

메타버스에서 이기종 서브시스템들의 윤리적 검증을 갖는 연동-시뮬레이션

*방준성

*한국전자통신연구원

*hjbang21pp@etri.re.kr

Cosimulation with Ethical Verification of Heterogeneous Subsystems in Metaverse

*Junseong Bang

*ETRI

요 약

메타버스는 다수 사용자의 협업이 가능한 3차원 가상현실 환경을 제공한다. 메타버스 공간에서의 현실과 연결된 혹은 현실이 모사된 실시간/비실시간 시뮬레이션은 비용-효율적인 이점을 가진다. 연동-시뮬레이션은 서브시스템들의 통합 시뮬레이션으로, 메타버스 공간에서의 연동-시뮬레이션을 위해 데이터-레벨, 시스템-레벨, 서비스-레벨에서 기술 성능 검증 및 메타버스 윤리 검증이 필요하다. 개별 서브시스템이 윤리적으로 동작하는지 뿐만 아니라 연동된 시스템의 활용도 윤리적인가를 살펴보아야 한다. 알고리즘 및 시스템 정책이 반영되어 검증된 모델은 메타버스의 더 적은 위험성을 가지고 자동화된 디지털 사회 체계나 현실세계의 시스템에 적용되어 활용될 수 있다.

1. 서론

메타버스(Metaverse)는 초월을 의미하는 메타(Meta)와 세계/우주를 의미하는 유니버스(Universe)의 합성어로 가상과 현실이 융·복합되어 사회·경제·문화 활동과 가치 창출이 가능한 디지털 세계이다[1]. 메타버스는 가상·증강현실(VR·AR) 기술과 사물인터넷, 5G, 클라우드, 인공지능, 블록체인 등 산업적 파급력이 큰 기술들이 융합된 혁신 서비스를 제공할 수 있어 그 기대감이 크다 [2]. 메타버스 관련하여 다수의 서비스들이 등장하고 있지만, 아직까지 게임, 소셜 미팅, 전시 등이 그 일반적인 서비스 형태이다 [3]. 메타버스는 다수 사용자의 협업이 가능한 3차원 가상현실 환경을 제공한다. 현실과 연결된 혹은 현실이 모사된 메타버스 공간에서 시간의 흐름과 공간의 변화가 있는 실시간/비실시간 시뮬레이션은 비용-효율적인 이점을 가진다[1]. 이러한 이유에서 산업적 어플리케이션으로 시스템 모델링 및 시뮬레이션을 위한 협업

형태의 서비스를 생각해볼 수 있다. 현실세계의 사물인터넷(IoT: Internet of Things), 사물모빌리티(MoT: Mobility of Things), 로봇 등에서 실시간으로 수집된 데이터를 메타버스 공간에서 활용할 수 있을 때 인공지능(AI: Artificial Intelligence) 기술의 지원을 받아 최적화된 의사결정을 현실세계에 전달할 수 있게 된다. 스마트시티, 스마트팩토리, 스마트그리드 등 모니터링과 제어, 자동화시스템이 사용될 수 있는 분야에 활용 가능하다. 물리적 세계와 디지털 세계가 연결되어 융합되어감에 따라 메타버스 공간 내에서의 인공지능 편향성, 기술 활용에 따른 사회적 영향 등 메타버스 서비스 활용 확대를 위해서는 윤리적 이슈에 대한 논의가 필요하다[4][5].

현실세계의 물리적 구성요소를 가상공간의 사이버 구성요소로 변환하여 시스템 모델링 및 시뮬레이션이 이루어지고 있지만, 각 시뮬레이션을 통합한 전체 시뮬레이션을 구성하는데 어려움이 있다. 이러한 문제를 완화하기 위해 대규모 사이버-물리 시스템(CPS: Cyber-Physics System)에서는 FMI(Function Mock-up

Interface) 표준을 사용하여 각각의 개별 시뮬레이션에 집중할 수 있게 한다. 연동-시뮬레이션(Co-Simulation)은 약하게 결합된 독립실행형 서브-시스템들의 통합 시뮬레이션이다[6][7]. 개별적으로 검증된 엔진, 서스펜션, 브레이크 등의 장치는 메타버스 공간에서 자율주행차 시스템으로 통합되어 도로주행 연동-시뮬레이션이 가능하다. 위험상황을 인지할 경우에 정의된 윤리 정책에 따른 의사결정이 시뮬레이션에도 반영되어야 한다. 메타버스는 가치 창출이 가능한 디지털 사회를 구성하며 현실세계의 사물과도 연계될 수 있어서 연동-시뮬레이션을 위해 데이터-레벨, 시스템-레벨, 서비스-레벨에서 기술 성능 검증 및 메타버스 윤리 검증이 필요하다.

