

미래 인재로의 도약, 스마트기술 기반 다지기	
13차시	디지털 트윈과 CPS

## 1. 디지털 트윈의 이해

### 1) 디지털 트윈 및 관련 개념

#### 가. 디지털 트윈의 개요

디지털 트윈(digital twin)은 미국 제너럴 일렉트릭(GE)이 주창한 개념이다. 컴퓨터에 현실 속 사물의 쌍둥이를 만들고, 현실에서 발생할 수 있는 상황을 컴퓨터로 시뮬레이션함으로써 결과를 미리 예측하는 기술이다. 디지털 트윈은 제조업뿐 아니라 다양한 산업·사회 문제를 해결할 수 있는 기술로 주목 받고 있다. 그리고 기본적으로는 다양한 물리적 시스템의 구조, 맥락, 작동을 나타내는 데이터와 정보의 조합으로, 과거와 현재의 운용 상태를 이해하고 미래를 예측할 수 있는 인터페이스라고 할 수 있다. 물리적 세계를 최적화하기 위해 사용될 수 있는 강력한 디지털 객체로서 운용 성능과 사업 프로세스를 대폭 개선할 수 있다.

디지털 트윈은 공장 장비의 단일 부품부터 풍력 터빈 및 전체 도시와 같은 전체 설비에 이르기까지 실제 환경의 많은 항목을 복제할 수 있다. 디지털 트윈 기술을 사용하면 자산의 성능을 감독하고 잠재적 결함을 식별하며 정보를 바탕으로 유지 관리 및 수명 주기에 대한 결정을 내릴 수 있다.

디지털 트윈의 개념은 NASA가 1960년대에 최초로 구상했다. NASA는 아폴로 13호의 달 착륙 미션에서 엄청난 잠재력을 보여줬다. NASA는 아폴로 13호 우주선에 시스템 시뮬레이터를 설치했는데, 이 시뮬레이터는 통신을 통해 우주 공간의 실제 우주선에서 업데이트를 받을 수 있었다. 이를 통해 NASA 엔지니어는 출발 전에 우주비행사와 엔지니어 간의 상황 시뮬레이션을 실행할 수 있었고, 1970년 실제 미션에서 문제가 발생했을 때 유용하게 사용된 바 있다. 당시 지상의 엔지니어들은 지구에 있는 모델을 참조하며 미션이 재난으로 끝나지 않도록 우주에 있는 우주비행사와 함께 문제를 해결할 수 있었다. 그런데 디지털 트윈이 주목받은 것은 최근 일이다. 가트너는 2017년부터 10대 유망기술에 디지털 트윈을 포함시켰기 때문이다.

디지털 트윈이 이미 많은 업계에서 사용되고 있지만, 앞으로도 수요가 계속 증가하면서 시장이 빠르게 확장되고 있다. 2020년 디지털 트윈 시장은 31억 달러 규모로 추산된다. 일부 업계 분석가들은 적어도 2026년까지 디지털 트윈 시장이 급상승을 이어나가며 482억 달러에 달할 것으로 추정하고 있다.

#### 나. 각 분야별 디지털 트윈에 대한 정의

NASA로부터 구상된 디지털 트윈은 제조를 넘어 다양한 분야로 확산되고 있다. 그러다 보니, 근본적인 철학이나 내용은 크게 다르지 않지만, 각 분야에서 활용 측면을 고려하여 각기

다른 개념으로 디지털 트윈을 정의하고 있다. 이를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 제조 분야에서는 물리세계의 제조 자원(Machine, Material 등)을 가상공간에 모사하고, 실시간 연결하여 가상공간에서 제품의 설계, 생산, 유지보수 등에 요구되는 다양한 시뮬레이션을 수행하여 의사결정을 가능하게 하는 지능화 융합기술이라 정의하고 있다.

둘째, 농축수산 분야에서는 디지털 공간상에 가상의 팜(plant, animal, aqua 등)을 구축하고, 실제 팜과의 데이터 연동을 통해 환경·생육 관리에 필요한 다양한 시뮬레이션을 수행함으로써 최적의 팜 운영·사육 환경을 예측·제공하는 지능화 융합기술이라 정의하고 있다.

셋째, 에너지 분야에서는 디지털 모델링으로 현실세계의 전력 수급 체계에 동기화된 가상의 에너지 수급 체계를 구축하고, 데이터 수집/분석과 시뮬레이션을 통해 수요자 맞춤형 에너지 수급 최적화 기술 등을 제공하는 디지털 에너지 지능화 융합기술이라 정의하고 있다.

넷째, 의료 분야에서는 현실세계의 건강정보 및 의료자원 정보로부터 생성된 가상의 의료 환경에서 질병의 진단 및 맞춤형 치료 방법을 제시하고 질병의 예후를 예측·관리하는 환자 중심의 디지털 의료 지능화 융합기술이라 정의하고 있다.

