

# 메타버스에서 디지털 트윈 기술의 적용

□ 조형래, 박구만 / 서울과학기술대학교

## 요약

현실 세계와 가상 세계를 서로 연결한다는 점에서 메타버스와 디지털 트윈은 유사한 면이 있다. 디지털 트윈은 사용자에게 메타버스 세계에서 실제처럼 탐험하며 경험할 수 있게 만든다. 그리고 디지털 트윈으로 만들어지는 메타버스는 우리에게 새로운 도전과 가능성을 주며 빠르게 성장하고 있다. 본 논고에서는 메타버스를 디지털 트윈의 관점에서 바라보며 디지털 트윈 기술의 이점, 메타버스와 디지털 트윈 기술의 관계, 핵심 기술과 결론으로 끝을 맺는다.

## 1. 서론

최근 우리는 메타버스라는 키워드를 자주 접하고 있다. 메타버스는 주로 블록체인 기술을 바탕으로 게임 시스템에 최적화되어 있는데 에픽 게임즈, 로블록스, 아

이엔틱, 디센트럴 랜드, 크립토 복셀 등이 여기에 해당한다. 메타버스는 게임 분야 이외에도 공공, 제조, 의료, 건설, 교육, 문화, 예술, 관광, 농업 등 다양한 분야로 확대 적용되고 있다. 관련 시장 규모도 계속해서 증가하고 있어 글로벌 컨설팅 기업 PwC의 발표[1]에 의하면 메타버스 시장 규모는 지난해에 1,485억 달러에 달했고 2030년에는 1조 5,429억 달러까지 성장할 전망이다. 디지털 트윈 시장 또한 글로벌 리서치 회사 마켓앤마켓의 ‘2026년까지 디지털 트윈 시장 글로벌 예측’ 보고서[2]에 의하면 2020년 31억 달러이던 디지털 트윈 시장 규모가, 2026년이 되면 482억 달러에 달할 것으로 예상했다. 디지털 트윈은 미래를 예측하고 모니터링하며 시스템에서 발생할 수 있는 문제를 예방할 수 있다. 그리고 점차 디지털 트윈은 메타버스의 필수 구성 요소가 되고 있다. 그 이유는 메타버스에 디지털 트윈을 포함하

※ 이 글은 2021년도 과학기술정보통신부의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-00751, 0.5mm급 이하 초정밀 가시·비가시 정보 표출을 위한 다차원 시각화 디지털 트윈 프레임워크 기술개발)

먼 현실 세계의 다양성과 상상하는 그 이상의 경험을 시뮬레이션하여 제공할 수 있고 현실과 가상의 정확한 디지털 복제 및 동기화가 가능하기 때문이다. 예를 들면 가상 회의에 참가한 사람들은 대화형 아바타와 현실 세계를 복제한 가상 환경을 통해 상호 작용과 몰입감을 더욱 느낄 수 있게 된다. 이러한 의미에서 메타버스는 디지털로 강화된 세계, 현실 및 비즈니스 모델의 스펙트럼 연속체라고 볼 수 있다. AR/VR/MR/XR을 통해 몰입형 공간은 구성되고 디지털 트윈은 보다 높은 영역에서 판타지 세계를 현실과 상호 작용하게 만든다. 이러한 현실과 가상의 동기화에 디지털 트윈은 물리적 세계와 디지털 가상 세계를 연결하고, 상호 작용과 통합을 위해 매핑 기술을 사용한다. 예를 들면 모바일 매핑의 경우 자동차, 드론, 보트, 기차 또는 비행기와 같은 모바일 차량에서 지리 공간 데이터를 빠르게 캡처하고 정확한 3D 모델을 생성[3]하여 메타버스 공간 제작에 사용한다. 실제 엔티티(entity)에 대한 초현실적인 가상 실시간 디지털 시뮬레이션을 실현할 수 있고 모니터링을 통해 종합적으로 감독할 수 있다. 디지털 트윈 시스템 프레임워크는 크게 전체 계획 설계와 가상 동기 통신 기술로 나뉜다. 전체 계획 설계에서 지능형 시스템은 주변 환경에서 수집한 데이터를 수집, 분석 및 대응할 수 있는 고급 컴퓨터 시스템이다. 지능형 디지털 적용 시스템은 현장 장비, 핵심 기술, 기능 모듈 등 3가지 부분으로 구성되어 있다. 사용자나 다른 컴퓨터 시스템과 같은 다른 에이전트와 작동하고 통신할 수 있다. 또한 경험을 통해 배우고 현재 데이터에 따라 조정할 수 있다. 지능형 시스템은 원격 모니터링 및 관리도 지원할 수 있다[4]. 가상 동기 통신 기술은 빠르고 효율적인 통신 인터페이스로서 데이터 수집과 실시간 대용량 전송을 위한 시스템이다. 스마트 도시 건설의 경우 많은 센서와 장치를 연결할 수 있는 능력, 고속 유비쿼터스(High Speed Ubiquitous) 연결, 초저전력 소비, 실시간 데이터 연결 및 운영 효율

성 등이 요구된다.

## II. 메타버스에 디지털 트윈 기술을 사용할 때의 이점

메타버스에 완전히 연결되고 몰입형 3D 경험을 제공하기 위해서는 실제 세계의 디지털화된 사본이 필요하다. 따라서 디지털 트윈을 통해 더욱 정확한 실제 공간을 메타버스 가상 미리 세계로 불러올 수 있다. 스마트 농업을 예로 들면 농부는 실제 현장을 직접 관찰하고 작업하는 것을 시뮬레이션된 가상의 농장에서 실시간 디지털 정보를 기반으로 동기화된 상태에서 원격으로 작업을 관리할 수 있다. 만약 재배 과정에 문제가 있다면 즉시 조치를 취하거나 실제 데이터를 기반으로 예방할 수 있다. FarmVR의 경우 GeoAR, 지리적 위치, 3D 모델링, 데이터 시각화 및 가상 농장 투어를 결합하여 소비자에게 식품의 출처를 알려주는 대화형 환경을 만든다. 현실의 디지털 복제를 돕기 위한 프레임워크로는 IOT 기반의 IoT-A(Internet of Things-Architecture) 디지털 트윈 시스템[5]이 있다. 이것은 정확한 위치 데이터, 컨텍스트 데이터, 상황 인식 및 이벤트 트리거(Event Trigger)를 기반으로 한다. IoT-A는 IoT 도메인에 대한 공통된 이해를 구축하는 것과 상호 운용 가능한 IoT 시스템 아키텍처를 개발하기 위한 필수 구성 요소 및 설계 선택을 제공하는 것을 목표로 하여 물리적 세계와 가상 세계의 동기화를 가능하게 한다.