2. 메타버스 윤리 검증을 갖는 연동-시뮬레이션

메타버스 또는 현실세계와 상호작용하는 이기종 서브시스템들은 그 개별적 기술 성능 시뮬레이션보다 통합된 시스템으로 동작할 경우의 신뢰성, 안정성을 보장하는 연동-시뮬레이션에서의 동작 및 오류 예측이 더 어렵다. 메타버스에서 이기종 서브시스템들의 연동-시뮬레이션을 위해 데이터-레벨, 시스템-레벨, 서비스-레벨에서 기술 성능 검증 및 메타버스 윤리 검증이 필요하다[8]. 그림 1 에서 보는 것과 같이, 검증된 서브시스템들의 연동으로 통합된 시스템의 시뮬레이션을 완료하고 서브시스템의 새로운 모델이 도입될 경우에 해당 부분만 병렬로 연결시켜 별도 검증한다. 산업용 어플리케이션을 갖는 개방형 메타버스 서비스 플랫폼의 경우에 다양한 개발 환경에서 모델링된 이기종 서브시스템들을 연동하여 가상과 현실이 이어진 시스템 혹은 서비스를 개발하기 위해서 최소한의 신뢰 및 안전 조건 등이 컴퓨팅 과정에서 반영될 수 있게 표현되어야 할 필요가 있다.

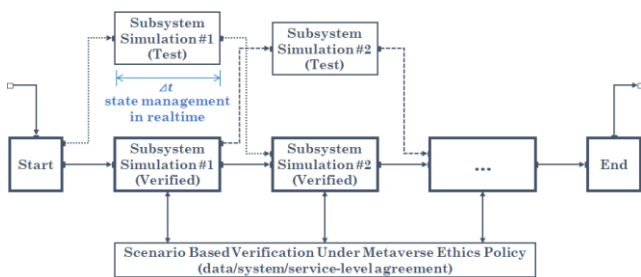


그림 1. 메타버스 윤리 검증을 갖는 연동-시뮬레이션 개념도

데이터-레벨(data-level)의 연동-시뮬레이션에서는 데이터 자체의 유효성 및 데이터 처리의 출력 범위 등을 확인하여 다음 서브시스템에서 정상적으로 처리할 수 있는지를 검증한다. 메타버스 공간에서의 시뮬레이션이므로 3 차원 객체의 형태를 갖는 데이터는 다양한 물리 속성을 가질 수 있다. 예를 들면, 서브시스템-1에서 사용된 3 차원 객체는 광택 속성을 갖고 있으나 서브시스템-2에서 필요한 중력 속성을 갖고 있지 않을 수 있다. 중력 속성

을 필요로 하는 시뮬레이션 과정에서 중력 속성이 없는 3 차원 객체는 전체 시뮬레이션의 신뢰성을 떨어뜨린다. 그렇기 때문에, 각 시뮬레이션에서 필요한 3 차원 객체의 속성 정보도 연동-시뮬레이션을 위해 통합-관리될 필요가 있다. 메타버스 시뮬레이션 공간에 3개의 가상객체, B_i, B_j, B_k 가 있다고 가정하자. i, j, k 는 각 가상객체를 식별하는 인덱스이다. 가상공간 상에서 속성(attribute)을 갖는 데이터로 표현되는 각 가상객체는 $B_i = \{b_{i,1}, b_{i,2}, \dots, b_{i,l}\}, B_j = \{b_{j,1}, b_{j,2}, \dots, b_{j,m}\}, B_k = \{b_{k,1}, b_{k,2}, \dots, b_{k,n}\}$ 와 같이 집합으로 표현한다. l, m, n 은 B_i, B_j, B_k 을 구성하는 속성의 최대 개수이다. 임의의 가상객체 내의 각 속성 요소는 새로운 속성 추가에 의한 확장을 고려하여 시뮬레이션 공간에서 통합 식별자(identifier)를 갖는다고 가정한다. 이 경우에 연동-시뮬레이션 G_x 를 위한 필수적 속성이 $G_x = \{g_{x,1}, g_{x,2}, \dots, g_{x,h}\}$ 라고 하면, $G - (B_i \cap B_j \cap B_k)$ 에 속성 원소가 남아있지 않을 때 연동-시뮬레이션의 기본적인 데이터-레벨 검증이 되었다고 볼 수 있다.