다섯째, 보안 분야에서는 현실세계의 정보인프라 및 행위를 가상세계 모의 및 시뮬레이션을 통해 사이버 공격을 탐지·예측하여 사전에 최적의 보안 조치 및 사후 대응이 가능한 사이버 보안 지능화 융합기술이라 정의하고 있다.

여섯째, 스마트시티 분야에서는 다양한 도시문제를 해결하기 위해 현실공간을 모사한 가상 공간 모형에 실세계 정보를 실시간 반영하여 도시 현안을 감시·진단·예측하고 데이터 기반의 해결 방안을 사전에 학습·시험·검증할 수 있는 지속 가능한 도시관리 지능화 융합기술이라 정의하고 있다.

일곱째, 재난안전 분야에서는 현실세계의 다양한 문제점의 가상세계 모의를 통해 재난, 산업 피해확산을 사전에 차단하거나 최소화하기 위한 예측·예방 중심의 전주기 재난안전 관리 지능화 융합기술이라 정의하고 있다.

#### **다. CPS**

인더스트리 4.0은 공장의 완전 자동화를 추구하는 패러다임이라 할 수 있다. 그런데 완전 자동화를 위해서는 어떤 기술이 적용되어야 하는지가 문제가 된다. 독일은 '사이버 물리 시스템(CPS)'에서 해답을 찾았다.

사이버물리시스템(CPS, Cyber-Physical Systems)은 현실과 가상을 이어주는 기술을 뜻한다. 현실의 정보를 가상에 투여할 수 있고, 가상의 정보를 현실에 반영할 수 있다. 이러한 기능이 공장 자동화와 어떻게 관련이 있는 것일까? 시스템을 가상공간으로 생각하면 이해가 쉽다. 공장을 자동화하기 위해서는 시스템이 이를 제어할 수 있어야 한다. 그런데 이를 위해서는 시스템이 현실의 정보를 알아야 한다. 이에 따라 CPS가 중요하게 된 것이다.

공장제어시스템은 사물인터넷(IoT)을 통해 제조 공장의 상황을 파악할 수 있다. 이는 정보가 현실에서 가상으로 넘어가기 때문에 가능해진 것이다. 혹은 공장제어시스템은 IoT를 통해 공장 내의 설비를 제어할 수 있는데, 이는 가상에서 내린 명령이 현실에 반영되는 것으로 볼 수 있다.

CPS는 우리가 살아가는 물리 세계와 사이버 세계와의 융합을 추구하는 새로운 패러다임이다. CPS는 다수의 센서, 액추에이터, 제어기기들이 네트워크로 연결되어 복합 시스템을 구성하고 물리 세계 정보를 습득, 가공, 계산, 분석하여 그 결과를 액추에이터 시스템을 통하여 물리 세계에 적용한다. 이를 통해 지속적으로 일어나는 변화에 능동적으로 적응하는 것에 중점을 두고 있다. CPS는 단순한 연결성을 뛰어넘어 어떻게 물리 시스템을 높은 신뢰성을 가지고 실시간으로 제어할 수 있는지에 주목한다는 점에서 뚜렷한 차이가 있다.

CPS는 다양한 분야에 적용되어 안정성, 효율성, 신뢰성, 보안성에 혁신적인 변화를 가져와 새로운 부가 가치를 창출한다. 핵심적인 응용 분야로 스마트 팩토리, 스마트 교통 시스템, 스마트 그리드, 스마트 헬스케어 시스템, 스마트 홈/빌딩 시스템, 스마트 국방 시스템, 스마트 재해대응 시스템에 활용되리라 예상한다.

이상 CPS에 대한 설명을 고려해 볼 때, CPS와 디지털 트윈은 다소간의 차이를 보이는 것 같지만, 같은 방향을 추구한다고 할 수 있다.

#### **다. 디지털 트윈 대 시뮬레이션**

디지털 트윈과 시뮬레이션은 모두 가상 모델을 기반으로 한 시뮬레이션 방식이지만, 몇 가지 차이점을 보인다. 즉 디지털 트윈과 시뮬레이션은 모두 디지털 모델을 통해 시스템의 다양한 프로세스를 복제하지만, 디지털 트윈은 실제적인 가상 환경이기 때문에 연구 대상이 훨씬 더 풍부하다.

첫째, 규모면에서 차이를 보인다. 시뮬레이션은 일반적으로 하나의 특정 프로세스를 연구하는 반면, 디지털 트윈은 다양한 프로세스를 연구할 수 있도록 유용한 시뮬레이션을 얼마든지 실행하는 것이 가능하다. 디지털 트윈은 광범위한 분야와 관련된 향상된 데이터를 지속적으로 업데이트하고 가상 환경에 수반되는 추가 컴퓨팅 성능을 접목하여 표준 시뮬레이션보다 훨씬 더 다양한 문제를 연구할 수 있다.