### 1. 메타버스에서 디지털 트윈 기술의 역할

디지털 트윈이란 프로세스, 제품 또는 서비스의 가상 모델이다. 가상 세계와 실제 세계를 통해 데이터 및 모니터링 시스템을 분석하여 문제가 발생하기 전에 미리

예방하고, 가동이 중지되는 상황을 방지하고, 대처한다. 시뮬레이션을 사용하여 미래를 계획할 수도 있고 기계 학습 및 추론을 통해 의사 결정을 돕는다. 이러한 디지털 트윈은 메타버스의 성능을 향상하고 사용자에게 실제 같은 경험을 하게 한다. 예를 들면 최근 지구의 기후가 그 어느 때보다 빠르게 변화하고 있는데, 이는 주로 지구 온도 상승 때문이다. 화재, 홍수, 가뭄은 이제 일상적인 일이 되었다. 이러한 재난 관리에 디지털 트윈을 사용하면 댐, 유틸리티 네트워크(Utility Network), 비상 대응 계획 같은 더 스마트한 인프라를 구축할 수 있다[6]. VR의 경우 산업 분야에서 생산에 들어갈 가상 제품의 설계 및 구축을 몰입감 있게 신입 직원에게 교육할 수 있고 AR이나 MR은 핸드폰이나 스마트 글라스에 표시되는 보다 직관적인 시각적 가이드에 따라 문제를 해결할 수 있다. 이때 디지털 트윈이 적용되면 물리적 상대가 경험하는 모든 변경 사항(예: 작업 환경 변화, 손상, 모델 변경, 인간 상호 작용 등)을 실시간으로 반영하여 최적의 시뮬레이션이 가능하다.

## 2. 디지털 트윈이 메타버스 구성에 필요한 이유

디지털 트윈 기술은 메타버스 가상 세계에 현실감을 구현하고 상상에 대한 경험을 제공한다. 가상의 전자 상거래를 예를 들면 나를 대신하는 아바타에 신체 정보를 입력하여 정확한 치수를 재고 옷을 입어 보고 결제하는 것이 가능하게 된다. 또한 가상 회의에서 실제 장비 및 시스템을 복제한 제품을 설명하고 작동함으로써 보다 생산적인 비즈니스를 할 수 있게 된다. 이처럼 메타버스에서 디지털 트윈은 실제의 나를 정확히 복제한 아바타와 제품의 설계 및 생산을 검증하고 성능 실험에 이르기까지 다방면에서 현실과의 동기화를 돕는다.

## III. 메타버스와 디지털 트윈 기술의 관계

디지털 트윈은 메타버스에 있는 실제 세계의 물리적 개체를 정확히 복사하고 연결된 상태를 유지하는 것이다. 메타버스에서 디지털 트윈의 주요 요소는 실제 세계의 개체, 메타버스의 가상 또는 디지털 개체, 물리적 세계에서 메타버스로의 데이터 흐름을 위한 링크 등을 들 수 있다[7].

### 1. 메타버스에 사용된 디지털 트윈 기술의 장점

메타버스에서 디지털 트윈의 사용은 점차적으로 널리 보급되고 있다. 메타버스에서 디지털 트윈을 사용하면 많은 장점이 있는데 여기에는 자동화, 데이터 링크, P2P 통신, 디지털 복제, 상호 운용성 등이 있다[8].

#### 1) 자동화

자동화는 사람의 개입 없이 프로세스 또는 시스템을 실행하는 것을 의미한다. 메타버스 환경에서 자동화를 예를 들면 NPC(플레이할 수 없는 캐릭터)가 있는데 이에는 캐릭터가 환경을 지능적으로 탐색하는 데 도움이 되는 라이브러리 NavMesh[9]와 캐릭터의 리깅 및 애니메이션을 자동화하는 도구 Mixamo[10]가 있다. 그러나 완전 자동화는 현재도 가까운 미래에도 불가능하고 사람의 개입이 필요한 수준의 자동화만이 가능하다고 한다[11]. 자동화의 또 다른 노력으로 자율 주행차 시스템 자동화를 위한 DATMO(Detection and tracking of moving objects) 알고리즘[12]이 있다. DATMO는 이동 물체 탐지 및 추적 기술로 카메라, 레이더의 이미지가 사용되는 경우 SLAM과 함께 상호 이점이 있다. 환경

내 동적 객체 식별 및 SLAM 알고리즘에 의한 많은 수의 도시 지역을 정밀하게 매핑하는 데 중요하다.

