

연합 디지털 트윈에서 데이터 증강 및 검증을 위한 데이터 관리 프레임워크 구성 방법 연구

백명선^{1,2}, 석현수³

¹ 한국전자통신연구원, ² 과학기술연합대학원대학교, ³ (주)스톤인테그리티

sabman@etri.re.kr, soku@stoneitgt.com

A Study on the Data Management Method for Data Validation and Data Augmentation in Federated Digital Twins

Myung-Sun Baek^{1,2}, Hyun-Soo Seog³

¹ETRI, ²UST, ³STONE integrity

요 약

디지털 트윈은 현실세계의 다양한 객체, 프로세스 등을 디지털 세계로 복제하고, 상기 디지털 객체를 활용하여 다양한 모의실험을 수행할 수 있는 기술 집약적 솔루션이다. 사용자는 디지털 트윈이 제공하는 다양한 모의실험을 통해 현실세계의 복잡한 문제를 해결하거나, 시스템/구조 등의 최적화를 수행할 수 있다. 단일 객체, 프로세스, 또는 소규모 시스템보다 큰 거대 규모의 현실 세계를 가상의 디지털 트윈으로 구축하기 위해서는 매우 복잡한 연산과 고도화된 기술이 필요하다. 본 논문에서는 대규모 디지털 트윈 구성을 위한 연합적 디지털 트윈을 고려한다. 연합 디지털 트윈은 다수개의 소규모 단일 디지털 트윈이 연계되어 하나의 거대한 시스템을 구성하는 솔루션이다. 상기 연합 디지털 트윈에서 단일 디지털 트윈의 출력데이터가 충분하지 않거나 오류를 포함한 경우, 대규모 디지털 트윈 서비스의 제공이 불가능하게 된다. 따라서 본 논문에서는 연합 디지털 트윈 구성을 위한 단일 디지털 트윈 데이터의 증강 및 검증 방법을 연구하였다.

I. 서 론

대국민을 대상으로 하는 공공분야의 편익증대, 산업현장의 생산설비의 효율성 향상, 건설분야에서 빌딩의 효율적 구조설계 및 관리 등을 위해 디지털 트윈 기술이 고려되고 있다. 디지털 트윈 기술은 현실객체를 디지털 객체로 복제하여, 다양한 실험을 수행할 수 있는 기능을 제공하므로, 현저하게 저렴한 비용으로 현실객체의 최적화가 가능하다. 그러나 비행기의 제트엔진 전체 생산설비 또는 스마트 신도시 구축과 같은 대규모의 현실세계를 디지털 트윈으로 구축하는 경우, 매우 많은 수의 객체 및 넓고 복잡한 현실구조를 디지털로 전환해야 한다. 따라서 복잡한 설비 및 대규모 현실구조를 디지털 트윈으로 구현하는 경우, 소규모 단일 시스템을 디지털 트윈으로 구성하는 복잡도보다 기하급수적으로 높은 복잡도가 요구된다. [1]

따라서 본 논문에서는 연합 디지털 트윈 방법을 고려한다. 연합 디지털 트윈은 다수개의 소규모 단일 디지털 트윈들을 연계하여 하나의 거대한 디지털 트윈 시스템을 구축하는 것이다. 기본적인 개념은 다수개의 소규모 단일 디지털 트윈 중 사용자 목적에 기반하여 필요한 단일 디지털 트윈들을 연계하고, 이를 통해 사용자 요구사항을 충족시킬 수 있는 거대 규모의 연합 디지털 트윈 시스템을 구축하는 것이다. 상기과 같이 단일 디지털 트윈을 연합하여 대규모 디지털

트윈을 구성하는 경우, 기존의 단일 디지털 트윈을 활용하는 것이 가능하며, 각각의 단일 트윈의 개별 운용이 가능하다. 따라서 대규모 디지털 트윈 구축 복잡도가 낮아지고, 구축비용을 크게 절감할 수 있다.

그러나 사용자 요구사항 충족을 위해 상기 연합 디지털 트윈의 구축 및 운용하는 경우, 다양한 문제점들이 고려되어야 한다. 우선 단일 디지털 트윈의 출력값이 충분하지 않을 수 있다. 사용자가 요구하는 고충실도의 객체정보, 또는 보다 많은 양의 데이터에 미치지 못하는 저해상도 객체정보나 저용량 데이터가 연합 디지털 트윈을 구성하는 단일 디지털트윈의 출력값으로 도출될 수 있다. 이와 더불어 단일 디지털 트윈의 동작과 출력값에 오류가 포함되어 해당 디지털 트윈의 활용이 불가능한 상황이 발생할 수 도 있다. 상기의 경우 연합 디지털 트윈 방법을 통해 대규모 디지털 트윈을 구축하였음에도 불구하고, 데이터 부족, 오류 검출 등으로 인해 사용자의 요구사항을 만족시키지 못하거나, 사용이 불가능한 결과가 도출 될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 연합 디지털 트윈의 사용자 맞춤형 서비스 제공을 위해, 단일 디지털 트윈의 출력 데이터를 증강하고 유효성을 검증할 수 있는 프레임워크를 제시한다.



그림 1. 통합 디지털 트윈 시스템의 기능적 구성도

II. 통합 디지털 트윈 시스템의 기능적 구조

그림 1은 통합 디지털 트윈 시스템의 기능적 구조도를 나타낸다. 그림에서와 같이 통합디지털트윈은 다수개의 기 구축된 단일 디지털 트윈을 고려하여 생성된다. 다수개의 단일 디지털 트윈은 접수 단계를 거쳐 통합트윈 구성 인터페이스에 연결된다. 접수단계에서는 단일 트윈의 목적 및 입출력데이터를 고려하여 각각에 메타데이터를 할당하고 해당 메타데이터는 통합디지털 트윈 구성 및 관리 플랫폼에 기록된다.