둘째, 복잡성에서도 차이를 보인다. 시뮬레이션은 일반적으로 설계에 사용되며, 경우에 따라 오프라인 최적화에도 사용된다. 설계자는 시뮬레이션에 변경 사항을 입력하여 what-if 시나리오를 관찰한다. 반면 디지털 트윈은 실시간으로 상호 작용하고 업데이트할 수 있는 복잡한 가상 환경이라 할 수 있다. 자동차 시뮬레이션을 예로 들어 보자. 신규 운전자는 몰입형 교육 경험을 제공받고, 다양한 자동차 부품의 작동 원리를 배우고, 가상 주행을 통해 다양한 실제 시나리오를 경험해볼 수 있다. 하지만 시나리오는 실제 자동차와는 관련이 없다. 반면 차량의 디지털 트윈은 실제 차량에 연결되어 있으며, 중요한 성능 통계, 과거에 교체된 부품, 센서에서 관찰된 잠재적 문제, 이전 서비스 기록 등 실제 차량에 대한 모든 정보가 반영되어 있다.

셋째, 사용하는 데이터의 실시간성에서도 차이를 보인다. 시뮬레이션의 경우 일반적으로 실시간 데이터는 도움이 되지 않는다. 반면 디지털 트윈은 객체 센서가 시스템 프로세서에 관련 데이터를 제공 시 최초로 발생하고, 프로세서에 의해 생성된 인사이트가 기본의 소스 객체와 재공유될 때 또 다시 발생하는 양방향 실시간 정보 흐름을 중심으로 이루어진다.

## 2) 디지털 트윈의 유형과 장단점

### 가. 디지털 트윈의 유형

디지털 트윈은 제품 확대 수준에 따라 다양한 종류가 존재한다. 동일한 시스템 내에서 여러 유형의 트윈이 함께 실행되는 경우가 많다. 일부 디지털 트윈은 객체의 한 부분만 복제하지만, 가상 표현을 제공하는 데 있어 모두 중요하다. 디지털 트윈은 일반적으로 구성 요소 트윈, 자산 트윈, 시스템 트윈, 프로세스 트윈 등으로 구분할 수 있다.

첫째, 구성요소 트윈 또는 파트 트윈(part twin)은 작동하는 구성요소의 가장 작은 디지털 트윈의 기본 단위이다. 구성 요소 트윈은 전체 시스템의 한 부분을 디지털로 표현한 것이다. 이는 풍력 터빈 내의 모터와 같이 자산을 운영하는 데 필수적인 부분이다.

둘째, 두 개 이상의 구성요소가 함께 작동하면 자산이 형성된다. 즉 자산 트윈은 보다 포괄적인 시스템의 일부로서 함께 작동하는 두 개 이상의 구성요소를 의미한다. 자산 트윈은 구성요소가 상호 작용하는 방식을 가상으로 나타내며, 분석하여 정보에 입각한 결정을 내릴 수 있는 성능 데이터를 생성한다.

셋째, 시스템 트윈 또는 유닛트윈(unit twin)은 자산 트윈보다 더 높은 수준의 추상화를 말한다. 시스템 트윈은 서로 다른 자산이 어떻게 결합되어 전체 작동 시스템을 형성하는지 확인할 수 있게 해준다. 즉 시스템 트윈은 다양한 자산이 더 광범위한 시스템의 일부로서 함께 작동하는 방식을 보여준다. 시스템 트윈 기술이 제공하는 가시성을 통해 성능 향상 또는 효율성 제고를 위한 결정을 내릴 수 있다.

넷째, 프로세스 트윈(process twin)은 전체 객체의 디지털 환경을 보여주고 다양한 구성 요소, 자산 및 유닛이 함께 작동하는 방식에 대한 인사이트를 제공한다. 예를 들어, 디지털 프로세스 트윈은 전체 제조 시설의 운영 방식을 디지털 방식으로 재현하여 그 안에 있는 모든 구성 요소를 한눈에 보여줄 수 있다. 프로세스 트윈은 궁극적으로 전체의 효율성에 영향을 미치는 정확한 타이밍 체계의 결정에 도움이 된다.