## 2) 데이터 링크

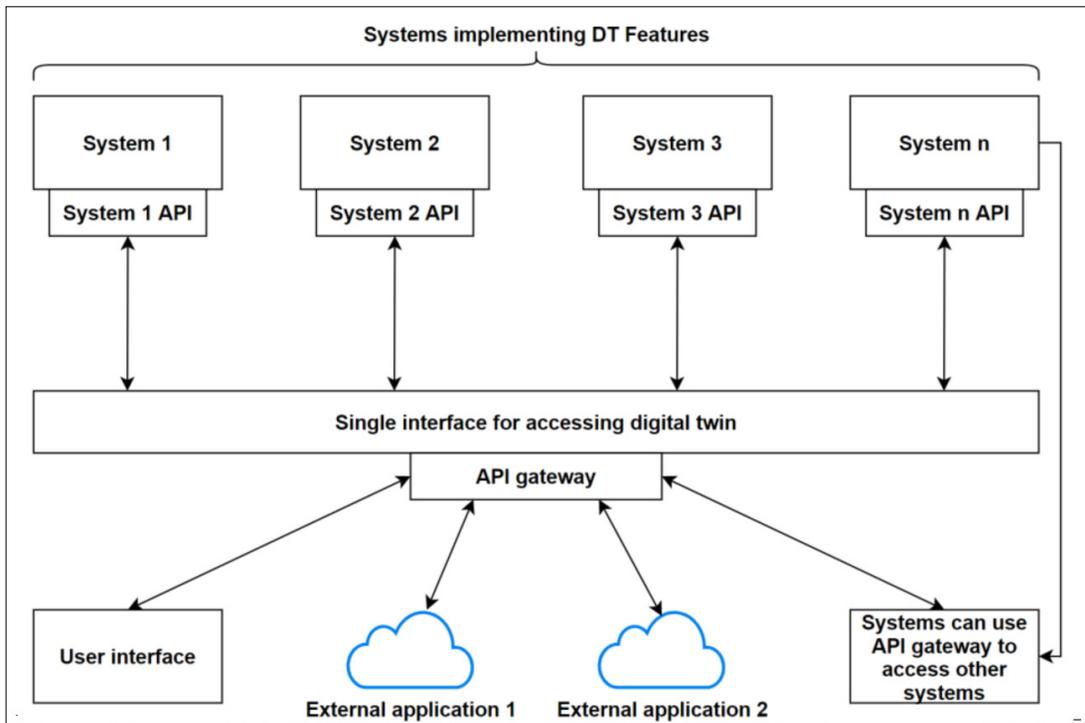
디지털 트윈은 시각화, 실제 데이터를 사용한 시뮬레이션, 성능 모니터링과 같은 다양한 기능을 제공한다. 이러한 기능은 일부 제품 데이터를 저장하는 기존 시스템을 사용하여 구현할 수 있다. 그러나 디지털 트윈을 만들기 위해서는 서로 다른 시스템에 흩어져 있는 데이터를 병합해야 한다.

Riku ala-laurinaho[13] 등은 데이터 병합과 시스템의 직접적인 연결을 위해 <그림 1>과 같은 데이터 링크를 제안한다. 데이터 링크는 API 게이트웨이를 통해 시스템에 액세스할 수 있는 단일 인터페이스를 제공하고 물리적 제품의 모든 데이터를 사용 가능하고 액세스할

수 있도록 한다. 따라서 데이터는 메타버스 시스템에서 데이터를 저장하고 필요한 정보나 기능을 구현하고 시스템을 검색할 수 있는 사용자 인터페이스를 제공하게 된다. 데이터 링크의 아이디어는 물리적 엔티티에서 사용할 수 있는 모든 데이터에 단일 액세스 지점을 제공하는 것이다. 메시지를 전달하고 인증을 처리함으로써 서비스 간의 차이를 줄이게 되고 디지털 트윈 구현이 더 빠르고 비용 효율적이게 된다.

### ① P2P 통신

Mario E. Rivero-Angeles 등은[14] P2P(Peer-to-Peer) 네트워크를 차량 네트워크에서 광범위하게 연구하였다. 기존 연구에서 V2V(Vehicle-to-Vehicle) 통신을 가능하게 하는 P2P 네트워크 성능에 대한 차량 간 연결 시간의 통계적 특성은 대체로 간과되어 왔다. 다



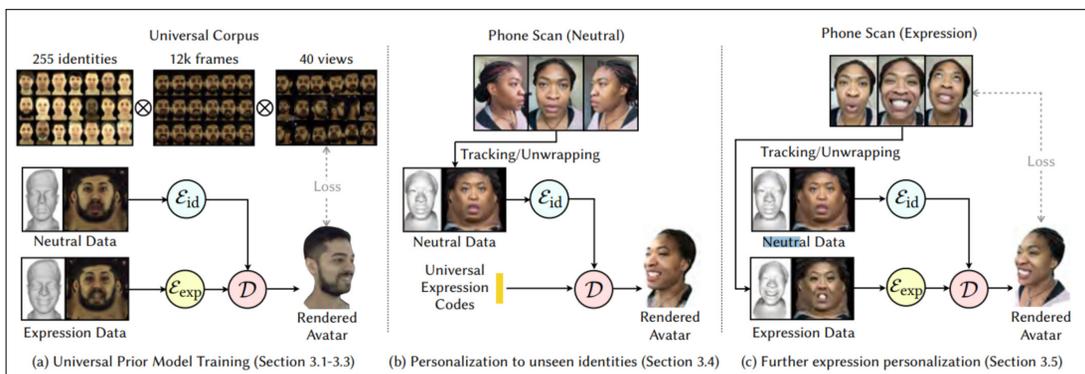
<그림 1> 데이터 링크는 단일 인터페이스 뒤에서 디지털 트윈의 기능을 구현하는 시스템을 연결한다.

양한 도로 특성(도시 또는 고속도로)과 도로 교통 상황(저, 중, 고)에서 차량이 인접 차량과 직접 통신하기 위해 연결된 상태를 유지하는 기간은 P2P 시스템의 적절한 성능을 위해 가장 중요하다. 실제로 이러한 연결 시간은 평균 피어 수(Average number of peers)와 통신 시스템에서 사용할 수 있는 대역폭을 설정한다. 데이터 보급과 관련하여 P2P 네트워크는 확장성과 분산 특성으로 인해 효율적인 대용량 파일 공유 서비스에 사용되었다. 그러나 대부분의 연구는 실시간 및 비실시간 데이터 모두에 대해 정적 노드를 사용하는 리소스 할당 방식에 초점을 맞추었다. 차량 네트워크에서의 콘텐츠 전달 및 VANET(Vehicular Ad-hoc Network, 다수의 차량들이 무선 통신을 이용하여 차량 간 통신 또는 차량과 노변 장치 간의 통신을 제공하는 차세대 네트워킹 기술)의 일반적인 운용은 이전에 연구되었지만 대부분의 작업은 효율적인 방식으로 데이터를 공유하기 위한 P2P 네트워크를 고려하지 않았다. 이 논문에서는 중앙 고정 서버의 패킷 트래픽 부하를 줄이기 위해 사용자가 서로 다른 파일을 공유하는 P2P 협력 캐싱 방식(P2P Cooperative Caching Method)을 제안한다. 이것은 일부 파일은 집중적으로 공유(가장 인기 있는 데이터는 많은 차량에 저장됨)되는 반면 다른 데이터는 덜 요청된

다(인기 없는 데이터는 저장되지 않으므로 액세스하기 어렵다). 이것은 메타버스 스마트 시티 애플리케이션에 적용되면 데이터는 사용자의 관심에 따라 공유되는 것이 아니라 특정 프로세스나 이벤트의 운영을 향상시키기 위해 대량으로 공유된다.