시스템-레벨(system-level)의 연동-시뮬레이션에서는 이벤트 및 시간 단위로 동기화된 시뮬레이션 동작이 요구된다. 이를 위해, 서브시스템의 시뮬레이션 환경 및 컴퓨팅 자원에 대한 정보를 통합 관리할 필요가 있다. 특히, 실시간 연동-시뮬레이션에서 서브시스템의 일부 모델이 수정 또는 변경되어 시간 오차가 발생하게 되면 이에 연결된 다음 서브시스템에 잘못된 데이터 및 제어 명령을 전달하게 되어 전체 시스템에 문제를 발생시킬 수 있다. 서브시스템에서의 변경이 발생할 경우에 연동-시뮬레이터에 이에 대한 정보를 공유하고 연동-시뮬레이터는 서브시스템 별로 단위 시간으로 표현된 임계 범위 내에서 최대 처리시간을 계산하고 이를 연관된 모듈에 제어명령을 하달한다. 메타버스 시뮬레이션 공간에 3개의 시스템 S_i, S_j, S_k 이 있다고 가정하자. 이번의 i, j, k 는 각 시스템을 식별하는 인덱스이다. 시스템은 하나 이상의 가상객체들로 구조화되어 동작하는 객체로 볼 수 있다. 시스템 S_i, S_j, S_k 는 각 시뮬레이션 완료 시간, $T_i (\neq 0), T_j (\neq 0), T_k (\neq 0)$ 내에 처리가 되어야 한다. 예를 들어, 시스템 S_i 가 시뮬레이션에 t_i 가 걸린다면, 시스템 S_i 는 $t_i \leq T_i$ 조건 하에서 시뮬레이션 되어야 한다. 마찬가지로, S_j 와 S_k 도 각 $t_j \leq T_j, t_k \leq T_k$ 에서 시뮬레이션 되어야 한다. T_{all} 이 연동-시뮬레이션 완료 시간 조건이고 $\sum_{x \in i,j,k} T_x \leq T_{all}$ 일 때, 전체 시뮬레이션은 $\sum_{x \in i,j,k} t_x \leq T_{all}$ 내에 처리되어야 한다. 연동-시뮬레이션을 위한 조건이 만족되지 않아서, 완료된 제어 신호나 데이터가 인접 시스템에 전달되어 처리되는 상황이라면 본 시뮬레이션 결과를 신뢰하기 어렵다. 메타버스 시뮬레이션 공간에 3개의 시스템 S_i, S_j, S_k 이 있지만, S_i, S_j 만 시뮬레이션 완료 시간, $T_i (\neq 0), T_j (\neq 0)$ 이 있는 경우에, 즉, S_k 는 $T_k = 0$ 일 때, 시스템 S_i 의 t_k 는 $t_k \leq T_{all} - (T_i + T_j)$ 조건 범위에서 값을 가지며 전체 시뮬레이션 조건 $\sum_{x \in i,j,k} t_x \leq T_{all}$ 를 유지하며 처리되어야 한다.

서비스-레벨(service-level)의 연동-시뮬레이션에서는 통합된 시뮬레이션 결과의 유효성을 보장하고 사용자와의 상호작용 과정

에서 있을 수 있는 이슈를 사전 확인한다. 서비스-레벨의 연동-시뮬레이션은 다양한 조건에서의 시나리오 기반의 검증을 수행한다. 데이터 및 제어와 관련된 이벤트는 즉각적으로 처리될 필요가 있다. 컴퓨팅 자원이 부족할 경우를 대비하여 다단계의 검증 모델을 가지고 필요에 따라 간소화된 모델을 사용하여 가시화하는 것이 필요하다. 메타버스 윤리 정책은 기술적으로 구현되어 메타버스 서비스 개발에 반영되어야 한다. 연동-시뮬레이션의 협업 서비스 과정에서 있을 수 있는 시스템 안정성, 정보 오류 등의 이슈를 사전에 검증하기 위한 체계적인 관리 모듈이 구현되어 장착되어야 한다. 시스템 및 서비스를 사용할 대상, 이를 운용할 대상, 개발할 대상 등을 사용자 입장에서 서비스-레벨의 메타버스 윤리 정책이 설정될 수 있다. 서비스-레벨의 연동-시뮬레이션은 기능(function)과 값의 범위(range) 형태로 살펴볼 수 있다. 시스템 S_i, S_j, S_k 의 값의 출력이 각 v_i, v_j, v_k 이라고 하자. v_x 는 벡터로 표현된 값을 가질 수 있다. U 를 연동-시뮬레이션을 위한 메타버스 윤리 정책(Ethics Policy)이라고 하자. U 가 각 시스템의 기능과 값의 범위에 대해 검증한다고 할 때, 시스템 S_i, S_j, S_k 에 대해 f_i, f_j, f_k 가 리스크나 위협 등을 제거하기 위한 기능 검증, r_i, r_j, r_k 가 각 v_i, v_j, v_k 의 값이 유효한 값의 범위 내에 있는지를 검증하기 위한 조건이고 f_0 와 r_0 가 시스템들의 연동된 기능 및 값의 범위에 대한 검증 조건이라고 하면, U 를 $\{(f_0, r_0), (f_i, r_i), (f_j, r_j), (f_k, r_k)\}$ 로 표현할 수 있다. 개별 시스템 및 전체 시스템의 기능 및 값은 시뮬레이션을 위한 메타버스 윤리 정책 U 의 조건을 만족해야 한다. f_i, f_j, f_k 는 전문가 그룹에 의해 갱신되며 U 는 서비스 목적에 따라 확장될 수 있다.