### 나. 디지털 트윈의 장단점

그렇다면 디지털 트윈을 도입함으로써 얻을 수 있는 장단점은 무엇이 있을까? 이에 대해 정리해보자. 디지털 트윈으로 가장 큰 성공을 거둔 업계는 바로 대규모 제품 또는 프로젝트 분야이다. 예를 들어, 엄격한 엔지니어링 규정이 적용되는 건물, 교량, 기타 복잡한 구조물 등에 관한 대규모 현장 프로젝트에서 큰 가치를 창출할 수 있다. 또한 제트 터빈, 자동차, 항공기 등 복잡한 기계와 엔진의 효율성을 향상시키는 데 도움을 줄 수 있다. 특히 기계 시스템이 함께 작동하는 환경의 제조 프로젝트에서 프로세스 효율성을 간소화하는 데 탁월한

효과를 창출한다. 이와 같이 디지털 트윈은 많은 장점을 가지고 있다.

첫째, 디지털 트윈은 장비가 완전히 고장날 때까지 기다리는 것이 아니라 초기 문제 징후가 나타날 때 미리 조치를 취할 수 있도록 하는 예측 기능을 가지고 있다. 특히 수천 개의 장비로 구성되어 있는 경우에도 제조 플랜트, 상업용 건물 또는 시설에 대한 완벽한 시각적 및 디지털 보기를 제공할 수 있다. 스마트 센서는 모든 구성 요소의 출력을 모니터링하여 문제 또는 결함이 발생할 경우 플래그를 표시한다.

둘째, 디지털 트윈은 가상화되어 있는 특성상, 시설을 원격으로 모니터링하고 제어할 수 있게 해준다. 원격 모니터링이 가능하므로 위험한 산업 장비를 검사하기 위한 리스크와 필요 인원을 줄일 수 있다.

셋째, 디지털 트윈은 실제 제품 및 시설이 만들어지기 전에 디지털 복제본을 만들어 생산 시간을 단축할 수 있게 된다. 시나리오를 실행함으로써 고장이 발생할 경우 제품 또는 시설이 어떻게 반응하는지 확인하고 실제 생산 전에 필요한 부분을 변경할 수 있게 해준다.

넷째, 디지털 트윈은 가능한 성능 결과에 대한 풍부한 데이터를 생성함으로써 제품의 연구와 설계를 보다 효과적으로 수행하도록 지원한다. 이러한 정보는 기업이 생산을 시작하기 전에 필요한 제품을 개선하는 데 도움이 되는 인사이트를 제공하기도 한다.

다섯째, 디지털 트윈이 제공하는 실시간 정보와 인사이트를 활용하면 장비, 플랜트 또는 시설의 성능을 최적화할 수 있다. 발생하는 문제를 미리 처리해주므로, 시스템이 최대 성능으로 작동하도록 보장하고 가동 중지 시간을 줄일 수 있다.

여섯째, 디지털 트윈은 신제품이 생산에 돌입한 후에도 전체 제조 공정에 걸쳐 생산시스템을 미리링하고 모니터링함으로써 최고의 효율성을 달성하고 이를 유지할 수 있게 해준다.

일곱째, 디지털 트윈은 제조업체가 제품 수명 주기(PLC, Product Life Cycle)가 끝나고 재활용 또는 기타 조치를 통해 최종 처리를 해야 하는 제품에 대해 무엇을 어떻게 해야 할지 결정하는 데 도움을 준다. 디지털 트윈을 사용함으로써 생산해야 하는 제품의 원자재를 결정할 수 있다.

반면 기술적으로 초기단계인 현재, 디지털 트윈을 구현하고 운영하는데 상당한 비용이 발생한다. 즉 디지털 트윈 구현을 위해 많은 투자를 요구하기 때문에 항상 경제적인 것도 아니다. 또한 사이버상의 대량의 정보를 담기 때문에 보안 측면의 리스크를 항상 가지고 있으며, 이에 대한 대응책이 필요한 것이다.

## 2. 디지털 트윈의 작동 원리와 활용

### 1) 디지털 트윈의 작동 원리

디지털 트윈은 물리적인 물체를 정확하게 반영하도록 설계된 가상 모델이다. 가령, 풍력 터빈과 같은 연구 대상에는 중요한 기능 영역에 대한 다양한 센서가 장착되어 있고, 센서는 에너지 출력, 온도, 날씨 조건 등과 같은 물리적 물체에 내재된 성능의 다양한 측면과 관련한 데이터를 생성한다. 그 데이터는 처리 시스템으로 전달되며 디지털 복사본에 적용된다. 이러한 데이터를 전달받은 후, 가상 모델을 통해 시뮬레이션을 실행하고 성능과 관련한 문제를 조사하며 이용 가능한 개선 사항을 생성하게 된다. 이러한 모든 작업의 목표는 바로 귀중한 인사이트를 생성하는 것이며, 이를 통해 획득한 인사이트는 기존의 물리적 개체에 재적용이 가능하게 된다.