② 디지털 복제

디지털 트윈은 우리가 사는 물리 세계, 제품, 창고, 공장 현장 등을 가상 복제한다. 이를 통해 메타버스에서 실제 쇼핑 경험을 시뮬레이션하는 데 사용할 수 있다[15]. 디지털 복제는 특히 AR/VR, IoT 및 AI/ML 관련 기술을 활용하여 가상 협업, 센서 데이터 수집, 다양한 상황의 신속한 시뮬레이션, 가상 시나리오에 대한 더 나은 이해, 물리적 세계의 요소를 제어함으로써 더 정확한 결과를 예측하게 된다. 특히 현실 세계의 나를 복제하는 아바타 기술은 빠른 기술 발전을 이루어 내고 있는데 CHEN CAO[16] 등의 연구를 보면 3D 헤드 아바타를 얻기 위해 휴대폰 캡처만으로 해결하였다. 기존 접근 방식과 달리, 사람의 외관 전체 매니폴드를 직접 모델링하는 복잡한 작업을 피하고 대신 소량의 데이터만 사용하여 아바타 모델을 생성하는 것을 목표로 한다. 이 모델은 저 차원 잠재 공간을 없애고, 고해상도 핸드폰 스



<그림 2> 아바타 방법 개요

캔을 통해 개인별 정보를 추출하였다. 수백 명의 고해상도 얼굴 멀티뷰 비디오 캡처로 훈련된 범용 아바타를 사용하여 고품질의 결과를 얻었다. 역 렌더링(Inverse Rendering)을 사용하여 모델을 미세 조정함으로써 사실성을 높이고 동작 범위를 개인화한다. 이러한 접근 방식의 결과 얼굴 모양과 외모에 맞는 3D 헤드 아바타와 시선 방향이 일치하는 동공의 움직임 제어가 가능하다.

〈그림 2〉의 (a)는 볼륨 아바타 표현을 생성할 수 있는 교차 신원 하이퍼 네트워크(cross-identity hypernetwork)를 훈련하기 위해 다중 뷰 얼굴(multi-view facial) 성능의 대규모 말뚝치를 사용한다. (b)에서는 사람의 다양한 표현력의 캡처를 나타내고 (c)는 역 렌더링을 사용하여 구조화되지 않은 상태의 외모를 개선하였다.

### ③ 상호 운용성

점점 거대해지는 메타버스 세계에서 디지털 트윈의 이기종 시스템 정보(Information on Heterogeneous Systems)를 처리할 수 있는 상호 운용성 프레임워크(Interoperability Framework)는 중요하다. 이에 스마트 빌딩을 스마트 시티로 확장하여 국가 전체로 확장하거나 조립 라인을 공장에서 글로벌 공급망 네트워크로 확장하는 것을 들 수 있다. DTC(디지털 트윈 컨소시엄)에서는 디지털 트윈 시스템 상호 운용성 프레임워크의 7가지 핵심 개념[17]을 다음과 같이 말한다.

- 시스템 중심 설계 - 기계, 전자, 소프트웨어 등의 분야 전반에 걸쳐 협업을 가능하게 하여 도메인 및 여러 도메인에 걸쳐 시스템을 생성한다.
- 모델 기반 접근 방식 - 매일 수백만 개의 상호 연결이 구현되므로 설계자는 현장의 다양한 사용 사례에서 모델을 코드화, 표준화, 식별 및 재사용할 수 있다.
- 전체론적 정보 흐름 - 최적의 의사 결정을 위해 실

제 세계에 대한 이해를 촉진한다. “세계”는 건물, 유틸리티, 도시, 국가 또는 기타 동적 환경이 될 수 있다.

- 상태 기반 상호 작용 - 엔티티(시스템)의 상태는 특정 시점에서 엔티티의 모든 정적 및 동적 속성 값을 포함한다.
- 연합 리포지토리 - 최적의 의사 결정을 위해서는 시간과 수명 주기에 걸쳐 디지털 트윈의 여러 차원에 걸쳐 분산된 이기종 정보에 액세스하고 상호 연관시켜야 한다.
- 실행 가능한 정보 - 구성 시스템 간에 교환되는 정보가 효과적인 조치를 가능하게 한다.
- 확장 가능한 메커니즘 - 상호 운용성 메커니즘이 단순한 상호 운용성에서부터 복잡하고 글로벌한 분산, 자율 및 이기종 시스템의 동적 연합의 상호 운용성에 이르기까지 확장 가능하도록 한다.

## 2. 메타버스 내 디지털 트윈 기술이 가져오는 변화

메타버스에서 디지털 트윈 기술의 구현을 기업의 입장에서 보면 제품 및 고객 서비스의 향상을 들 수 있다. 즉, 제품 성능에 대한 더 나은 통찰력을 제공하고 서비스를 위해 실제와 같이 시뮬레이션하고 모니터링 및 제어가 가능하다. 개인적 삶을 변화시킬 방법으로는 교육, 오락, 건강, 사회화, 산업, 협업 등의 분야를 들 수 있다.

