 기반 에너지 수급 최적 제어 서비스
	제품	가상화 기반 에너지 자산 운영 감시 시스템	디지털트윈 기반 에너지 수급 상태 분석 시스템	디지털트윈 기반 에너지 수급 최적 제어 플랫폼
의료	서비스	디지털트윈 기반 질병 진단-예측 서비스	디지털트윈 기반 질병 예후 관리 서비스	디지털트윈 기반 AI 홈 주치의 서비스
	제품	의료정보를 활용한 디지털트윈 기반 질병 진단-예측 플랫폼	의료·생체정보를 활용한 디지털 트윈 기반 질병 예후 관리 플랫폼	디지털트윈 기반 AI 홈 주치의 플랫폼
제조	서비스	대규모 CPPS 최적 운영을 위한 디지털트윈 서비스	고신뢰·고정밀 보장 디지털 제조 트윈 서비스	지능형 디지털트윈 기반 자율 제조 서비스
	제품	대규모 CPPS 최적 운용 디지털트윈 관리 플랫폼	고신뢰·고정밀 지원 디지털 제조 트윈 플랫폼	지능형 디지털트윈 기반 자율제조 플랫폼
사이버 보안	서비스	가상환경 기반 사이버 공격 시뮬레이션 서비스	디지털트윈 기반 보안관제 서비스	디지털트윈 기반 인공지능 화이트 해커
	제품	AI 기반 사이버 공격 시뮬레이션서비스플랫폼	디지털트윈 기반 보안관제 플랫폼	사이버 공격 자율대응 사이버 자가방어 플랫폼

Ⅳ. 결론 및 시사점

❑ 전 세계는 디지털로의 전환이 가속화되고 있고, 기후와 환경문제, 그리고 사회적 불평등 문제의 해결이 중요한 이슈로 등장하고 있으며 이런 문제 해결의 중요한 도구로 디지털트윈을 적용하는 경우가 크게 증대

- 디지털트윈은 가상세계(Digital)에 실제 사물의 물리적 특징을 동일하게 반영한 쌍둥이(Twin)를 3D 모델로 구현하고, 이를 실제 사물과 실시간으로 동기화한 시뮬레이션을 거쳐 관제·분석·예측 등 해당 사물에 대한 현실 의사결정에 활용하는 기술을 의미

- 디지털 전환은 사업/업무의 관행, 수행체계, 정보화, 지능화, 자율동작 등을 통해 모든 것을 변화시키는 사고체계 전환을 유발하는 것으로서 디지털트윈은 이런 수단으로 활용되어 사회문제 해결의 중요한 도구로 필요성이 증대될 수 있음

- 디지털트윈의 거울상 쌍둥이 모델은 업무 절차, 수행체계, 동작 모델, 개인화 서비스 등에 대해 혁신적 변화를 만드는 데에 영감을 줄 수 있음

❑ 디지털트윈은 많은 장점을 가진 유용한 도구로 제조분야, 스마트시티, 물류분야, 건설분야 등 다양한 분야에서 활용되고 있음

- (가시화) 쌍둥이 모델의 형태로 가시화되어 고객들에게 사용상의 편리함과 친숙함을 제공할 수 있으며, 공급망의 운영체계를 거울상 쌍둥이 모델로 가시화하여 현황 파악과 대응을 직관적으로 빠르게 처리할 수 있도록 효율화 지원

- (추적관리) 제품과 서비스가 소비자들에게서 어떻게 사용·관리되는지 추적함으로써 제품과 서비스 품질 향상을 도모하는 데에 거울상 쌍둥이 모델이 직관화시키고, 시뮬레이션을 통해 대안을 찾을 수 있도록 지원

- (설계효율화) 실제 환경의 데이터를 활용하여 제품 설계 시뮬레이션을 수행할 수 있게 하여, 제품 설계를 효율화

- (운영관리) 예지보전과 실시간 모니터링 및 사전 대응 등 운영관리 측면에서 매우 효과적인 수단으로 유지보수의 효율성을 개선

- (지식공유) 디지털트윈은 전문가들의 지식을 가시화하는 수단으로 활용함과 동시에 새로운 시식을 만들어 낼 수 있어 지식을 창출하고, 확산하는 채널로서 기능

☐ 디지털트윈의 가장 높은 수준인 5단계 자율 디지털트윈은 서로 다른 디지털트윈이 연계하여 자율 최적화를 이루는 것이고 이를 위해 통합적 기술 혁신 필요

- (3단계) 디지털트윈을 구성하기 위한 세계적인 수준의 ICT 기술을 보유하고 있으나, 해당 기술들은 상호 융합하고 연합하는 동적 디지털트윈 기술 개발 필요
- (4단계) 다양한 문제가 상호 연결되어 발생하는 현실세계 문제를 해결하기 위해 다중 복합 응용 서비스 도메인 간 연계, 동기화 및 연합 가능한 상호작용 디지털트윈 기술 개발 필요
- (5단계) 복잡한 현실세계 문제를 해결하고 최적화하기 위해 상호작용 디지털트윈 모형들이 자율적으로 연계되고 통합되는 자율 디지털트윈 기술 개발 필요