즉 디지털 트윈은 가상 환경에 있는 물리적 자산의 기능, 특성, 동작 등을 디지털로 복제하는 방식으로 작동한다. 자산의 실시간 디지털 표현은 제품에서 데이터를 수집하는 스마트 센서를 사용하여 생성된다. 제조 환경에서 디지털 트윈은 초기 제품 테스트부터 실제 운영 및 폐기에 이르기까지 자산의 수명 주기 전반에 걸쳐 이 표현을 사용할 수 있다.

## 2) 디지털 트윈의 기술과 발전 5단계

### 가. 디지털 트윈 적용 기술

디지털 트윈의 핵심은 현실을 "복제"해 현실과 똑같은 환경을 구현한다는 것이다. 디지털 트윈에서는 가상현실을 단순히 구현하고 보여주는 것보다 더욱 사실적으로 현실을 반영하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 먼저 현실 사물의 데이터를 대량 확보해야 하는데, 여기에 사물인터넷(IoT)이 사용된다. 통신 기술을 활용해 지속적으로 대량의 데이터를 전송하고, 이 데이터들로 디지털 트윈을 작동하게 한다.

특히 디지털 트윈은 사물인터넷(IoT), 초고속 네트워크(5G), 인공지능(AI) 등 4차 산업혁명 주요 기술을 집약해 만들어낸 '현실의 쌍둥이'라 할 수 있다. 이러한 디지털 트윈은 스마트 시티, 스마트 팩토리, 지능형 교통체계 등 다양한 산업에 접목되면서 현실에서 발생할 수 있는 문제를 디지털 세계에서 사전에 파악하고, 미리 대응할 수 있도록 해준다.

구현된 디지털 트윈은 AR(증강현실)이나 VR(가상현실)로 감상하거나 운영할 수 있고, 인공지능을 이용해 여러 변수를 대입하며 산업 현장에서 실험에 사용되기도 한다. 현실을 복제한 디지털 트윈을 제대로 개발 및 운영하려면 IoT, 인공지능, AR&VR, 통신 기술 등 상황에 적합한 디지털 기술을 골고루 갖춰야 한다. 결국 디지털 트윈은 그냥 단순하게 디지털 모델을 만드는 것이 아니라, 현재 사용되는 모든 디지털 기술을 통합해서 사용된다고 할 수 있다.

### 나. 디지털 트윈 기술의 발전 5단계

현실 세계의 현상들은 유기적이고 복잡적(Complexity)이어서 이를 하나의 디지털 트윈 모델로 모델화하기에는 어려움이 많다. 따라서 전문가들은 디지털 트윈 기술 발전 단계를 5단계로 확장하여 설명하고 있다.

디지털 트윈 1~3단계에서는 현실 세계를 디지털 세계로 복제하고, 관제 및 최적화한다. 즉, 하나의 현실 세계를 하나의 디지털 세계로 변환하고 그 안에서 최적화를 수행한다. 4단계에

서는 복잡한 현실 세계를 최적화하기 위해 각각 최적화된 단일 디지털 트윈들을 상호 연계한다. 그리고 5단계에서는 유기적으로 연결된 디지털 트윈들이 현실 세계의 문제점을 자율적으로 인지하고 최적화를 수행한다.

### 3) 디지털 트윈의 활용

#### 가. 디지털 트윈의 활용 산업

디지털 트윈(Digital Twin)은 물리적 자산, 시스템 또는 프로세스에 대해 소프트웨어를 이용하여 디지털로 표현하는 것을 의미한다. 특히 실시간 분석을 통해 대상을 감지, 예방, 예측 및 최적화하여 비즈니스 가치를 제공하는 역할을 수행한다. 근래 들어 디지털 트윈을 활용하는 산업이 제조로부터 자동차, 건설, 의료서비스, 에너지, 대형 구조물 설계 등의 산업 분야로 확대되고 있다.

첫째, 제조 산업은 디지털 트윈의 가장 폭넓은 활용 산업이다. 즉 디지털 트윈은 설계 및 계획부터 기존 시설의 유지 관리에 이르기까지 전체 제품수명주기관리(PLM, Product Lifecycle Management)에 사용된다. 디지털 트윈 프로토타입(prototype)을 사용하면 장비를 지속적으로 모니터링하고, 전체 플랜트 또는 플랜트의 특정 부분이 어떻게 작동하는지 보여주는 성능 데이터를 분석할 수 있다.