### 1) 메타버스에서 디지털 기술이 기업을 변화시키는 방법

메타버스 내 디지털 기술은 물리 세계와 상호 작용하면서 기업의 크고 작은 업무를 가상 공간에서 수행하고 있다. 예를 들어, 작업 환경에서 가상 협업을 위한 버벨라(VirBELA), 가상 세계에서 아바타로 놀기 위한 세컨드 라이프(Second Life) 등이 이에 해당한다. 고

객 지원 서비스의 경우 디지털 트윈은 몰입형 공유 디지털 공간에서 고객을 지원하여 고객이 제품을 조립, 수리 또는 교환하도록 도울 수 있다. 이를 통해 고객과의 장기적인 신뢰를 구축할 수 있게 된다. 디지털 기술의 적용은 광고 프로세스에도 변화를 가져와 고객의 취향, 제품 구매 패턴 등을 예측하고 타겟 광고가 가능한 소셜 미디어 마케팅이 가능하게 한다[18]. 예를 들어 패션계의 발렌시아가(Balenciaga)는 에픽게임즈의 포트나이트(Fortnite)에서 실제 컬렉션을 디지털 스킨(Digital Skin)으로 홍보하고 언리얼 엔진에서 자체 게임을 출시하여 2021년 가을 컬렉션을 선보였다. 마찬가지로 버버리(Burberry)는 중국 전략 게임 쉐나오왕(Honor of Kings)의 게임 내 의상을 출시했으며 패션 기술 스타트업 빅씽스(BigThinx)는 가상 패션쇼를 하였다. 잠재 고객의 제품 구입 방법 예로 폴로 랄프로렌

(Ralph Lauren)의 가상 스키 매장과 드레스트(Drest)가 있다. 대화형 게임인 드레스트는 사람들이 다양한 의상을 입어 보고 가장 잘 어울리는 것을 결정한 다음 전자 상거래 플랫폼에 연결하여 실제 세계에서 해당 의상을 구매할 수 있다.

## 2) 교육

메타버스 구성 요소로 라이프 로깅, 증강 현실/가상 현실, 미러 월드, 가상 세계 등을 들 수 있다. 이러한 메타버스는 빠른 속도로 우리의 생활에 도입되고 있으며 교육 분야도 예외는 아니다. Bokyung Kye 등은[19] 메타버스를 크게 내부 세계와 외부 세계로 나누고 내부 세계는 개인이나 사물의 정체성과 그 행동에 초점을 맞추며 기술적으로 아바타 또는 개인 디지털 프로필을 사용한다. 외부 세계는 메타버스의 주체인 아바타가 행동하

<표 1> 현재 메타버스의 교육적 응용

메타버스 구성 요소	특징	메타버스의 교육적 응용
라이프 로깅	메타버스에 사용자 및 개체 정보 로깅	스태프(STEPN), 교육용 SNS
증강 현실	AR/VR/MR을 활용한 스마트 메타버스 환경	버추얼티(Virtuali-Tee), 척추 수술 플랫폼
미러 월드	물리적 세계의 디지털 트윈	디지털 랩, 가상 교육 기관
가상 현실	아바타, 가상 자산의 상호 작용 및 통신	로블록스, 제페토

<표 2> 메타버스 응용 프로그램에서 사용하는 기술 비교

메타버스 소프트웨어/응용 프로그램 이름	블록체인	AR/VR 지원	사용된 디지털 트윈	사용자 생성 콘텐츠	인공지능 적용
CUHKSZ	예	아니오	예	예	NPC
시랑(XiRang)	예	예	예	예	NPC
호라이즌 작업실	아니오	예	예	예	가상 콘텐츠 설계 도구
마이크로소프트 메시[21]	아니오	예	예	예	아바타, 홀로포테이션, 공간 렌더링을 위한 도구
드헬스	예	예	예	예	NPC
AltspaceVR	예	예	예	예	NPC
디센트럴랜드	예	예	아니오	예	NPC
메타버스 서울	예	예	예	예	NPC
바베이도스	예	예	예	예	NPC

는 외부 환경적 요인을 뜻하고 이를 제어하는 관련 기술이 포함된다. <표 1>은 메타버스 구성 요소의 특징과 교육적 응용 프로그램을 내부 세계 또는 외부 세계 중 어느 곳에 초점을 맞추고 있는지에 따른 분류 내용이다.

### 3) 오락

메타버스에서는 게임을 쉽게 생성할 수 있어 많은 유저와 아티스트, 밴드 및 기업이 가상 이벤트를 통해 커뮤니티와 연결을 촉진할 수 있다. 예를 들어 AltspaceVR은 표현형 아바타 기술[20]을 통해 유저 간 눈맞춤, 공간 사운드, 몰입형 가상 세계를 통해 진짜 같은 존재감을 느낄 수 있게 한다. 아래 표를 보면 디지털 트윈 기술이 디센트럴 랜드 게임 이외에 모두 적용됨을 알 수 있고 대부분 게임 속에서 인공지능이 적용된 NPC(Non-Player Character, 게임 안에서 플레이어가 직접 조종할 수 없는 캐릭터) 기술이 적용되어 원활한 소통이 가능하게 한다.

### 4) 건강

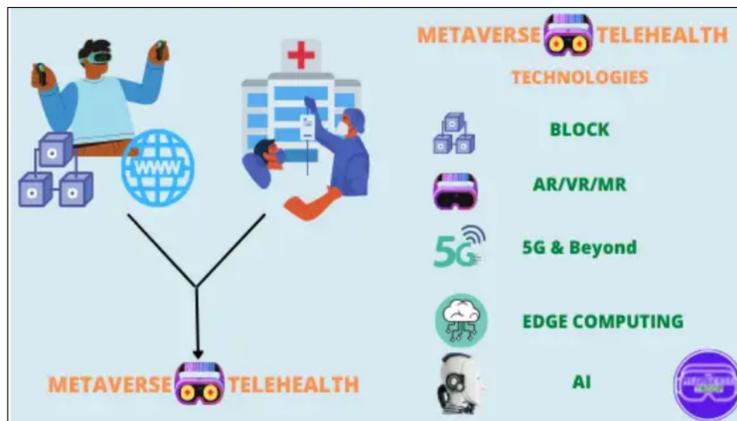
원격 진료는 환자와 의사의 관계를 새로운 차원으로 변화시켰다. 이제 원격 의료는 메타버스 원격 의료

로 새로운 전환을 맞이하고 있다. 메타버스 텔레헬스(Metaverse Telehealth)는 Metaverse Technology와 Telehealth(원격지에서 의료 서비스, 의료 교육 및 건강 정보 서비스 등을 제공하는 것) 개념의 결합이다. 메타버스 원격 의료란 의료 분야에서 AR/VR, AI, 블록체인 및 Web3와 같은 메타버스 및 관련 기술을 사용하는 것을 뜻한다. 메타버스 텔레헬스는 블록체인 기술, 증강 현실/가상 현실/혼합 현실, 5G, 엣지 컴퓨팅, 인공지능 기술을 기반으로 구축되어 디지털 트윈으로 통합된다.