메타버스 공간에서의 시뮬레이션에 대한 윤리적 검증에 대한 계산학적 조건 연구는 다수의 가상객체 혹은 시스템들로 구성된 네트워크 내에서 대상 객체들에 대한 개별 검증과 관계 분석이 필요하기 때문에 추가적인 연구가 필요하다. 즉, 개발과 운용 과정에서 알고리즘으로 반영할 수 있어야 시스템이 자동적으로 확인할 수 있게 된다. 또한, 시스템 내에 적용될 수 있어야 투명성(transparency), 설명가능성(explainability) 등을 검증하는 것이 가능해진다. 검증된 시스템 혹은 서비스가 운용되는 과정에서의 피드백 정보를 이용하여 기술영향에 대한 부분도 메타버스 윤리 검증에 활용될 수 있는 프레임워크 개발이 필요할 것이다[9]. 그리고, 연동-시뮬레이션에서도 해킹에 의한 시스템 값의 변경 뿐만 아니라 메타버스 윤리 정책의 변경 등에 대해서도 보안 체계가 필요하다.

3. 결론

메타버스에서 이기종 서브시스템들의 연동-시뮬레이션을 위해 데이터-레벨, 시스템-레벨, 서비스-레벨에서 기술 성능 검증

및 메타버스 윤리 검증이 필요하다. 메타버스 윤리를 기술적으로 표현하고 검증할 수 있는 평가지표에 대한 추가적인 연구가 요구된다. 사회적 비용을 최소화하기 위해 인공지능 기술이 활용된 자동화 혹은 지능형 시스템의 시뮬레이션을 통한 기술영향평가에 활용 가능하다.

Acknowledgement

이 논문은 2022 년도 정부(경찰청)의 재원을 지원받아 수행된 연구결과임[대화형 치안 지식서비스 플랫폼 개발/PR09-01-000-20]. 또한, 이 논문은 메타버스미래포럼(MVFF)의 학술활동과 연계되어 수행된 연구결과임.

참고문헌

- [1] 방준성, "메타버스 서비스 확대를 위한 인공지능 기술의 활용," 한국통신학회지(정보와통신), pp. 64-73, 2022년 1월호.
- [2] 방준성, "메타버스 시대가 온다," 국회미래연구원, 미래칼럼, Oct. 6, 2021.
- [3] S. -M. Park and Y. -G. Kim, "A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges," in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 4209-4251, 2022.
- [4] E. H. Spence, "Meta Ethics for the Metaverse: The Ethics of Virtual Worlds," in *Conf. on Current Issues in Computing and Philosophy*, pp. 3-12, June 24, 2008.
- [5] C. B. Fernandex and P. Hui, "Life, the Metaverse and Everything: An Overview of Privacy, Ethics, and Governance in Metaverse," arXiv: 2204.01480v1 [cs.CY], March 25, 2022.
- [6] J. Lu, G. Wang and M. Törngren, "Design Ontology in a Case Study for Cosimulation in a Model-Based Systems Engineering Tool-Chain," in *IEEE Systems Journal*, vol. 14, no. 1, pp. 1297-1308, March 2020.
- [7] D. Jafarigiv, K. Sheshyekani, H. Karimi and J. Mahseredjian, "A Scalable FMI-Compatible Cosimulation Platform for Synchrophasor Network Studies," in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 17, no. 1, pp. 270-279, Jan. 2021.
- [8] 방준성, "신뢰할 수 있는 AI, 시스템 개별 특성을 반영한 윤리적 설계로 구현 가능," SecuN, 2021년 12월호.
- [9] A. Tsamados et al, "The Ethics of Algorithms: Key Problems and Solutions," *AI & Society*, 37, pp. 215-230, Feb. 20, 2021.