둘째, 자동차 산업에서는 디지털 트윈을 사용하여 차량의 디지털 모델을 만든다. 자동차는 다양한 유형의 복잡한 공동 작동 시스템이 사용되기 때문에 디지털 트윈은 차량 성능을 향상시키고 생산 효율을 높이기 위해 자동차 설계에 광범위하게 활용된다. 즉 사전에 차량 디자인·구성요소에 대한 시뮬레이션 기술로 자동차에 대한 반응도 알 수 있다. 예를 들면, 배터리의 최대 주행거리 테스트를 하거나 차 안에 아이가 있다고 가정한 경우의 충돌 테스트를 할 수가 있다. 또한 디지털 트윈은 소프트웨어, 기계 및 전기 모델뿐만 아니라 차량의 물리적 동작에 대한 인사이트도 제공한다. 디지털 트윈은 부품 성능 문제가 발견되면 서비스 센터 또는 사용자에게 즉시 알릴 수 있기 때문에 예측 유지 보수가 중요한 자동차 분야에 매우 적합하다.

셋째, 건설 산업은 디지털 트윈을 활용하여 주택, 상용 건물 및 인프라 프로젝트를 보다 효과적으로 계획하고, 기존 프로젝트가 어떻게 진행되고 있는지 실시간으로 파악할 수 있다. 또한 건축가는 건물의 3D 모델링과 디지털 트윈 기술을 결합하는 방식으로, 프로젝트 계획의 일환으로 디지털 트윈을 이용한다. 상용 건물 관리자는 디지털 트윈을 사용하여 실내 및 실외의 실시간 온도와 이전 온도, 사용 현황 및 공기질 데이터를 모니터링하여 입주자의 편의를 개선한다.

넷째, 디지털 트윈은 의료 산업 분야에서도 다양하게 활용된다. 여기에는 전체 병원, 기타 의료 시설, 실험실 및 인체의 가상 트윈을 구축하여 신체 장기를 모델링하고 시뮬레이션을 실행함으로써 환자가 특정 치료법에 어떻게 반응하는지 보여주는 것이 포함된다.

다섯째, 디지털 트윈은 에너지 분야에서 전략적 프로젝트 계획을 지원하고 해양 플랜트, 정

제 시설, 풍력 발전 단지 및 태양열 프로젝트와 같은 기존 자산의 성능과 수명 주기를 최적화하는 데 널리 사용된다. 특히 디지털 트윈은 제트 엔진, 기관차 엔진, 발전 터빈을 비롯한 대형 엔진의 유지보수 기간 설정을 최적으로 맞추게 해 엄청난 이익을 가져다준다.

여섯째, 대형 건물이나 해상 시추 작업장과 같은 대형 현장 구조물은 설계 과정에서 디지털 트윈을 통해 개선이 가능해진다. 또한 이러한 구조물에서 작동하는 HVAC 시스템과 같은 것들을 설계하는 데에도 유용하다.

#### **나. 제조에서의 디지털 트윈**

사이버 공간에서 실제 장비나 공간을 똑같이 구현하는 기술인 디지털 트윈(Digital Twin)은 이미 제조 분야에서 주목받는 기술이다. 제조 산업에서 디지털 트윈은 초기 구현에 상당한 비용이 들어가며 대량의 정보로 인한 복잡성 및 보안 문제가 있음에도 불구하고, 제품의 품질 향상, 개발 비용 절감과 개발 기간 단축의 효과가 커 활용 가능성이 매우 크다. 또한 운영 단계에서의 지속적인 최적화를 통해 운영비용을 절감할 수 있으며, 디지털 스레드를 통한 정보의 보존과 연속성 확보 또한 장점이라 제조 분야에서 주목받는 기술인 것이다.

최근 주요 PLM(Product Lifecycle Management) 공급업체들은 현실과 가상을 연결해 상호작용하는 데이터를 활용해 제품 제작 전에 시뮬레이션하도록 지원하고 있다. 이를 통해, 실물이 존재하기 이전에 실물과 유사한 3D 모델을 예측한다. 여기에 사람, 제품 및 설비, 콘텐츠와 서로 유기적인 상관관계를 연결해 새로운 혁신의 방향을 찾는다. 현실을 비추거나 현실 세계와는 다르지만 현실세계와 동일한 물리 모델을 사용하는 가상 세계를 통한 디지털 트윈 기반 제조는 시간과 공간 제약을 뛰어넘어 제품, 환경, 인간 모두에게 도움을 주고 있다.

#### **다. 기업에서의 디지털 트윈 적용 분야**

기업이 구현하고 활용하는 디지털 트윈의 핵심 영역은 시뮬레이션이라 할 수 있다. 중요한 것은 물리적이고 시각적인 실험뿐만 아니라 데이터 분석을 통해 현상을 해석하고 대안을 도출하는 것도 포함된다는 점이다. 즉 가상 환경을 활용해 의사결정을 지원할 수 있는 다양한 방법론이 모두 디지털 트윈에서의 시뮬레이션이다. 예를 들어, 공장에서는 각종 설비 데이터가 가상공간에 표현되고 시뮬레이션을 통해 장비를 운전해 보며 문제점을 예측할 수 있다. 가상공간에서 예측된 문제점을 보완해 다시 현실 제조 공정에 적용함으로써 정밀한 생산 계획 수립과 효율성 극대화를 가능하게 한다. 이런 활용성 때문에 제조공장을 보유한 기업에서 가장 큰 관심과 기대를 보이는 것이다.