메타버스 텔레헬스에서는 아바타 기반 개인 가상 비서 또는 가상 간호사가 현실처럼 있고 원격 모니터링을 통해 메타버스에서 실제 환자를 만날 수 있다. 가상 간호사는 환자의 몸에 무슨 일이 일어나고 있는지 항상 말할 수 있고 이것은 원격 의료 메타버스의 큰 이점이다.

### 5) 사회화

몰입형 상거래는 게임을 하고 소셜 경험을 하는 것처럼 메타버스 세상에서 몰입형 상거래를 경험하는 것을 의미한다. 메타버스에서 친구나 가족과 함께 매장에 가는 경험은 실제 쇼핑과는 완전히 다르다. 쇼피파이(Shopify)[22]와 같은 회사는 실제로 제품을 구매하기



<그림 3> 메타버스 텔레헬스

전에 증강 현실과 가상 현실을 사용하여 제품을 경험할 방법을 보여주고 있다. 월마트는 최근 메타버스 버전의 상점을 선보였는데[23] 쇼핑을 안내하는 가상 도우미와 몰입형 상거래에 디지털 트윈 기술이 적용된 메타버스는 실제보다 시간과 공간의 제약을 덜 받고 더 많은 매장을 경험할 수 있게 한다.

#### 6) 산업

산업에서의 메타버스와 디지털 트윈 플랫폼 통합은 데이터 생성, 통찰력 생성 및 예측 행동을 위해 3D 비전 카메라, 컴퓨터 비전, 스테레오 깊이 카메라, 4K 컬러 카메라 및 실시간 3D 데이터 생성기, 산업용 로봇 장비용 제어 시스템, 블록체인, 인공지능 플랫폼 등이 필요하다. 이러한 시스템을 사용하면 실제 개체의 동작을 재구성하고 성능과 동작을 예측하며 실수를 피할 수 있다.

#### 7) 협업

메타버스 내 디지털 트윈 협력 기술로는 3D 디지털 트윈, 가상 협업을 위한 유니버스, 마이크로소프트 메쉬 등이 있다. 3D 디지털 트윈은 설계, 구축 및 운영을 위한 협업 도구로 프로젝트팀, 건축가 및 건설 관리 전반에 걸쳐 효과적으로 협력할 수 있도록 한다. NVIDIA Omniverse는 3D 설계 협업 및 확장할 수 있는 다중 GPU, 실시간, 실제와 같은 시뮬레이션으로 쉽게 확장할 수 있는 플랫폼이다. 유니버스는 개인이 만들고 개발하는 방식에서 팀으로 함께 작업하여 3D 제작자, 개발자 및 기업에 더욱 창의적인 가능성과 효율성을 제공한다. 마이크로소프트 메쉬는 작업 공간을 메타버스로 가져와서 실생활에 적용한 예 중 하나인데 가상 경험을 공유할 수 있는 협업 플랫폼으로 혼합 현실(MR) 응용 프로그램을 통해 공유 경험을 가능하게 한다. 현재 메쉬는 AltspaceVR에서 가상 아바타를 가져

올 수 있다.

## IV. 핵심 기술

이번 장에서는 메타버스 내 적용된 디지털 트윈 핵심 기술을 소개하고자 한다.

### 1. 메타버스에 적용된 디지털 트윈 핵심 기술

디지털 트윈의 개념, 패러다임, 프레임워크, 애플리케이션 그리고 기술들은 나날이 다양하게 발전하고 있다. 디지털 트윈의 핵심 기술은 데이터 관련 기술, 고성능 모델링 기술, 모델 기반 시뮬레이션 기술이 있으며 [24] 인간-로봇 상호 작용에 대한 모델로 피지탈 트윈(Phygital Twin)이 있다.

#### 1) 데이터 관련 기술

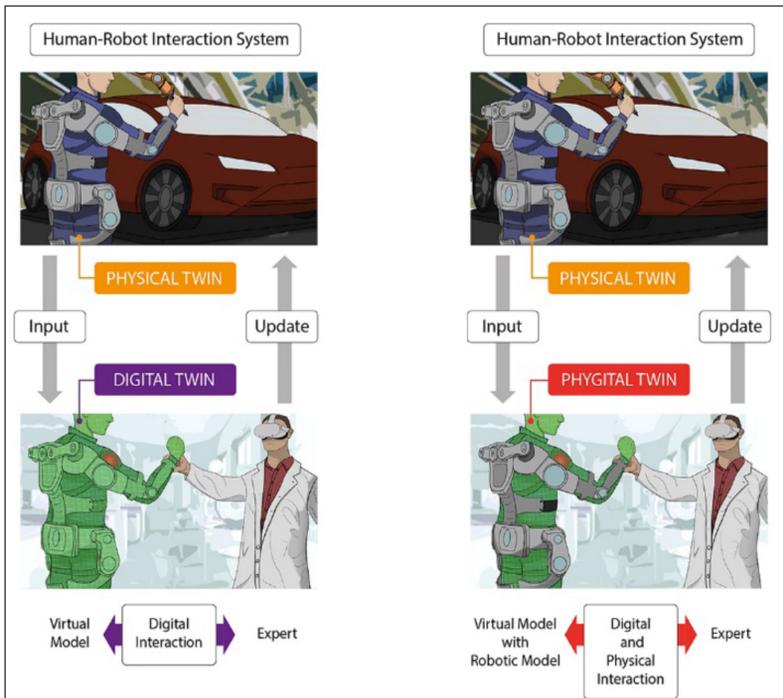
데이터는 디지털 트윈의 기본으로 센서, 게이지, RFID 태그 및 리더, 카메라, 스캐너 등으로 통합된다. 디지털 트윈에서 데이터는 실시간으로 전송되어야 하는데 속도가 빠르고 비용이 적게 드는 엣지 컴퓨팅이 최적이다. 네트워크 부담을 줄이고 수집된 데이터의 실시간 전송을 위해 데이터 매핑과 데이터 융합도 필요하다. 데이터 매핑은 하나 또는 여러 데이터 세트의 정보를 쿼리(query)하고 통찰력을 얻을 수 있는 단일 스키마(테이블 구성)로 병합하는 일련의 지침이다. 두 데이터 소스가 동일한 스키마를 갖는 경우는 드물기 때문에 여러 데이터 소스를 데이터 웨어하우스(data warehouse)로 결합하려면 데이터 매핑을 통해 서로 연결해야 한다. 데이터 매핑 기술에는 수동 데이터 매핑, 스키마 매핑, 완전 자동화된 매핑이 있다. 수동 데이터 매핑은 개발자가 데이터 소스에서 대상 스키마로의 연결을 직접 코딩해