☐ 디지털트윈은 아직 산업이라 말하기 어려운 초기이며 광범위한 산업적용을 위해서는 정부의 정책적 지원이 절실

- (초기) 다양한 목표의 시범사업을 통해 성공사례 확보, 기술수준 향상, 표준 개발, 효과 산정, 시범사업의 문제 도출을 통한 기술적 과제 확인 등이 필요
  - 제조, 건축, 도시, 물류, 에너지 등 디지털트윈 수요가 높은 각 분야별 디지털트윈 아키텍쳐와 각 구성 요소별 연구개발 로드맵을 구축하는 등 정부 주도의 실증사업 활성화 전략 필요
  - 디지털트윈은 아직 민간기업이 공격적으로 도입하기에는 위험요소가 많기 때문에 정부가 산업의 마중물 역할을 해주어야 하며 이를 위해 제품 생산 및 판매, 운영, 서비스의 제품수명 주기 전체에 공공 플랫폼이 제공될 수 있도록 정책적 지원이 필요하고, 디지털트윈은 특성상 상당한 고성능컴퓨터를 필요로 하므로 이에 대한 정책적 고려도 필요
- (성장기) 성공사례가 확산되면서 디지털트윈의 연계 통합이 이루어지는 시점이며, 예산 대비 효과 산정, 적용 분야별 다양한 데이터 축적, 시스템화, 새로운 서비스 개발을 이한 정책적 지원 필요
- (성숙기) 통합 디지털트윈이 나타나고 스마트국토, 완전 자동화 공장 등이 나타나는 시기로 민간 중심의 경쟁력 확보가 필요

☐ 중소기업의 입장에서 현재 디지털트윈을 위해 필요한 시스템을 한꺼번에 모두 갖추는 것은 매우 어렵기 때문에 디지털 경영이라는 전략적 관점에서 접근하는 것이 필요

- 디지털트윈의 성공적 도입을 위해서 가장 중요한 것은 도입의 목적을 분명히 하고 CEO가 의지를 보여주고 이것을 직원들과 공감대를 만들어야 함
- 디지털트윈은 비용이 많이 들어가고 준비단계도 긴 솔루션이기 때문에 큰 시행착오를 겪을 수 있어, 이를 최소화하기 위해서는 도입 목적을 정확히 하고 도입하려는 기업의 현재 수준을 아는 것이 우선
- 디지털트윈은 단계적으로 적용하는 것이 좋으며, 내부적으로 물리적 자산을 테스트하는 데 시간이 너무 오래 걸리거나 비용이 많이 드는 시나리오를 시뮬레이션하는 경우에 우선도입하고, 외부적으로 고부가가치 제품에 대해서 고객이 중요시 하는 부분부터 우선 적용하는 것이 올바른 방향
- 디지털트윈은 융합된 전체 최적화가 중요하므로, 도입 준비단계부터 융합 최적화를 고려한 설계를 통해 실패를 최소화하는 것이 중요

참고문헌

1. 디지털트윈 활성화 전략(정보통신전략위원회, 2021. 09.)
2. 디지털트윈의 개념과 기술 및 산업 분야별 활용 사례(지능정보기술동향, 2021. 05.)
3. 빨라지는 디지털 전환, 지금 주목해야 하는 ICT 트렌드(LX인터네셔널 블로그, 2022. 03. 30.)
4. Digital Twin Market(marketsandmarkets, 2022. https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html?gclid=CjwKCAjw4JWZBhApEiwAtJUN0AJllTruj4Pl4sveFYtHAydd5LM1JzpFZ1dfli1wP5N-q_GZ2fnVxRoCRlIQAvD_BwE)
5. 인더스트리 4.0과 디지털트윈(Deloitte Anjin Review, 2017. 09.)
6. 디지털트윈 기술 보고서(한국전자통신연구원, 2021. 01. 05.)
7. 제조업&도시형의 디지털트윈 사례(투이컨설팅, 2022. 08. 16.)
8. Keynote_Digital Twin 기반 스마트 제조혁신_포스코ICT_김미영 상무(서울 스마트팩토리 컨퍼런스&엑스포, 2022. 06. 24. https://www.youtube.com/watch?v=WHM0BFjbsIo)
9. 스마트공장 한수 위… `디지털트윈 제철소` 만드는 포스코ICT(디지털타임스, 2022. 07. 27.)
10. [관점뉴스] '디지털트윈', 한국 기간산업 기술 진화 앞당긴다(뉴스투데이, 2022. 06. 06.)
11. 남동발전, 국내 발전사 최초 ‘디지털트윈’ 활용 신재생설비점검·관리시스템 개발(인더스트리뉴스, 2021. 11. 02.)
12. 디지털트윈 - 최신 사례 4선 & 6가지 장점(IRS Global, 2022. 02)
13. 혁신성장품목보고서-디지털트윈(한국IR협의회, 2021. 07. 01.)
14. 디지털트윈의 꿈 (개정증보판)(한국전자통신연구원, 2022. 06. 30.)
15. 주요국의 디지털트윈 추진 동향과 시사점(IITP, 2020. 02. 14.)