디지털 트윈의 활용 가치는 제조 공정의 최적화에만 국한된 것이 아니다. 기업의 여러 업무 영역에도 충분히 적용될 수 있다. 생산과 품질은 물론 세일즈와 마케팅 전략, 교육과 기술 훈련, 경영계획 등 기업 전반에 걸쳐 적용될 수 있는 것이다. 결국 디지털 트윈은 기업 전체를 가상공간으로 옮겨 놓을 수 있는 것이다. 가상공간에서는 업무 영역마다 찾기 어렵던 기존 문제를 발견해 내고, 새로운 문제점도 찾아낼 수 있다. 발견해낸 문제에 대한 해결 방안 역시 가상공간에서 찾아내 다시 기업 현장에 적용한다. 기업은 가상과 현실의 동기화를 반복하며 성장 동력을 얻는 것이다.

기업 전체를 디지털 트윈으로 구현하는 것은 최고 협업을 가능하게 한다. 모든 업무 활동 데이터가 실시간으로 연결되고, 시뮬레이션을 통한 분석 결과가 공유된다. 기업 구성원은 AR 및 VR을 통해 의사결정에 참여할 수 있다. 디지털 트윈은 모든 기업 업무 환경과 일하는 방식을 변화시킴으로써 진정한 디지털 트랜스포메이션을 가능하게 할 것이다.

#### 라. 디지털 트윈의 활용 사례

싱가포르는 2018년, 디지털 트윈 기술로 도시 전체를 구현하는 버추얼 싱가포르 프로젝트(Virtual Singapore Project)를 완성했다. 3D 지도보다 훨씬 정교하게 완성된 디지털 싱가포르에는 주차 공간부터 가로수 간격, 크기까지 데이터화 되어 있다. 싱가포르의 버추얼 싱가포르 프로젝트에서 얻어지는 데이터들을 활용해 태양광 발전기를 설치하는 최적의 위치를 찾거나, 재난 상황 시뮬레이션을 돌려보는 등 도시 개발 및 관리에서 디지털 트윈의 덕을 보고 있다.

### 3. 디지털 트윈과 메타버스의 관계, 발전 방향

#### 1) 디지털 트윈과 메타버스의 차이점

메타버스(Metaverse)는 Meta(가상, 초월)와 Universe(우주)의 합성어로 최근에 가장 핫한 개념이다. 3차원 가상세계라는 점에서 가상현실(VR)과 유사한 것 같지만, 가상현실보다 한 단계 더 진화한 개념이다. 즉 일시적으로 가상세계에서 채팅을 하거나 게임을 하는 것에 그치지 않고 현실 세계에서처럼 일하며 돈을 버는 경제활동을 하거나 사회적, 문화적인 활동·경험 등을 할 수 있다.

그렇지만 메타버스는 실제 세계와 상호작용하는 디지털 트윈과는 다르다. 메타버스에서는 실제 세계와 똑같은 물리적 환경을 구현하는 것이 아니라 여러 가상세계를 나를 닮은 캐릭터(아바타)가 체험할 수 있도록 한다는 것이 특징이다. 즉 메타버스가 현실과는 다른 가상현실을 만드는 것이라면, 디지털 트윈의 핵심은 현실과 똑같은 환경을 구현한다는 것에서 차이점이 있다. 디지털 트윈에서는 현실의 온도, 습도, 기압은 물론 물체의 무게와 특징을 그대로 반영하는 것이 굉장히 중요하다.

'디지털트윈' 기술을 통해 가상세계 공간에 현실세계를 똑같이 만들어서 인구들의 이동 정보, 교통량 등을 반영해 볼 수 있어 향후 스마트시티 관련 업무 등에 활용도가 매우 높아질 것으로 기대된다. 물론 이를 활용하기 위해서는 GPS, 환경 센서 등을 설치한 자동차와 드론 등으로 도시 정보를 수집해 실제 도시와 유사하거나 똑같은 공간 모델을 만들어야 할 것이다. 구체적인 활용예시를 들면, 가상도시에 도로를 추가해 교통량이 얼마나 효율적으로 변하는지도 알 수 있으며, 도시 내 폭염 취약지역을 찾아 그늘막 쉼터를 설치하는 등 기후에 따른 대비책을 제시해 스마트시티 구현이 한층 원활해 질 것이다.