야 한다. 일반적으로 XLM 문서를 HTML 또는 XHTML 문서로 변환하는 프로그래밍 언어인 XSLT(Extensible Stylesheet Language Transformations)[25]가 있다. 스키마 매핑은 소프트웨어를 사용하여 사람의 많은 노력 없이 유사한 스키마를 함께 매핑하는 반자동 방식이다. 완전 자동화 매핑은 완전 자동화된 데이터 매핑 도구로 데이터 매핑 절차를 수행하기 위한 끌어서 놓기 그래픽 인터페이스를 사용자에게 제공한다. 이러한 도구에는 Google Sheets, Hubspot, Salesforce 등이 있다. 그 외 데이터 매핑 기술로 IoT 및 신호 처리 알고리즘이 있다.

## 2) 고성능 모델링 기술

모델은 디지털 트윈의 핵심이고 가상 세계를 표현하

는 수단이다. 디지털 트윈의 모델은 의미론적 데이터 모델과 물리적 모델로 구성된다. 의미론적 데이터 모델은 인공지능 방법을 사용하여 알려진 입력과 출력에 의해 훈련된다. 물리적 모델은 디지털 트윈의 고성능 모델링 상호 작용을 위해서 다중 물리 모델링[26]이 필수적이다. 가장 일반적인 다중 물리 모델링 언어로는 모델리카(Modelica)[27]와 VHDL-AMS[28] 등이 있다. 복잡한 제조 현상에 대해서는 고쉬(Ghosh)가 있는데 은닉 마르코프 모델을 사용하여 디지털 트윈의 구성을 다루었다. 디지털 트윈 모델링은 일반적으로 물리 기반 모델링으로 시작하며 입력을 받고 출력을 생성한다. 작동 방법으로는 작동을 알 수 없는 블랙박스 모델링과 알려진 이론적 구조와 미지의 비선형 모델 성격을 함께 지닌 그레이 박스 모델링[29]이 있다.



<그림 4> 인간-로봇 상호 작용(HRI)의 가상 모델을 기반으로 녹색의 디지털 트윈(DT)에 연결된(왼쪽) 사용 상황과 인간-외골격 시스템을 기반으로 하는 물리적 트윈(PT) 시스템(오른쪽) 피지컬 트윈의 비교

### 3) 모델 기반 시물레이션 기술

시물레이션은 디지털 트윈의 중요한 측면이고 메타버스 내 모델의 실험, 예측, 평가에 사실감과 정확성을 배가시킨다. 디지털 트윈 시물레이션을 통해 가상 모델이 실시간으로 물리적 엔티티와 양방향으로 상호 작용[30]할 수 있다. 데이터를 교환하는 데 필요한 속성은 IoT 미들웨어에 넣고 시스템이 액세스한다. 전통적인 시물레이션과는 달리, 디지털 트윈 시물레이션은 수집되고 기록되는 물리적 시스템의 실시간 데이터를 사용한다. 다중 물리, 다중 스케일 시물레이션[31]은 메타버스에서 세분화된 모델 데이터와 일관성과 시각적 인터페이스를 제공한다.

### 4) 피지털 트윈

W. Danilczyk 등은[32] 디지털 트윈을 실시간으로 연결된 피지털 트윈(PDT, 물리적 요소와 디지털 요소 모두 강조)이라는 물리적 시스템의 프로세스와 기능을 복제, 모니터링, 예측 및 개선하기 위한 가상 시스템이라고 정의한다. 이것은 인간-로봇 상호 작용과 같이 복잡한 시스템 문제에 대처하는 방법이기도 하다. 로봇 시스템과 상호 작용을 수행하는 것은 비접촉 제스처보다 사용자에게 더욱 직관적이다. <그림 4>를 보면 피지털 트윈 내에서 특정 구성 요소는 디지털 개체에 의해 복제되고 다른 구성 요소는 물리적 개체에 의해 복제된다. 이러한 물리적 개체는 PT에서 동일한 제품의 2차 인스턴스이다. 그리고 인간-외골격 시스템(human-exoskeleton system)의 예는 HRI 시스템의 가상 모델을 기반으로 하는 DT(왼쪽의 녹색)에 의해 에뮬레이트

된 PT이다. 반면에 실제 외골격을 “착용”하는 가상 인간을 기반으로 하는 피지털 트윈은 동일한 PT를(오른쪽) 나타낼 수 있다. 이 논문은 새로운 “트윈 설계” 개념을 제시한다. 즉, 가상 모델과 계산 기능이 풍부한 PT 구성 요소의 물리적 복제본을 기반으로 하는 PDT는 전문가와 직관적이고 신뢰할 수 있는 물리적 상호 작용을 설정한다. 따라서 PDT는 PT 상태를 평가하고 개선하는 전문가의 작업을 용이하게 한다. 또한 PDT는 로봇 시스템을 배치 전후에 평가하고 설계를 위한 도구와 함께 신경 인체 공학을 제공한다.

## V. 결론

본 논고에서는 메타버스에 적용되는 다양한 디지털 트윈 기술을 분석하였다. 메타버스가 완전히 실제 세계와 연결되고 몰입형인 3D 경험을 제공하기 위해서는 실제 세계를 디지털 트윈으로 표현한 사본이 필요하다. 이를 위해 많은 국가와 기업은 디지털 트윈 기반의 메타버스를 구축하기 위해 관련 기술 발전에 많은 투자를 하고 있다. 이것은 소비자에게는 새로운 경험을 주고 기업이나 개인에게는 미래의 가능성을 열어 준다. 메타버스에 디지털 트윈을 적용함으로써 보다 정확한 실제 공간과 정보를 바탕으로 시물레이션, 예측, 판단, 수정, 평가함으로써 시간과 비용을 절감하고 비즈니스의 실패율을 낮추는 효과가 있다. 이처럼 디지털 트윈화된 메타버스는 실제 세계를 반영하는 거울로써 그 가치가 점차 커지고 있다.