통합 트윈 구성 및 관리 플랫폼에서는 기 접수된 단일 디지털 트윈 중에서 통합 디지털 트윈 목적에 맞는 단일 디지털 트윈을 선택하여 활성화 시킨다. 활성화된 단일 디지털 트윈은 단일 디지털 트윈 동작을 통해 출력 데이터를 통합 디지털 트윈 구성 및 관리 플랫폼에 전달한다. 통합 트윈 구성 및 관리 플랫폼에서는 해당 데이터를 데이터 증강 및 검증 엔진에 전달하고, 데이터 증강 및 검증 엔진에서는 입력데이터를 사용자 요구사항에 적합한 품질의 데이터로 증강하고 오류를 검증하여 동기화 엔진으로 전달한다. 동기화 엔진에서는 다수의 단일 디지털 트윈 출력 데이터를 동기화 하여 통합디지털 트윈 기반의 응용서비스가 가능하도록 최종 사용자에게 전달하게 된다.

III. 데이터 증강 및 검증을 위한 프레임워크

그림 2는 통합 디지털 트윈 데이터 관리를 위한 데이터 증강 및 검증 프레임워크의 기능적 구조도를 나타낸다. 그림에서와 같이 데이터 증강 및 검증 프레임워크는 크게 세가지 파트로 구성된다. 첫번째 파트는 데이터 증강 알고리즘 파트이다. 단일 디지털 트윈의 출력 데이터는 다양한 유형이 될 수 있다. 또한 통합 디지털 트윈에서는 다수개의 단일 디지털 트윈이 연계되므로 더욱 다양한 종류의 데이터가 존재하게 된다. 데이터 증강 알고리즘 파트에서는 데이터 종류에 따른 알고리즘이 선택된다. 선택된 알고리즘은 데이터 증강모델 파트로 전달된다. 증강모델 파트에서는 상기 증강 알고리즘을 기반으로 증강모델을 생성한다. 증강모델의 고도화를 위해

알고리즘 기반의 학습모델도 생성된다. 이를 통해 데이터의 유형에 따른 데이터 증강 또는 고충실데이터가 구현된다.

증강된 데이터는 동작/데이터 검증 파트로 전달된다. 해당 파트에서는 증강된 데이터의 오류존재 여부 및 동작의 무결성 여부 등을 판단한다. 해당 파트 역시 다종의 데이터를 고려하여 설계된다. 또한 동일한 유형을 가진 각기 다른 데이터들의 유효성 검증을 위해 재사용이 가능한 패키지화 또는 도구화 형태로 설계된다.

최종적으로 증강 및 오류의 검증이 완료된 데이터는 다시 데이터 브로커로 전달되어 동기화 엔진을 통해 통합 디지털 트윈 기반의 응용서비스로 전달된다. 이를 통해 통합 디지털 트윈 사용자의 목적에 부합하는 무오류의 고품질 증강데이터가 생성 및 전달된다.

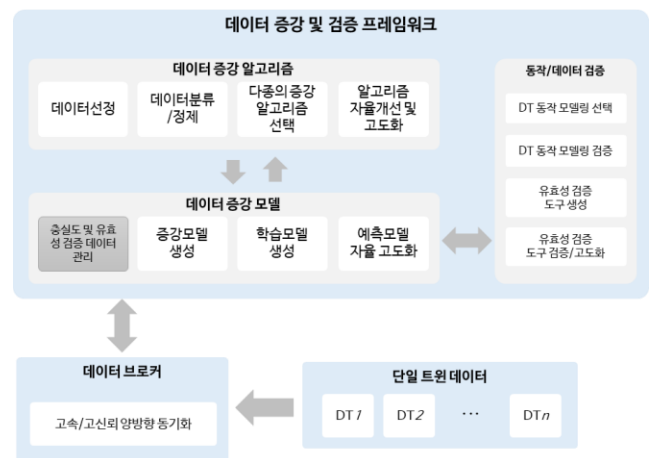


그림 2. 통합디지털트윈 데이터 관리를 위한 데이터 증강 및 검증 프레임워크 기능적 구성도

IV. 결론

본 논문에서는 통합 디지털 트윈의 사용 목적에 부합하는 고품질의 데이터를 생성하기 위한 데이터 증강 및 검증 프레임 워크의 구조 및 동작에 대해 연구하였다. 다수개의 단일 디지털 트윈을 연계하는 통합 디지털 트윈은 단일 디지털 트윈의 출력데이터를 사용하여 사용자 목적에 부합하는 출력값을 생성해야 한다. 단일 디지털 트윈의 데이터에 오류가 존재하거나 저품질의 데이터인 경우 제시된 데이터 증강 및 검증 프레임워크를 통해 유효성이 검증된 고품질의 데이터로 변경이 가능하다. 따라서 본 프레임워크를 사용하게 되면 사용자의 목적에 부합하는 서비스 제공을 위한 데이터 생성이 가능하다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022 년도 정부 (과학기술정보통신부) 의 재원으로 정보통신기획평가원의 100% 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2022-0-00545, (2 세부) 지능형 디지털 트윈 연합 객체 구성 및 데이터 프로세싱 기술 개발)

참 고 문 헌

- [1] 백명선, 정득영, 이용태, "통합 디지털 트윈을 위한 데이터 유효성 검증 방법 연구," 한국통신학회 하계 학술대회, 2022. 06.