#### 2) 메타버스에서의 디지털 트윈

메타버스가 매우 관심을 받고 있는 것은 사실이지만, 기업 입장에서는 이를 어떻게 활용할

것인가에 대해 고민하지 않을 수 없다. 혁신이라는 기대감을 먹고 뜨겁게 부풀어 오르지만 아직 기술적으로는 넘어야 할 산이 많다. 그러나 다양한 의구심을 벗겨낼 수 있는 기술이 다른 아닌 '디지털 트윈'이다. 디지털 트윈은 거대한 메타버스 개념 가운데 현실 측면을 부각하는 기술인 것이다. 현실의 물리적 세계와 가상의 디지털 세계를 데이터 중심으로 연결하고 동기화한다. 데이터로 연결된 현실과 가상은 마치 쌍둥이(twin)처럼 함께 작동하며 상호작용한다.

기업에서는 디지털 트윈을 통해 현실 문제를 가상공간에 투영할 수 있다. 가상공간에서 현실의 문제점을 실험하고, 가상공간에서 도출한 실험 결과는 다시 현실의 사물에 적용해서 문제를 개선한다. 현실과 가상이 실시간으로 동기화돼 순환하는 과정이 기업에서 활용할 수 있는 디지털 트윈이다. 디지털 트윈 역시 과거 CPS(Cyber Physical System)로 불리던 기술과 의미상으로는 크게 다르지 않다. 최근 빅데이터, 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 증강현실(AR), 가상현실(VR) 등 기술 발전과 결합해 과거와 다른 혁신적인 성장을 보일 것이라는 기대감이 응축되고 있다. 무엇보다 가상 환경 실험 결과가 현실세계에 그대로 적용된다는 점에서 '현실적 활용'에 대한 매력도가 높다.

모든 기술 혁신의 시작은 항상 의구심에서 시작되었다. 오랜 시간이 흐른 뒤에야 그것이 혁신이었다고 평가받는다. 메타버스 역시 기술 진화와 궤를 함께하며 그 의구심을 확신으로 증명해야 하는 시기를 맞았다. 디지털 트윈은 메타버스 활용성을 증명할 수 있는 가장 근접한 기술 영역이다. 아직 제조기업 등 특정 영역에서 관심받고 있지만 디지털 트윈은 기업 운영 전반에 걸쳐 큰 파급효과를 불러올 것이다.

### 3) 디지털 트윈이 바꾸는 현실

기업의 기존 운영 모델에 디지털 기반의 근본적인 변화가 일어나고 있다. 현재 이루어지고 있는 디지털 혁신은 자산 집약적 업계에서 활발하게 진행된다. 그런데 그 과정에서 운영 모델 역시 대대적으로, 그리고 환경 변화에 맞추어 혁신해야 하기 때문에 자산, 장비, 시설, 프로세스에 대한 통합된 물리적 뷰와 디지털 뷰의 연계가 필수적으로 요구된다. 은 이와 같은 디지털 혁신을 위한 조직의 개편을 위해 필요한 기술이 디지털 트윈인 것이다.

디지털 트윈은 메타버스와 달리 현실에 직접적인 영향을 준다. 디지털 트윈에서 진행한 여러 실험은 실제 제품을 개발할 때 반영된다. 디지털 트윈에서 발생하는 데이터는 실제 산업에 반영되어 현실을 더욱 안전하고 효율적으로 바꾸는 역할을 하게 된다. 현실에서 얻은 데이터로 디지털 트윈을 구현하고, 이후 여러 실험을 통해 디지털 트윈에서 얻는 데이터는 다시 현실에 영향을 주는 것이다.

디지털 트윈은 친환경과도 맞닿아 있다. 제조업에서 디지털 트윈을 사용하면 실험을 위해 시제품을 생산할 필요가 없어진다. 자료에 의하면, 글로벌 제약사 사노피는 생산설비에 디지털 트윈을 적용해 화학물질 사용량을 94%나 줄였다. 현대차의 경우, 신차 출시를 위해 통상 수백대의 시제품 차량을 생산해야 했지만, 향후에는 디지털 트윈 기반 디지털 실험실을 통해 시제품 차량을 몇 대만 생산하면 될 것이다.

디지털 트윈의 미래는 무한하다 할 수 있다. 이는 디지털 트윈의 사용에 점점 더 많은 인지능력이 지속적으로 유입되고 있는 상황으로도 알 수 있다. 따라서 디지털 트윈은 끊임없이 새로운 기술과 기능을 학습하여, 제품을 개선하고 프로세스를 더욱 효율적으로 만드는 데 필요한 인사이트를 지속적으로 생성해 낼 것이다. 디지털 트윈은 현실을 그대로 반영한 환경으로 앞으로 여러 산업에서 최적의 연습무대로 사용될 것으로 보인다. 머지않아 디지털 트윈으로 구현된 지구촌에서 자유롭게 해외여행을 하는 날도 올 것 같다.