## 참고 문헌

- [1] <https://newsroom.etimes.com/virect/article.html?id=20220315000075>
- [2] <https://www.ciokorea.com/news/165135>
- [3] <https://www.celantur.com/blog/getting-started-with-mobile-mapping/>
- [4] Martin Molina, What is an intelligent system?, <https://arxiv.org/pdf/2009.09083.pdf>
- [5] CorVerdouw, BedirTekinerdogan, AdrieBeulens, SjaakWolfert, Digital twins in smart farming, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X20309070?via%3Dihub>
- [6] <https://gramener.medium.com/digital-twin-technology-f2312d64ca36>
- [7] <https://metaversetroop.com/digital-twin-in-metaverse/>
- [8] <https://metaversetroop.com/requirements-metaverse-applications/#more-486>
- [9] <https://docs.unity3d.com/Manual/hav-BuildingNavMesh.html>
- [10] <https://www.mixamo.com/#/>
- [11] [https://www.manufacturingchemist.com/news/article\\_page/The\\_human\\_digital\\_twin\\_a\\_virtual\\_counterpart\\_to\\_the\\_human\\_worker/180170](https://www.manufacturingchemist.com/news/article_page/The_human_digital_twin_a_virtual_counterpart_to_the_human_worker/180170)
- [12] Michal Bugala, ALGORITHMS APPLIED IN AUTONOMOUS VEHICLE SYSTEMS, [https://www.researchgate.net/publication/331866114\\_ALGORITHMS\\_APPLIED\\_IN\\_AUTONOMOUS\\_VEHICLE\\_SYSTEMS](https://www.researchgate.net/publication/331866114_ALGORITHMS_APPLIED_IN_AUTONOMOUS_VEHICLE_SYSTEMS)
- [13] RIKU ALA-LAURINAHO, JUUSO AUTIOSALO, ANNA NIKANDER, JOEL MATTILA, AND KARI TAMMI, Data Link for the Creation of Digital Twins, [https://www.researchgate.net/publication/347730259\\_Data\\_Link\\_for\\_the\\_Creation\\_of\\_Digital\\_Twins](https://www.researchgate.net/publication/347730259_Data_Link_for_the_Creation_of_Digital_Twins)
- [14] Mario E. Rivero-Angeles, Izlian Y. Orea-Flores, Andrés Lucas-Bravo, Iclia Villordo-Jiménez, Miguel F. Mata-Rivera, Luis A. Macedo Santiago and Mónica L. Morales-Varela, Data Dissemination Performance in P2P-Based Vehicular Communications for Smart City Environments, <https://www.hindawi.com/journals/wcmc/2022/7202412/>
- [15] <https://www.cbsnews.com/news/metaverse-amazon-bmw-lockheed-martin-adobe-digital-twin/>
- [16] CHEN CAO, TOMAS SIMON, JIN KYU KIM, GABE SCHWARTZ, MICHAEL ZOLLHOEFER, SHUNSUKE SAITO, STEPHEN LOMBARDI, SHIH-EN WEI, DANIELLE BELKO, SHOOU-I YU, YASER SHEIKH, and JASON SARAGIH, Authentic Volumetric Avatars from a Phone Scan, <https://drive.google.com/file/d/1i4NJKAggS82wqMamCJ1OHRGgViuyoY6R/view>
- [17] <https://www.digitaltwinconsortium.org/press-room/12-07-21/>
- [18] <https://koreascience.kr/article/JAKO202112748675040.page>
- [19] Bokyung Kye, Nara Han, Eunji Kim, Yeonjeong Park, Soyoung Jo, Educational applications of metaverse: possibilities and limitations, <https://www.jeehp.org/m/journal/view.php?number=424>
- [20] <https://docs.microsoft.com/ko-kr/windows/mixed-reality/altspace-vr/overview>
- [21] <https://docs.microsoft.com/ko-kr/mesh/overview>
- [22] <https://www.shopify.co.kr/ar>
- [23] <https://www.cnn.com/2022/01/16/walmart-is-quietly-preparing-to-enter-the-metaverse.html>
- [24] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736584519302480>
- [25] <https://ko.wikipedia.org/wiki/XSLT>
- [26] <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO200606142030316.pdf>
- [27] <https://en.wikipedia.org/wiki/Modelica>
- [28] <https://en.wikipedia.org/wiki/VHDL-AMS>
- [29] [https://yoda.wiki/wiki/Grey\\_box\\_model](https://yoda.wiki/wiki/Grey_box_model)
- [30] <https://www.irsglobal.com/bbs/rwdboard/15093>
- [31] 한민섭, 다상 유체 시스템의 다중 스케일 시뮬레이션 기법에 관한 연구, <https://koreascience.kr/article/JAKO201016264960976.pdf>
- [32] W. Danilczyk, Y. Sun, and H. He, “Angel: An intelligent digital twin framework for microgrid security,” <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnbot.2022.913605/full>

## 필자소개



### 조형래

- 2015년 : 세종대학교 회화과(서양화 전공) 학사
- 2021년 : 서울과학기술대학교 일반대학원 미디어IT공학과 석사
- 2021년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 일반대학원 미디어IT공학과 박사과정
- 주관심분야 : 데이터시각화, 인공지능을 활용한 비주얼라이제이션, GAN, 실감형 콘텐츠



### 박구만

- 1984년 : 한국항공대학교 전자공학과 공학사
- 1986년 : 연세대학교 대학원 전자공학과 석사
- 1991년 : 연세대학교 대학원 전자공학과 박사
- 1991년 ~ 1996년 : 삼성전자 신호처리연구소 선임연구원
- 1999년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 교수
- 2006년 ~ 2007년 : Georgia Institute of Technology, Dept. of ECE. Visiting Scholar
- 2016년 ~ 2017년 : 서울과학기술대학교 나노IT디자인융합대학원 원장
- 주관심분야 : 컴퓨터비전, 실감미디어