

## 디지털 연합트윈을 위한 명세 언어 비교 분석

김영진, 김한진, 김원태\*

\*한국기술교육대학교

you359@koreatech.ac.kr, gks359@koreatech.ac.kr, \*wtkim@koreatech.ac.kr

Comparative Analysis of Specification Language  
for Digital Twin Association

Young-Jin Kim, Hanjin Kim, Won-Tae Kim\*

\*Korea University of Technology and Education

## 요 약

다양한 산업 도메인이 융·복합되어 만들어진 신산업에서는 한 산업에서 발생하는 다양한 현상들이 해당 산업에서 머물지 않고 타 산업들과 복잡하게 얽혀 상호작용하므로, 융·복합 산업의 효과적인 발전을 위해서는 광범위한 정보의 연계, 광범위한 미래예측, 광범위한 현황 분석 등이 가능한 디지털 트윈 개발이 필요하다. 그러나 광범위한 산업 도메인에 걸친 디지털 트윈을 처음부터 개발하는 것은 높은 비용과 시간을 요구한다. 본 논문에서는 다양한 산업 도메인에서 기개발된 디지털 트윈들을 연결·연합시킴으로써 융·복합 산업을 지원할 수 있는 디지털 연합트윈의 개념을 소개하고, 이를 위한 명세 언어의 필요성에 대해 언급한다. 이후, 기개발된 다양한 명세 언어들을 연합트윈 측면에서 비교 분석한다. 마지막으로 기존 명세 언어들이 가지고 있는 이슈를 정리하며 결론을 맺는다.

## I. 서 론

컴퓨터에 현실에 존재하는 사람, 사물, 공간 등에 대한 디지털 복제를 만들고, 현실 세계에서 발생할 수 있는 상황을 가상 공간에서 분석함으로써 결과를 미리 예측·판단하고, 현실의 대상을 최적화하는 디지털 트윈 기술은 제조업을 시작으로 환경, 재난재해, 스마트 도시 등 다양한 산업에 적용되어 생산성 향상, 재난/재해 예측 및 대응, 운영 비용 절감 등 산업발전에 이바지하고 있다[1, 2].

한편, 최근에는 다양한 산업이 융·복합되는 새로운 신산업에 대한 요구가 증가하고 있는데, 이러한 융·복합 산업에서는 한 산업에서 발생하는 다양한 현상들이 해당 산업에서 머물지 않고 타 산업들과 복잡하게 얽혀 상호 작용한다. 예를 들어, 생산·유통·소비에 이르는 1/2/3차 산업의 융·복합 산업에서는 생산량에 따른 판매 가격의 조율, 생산량에 따른 유통 과정 물류저장 공간의 확보, 제품 소비량에 따른 운송 수단 확보 등 각 산업에서의 활동이 타 산업에 영향을 미친다. 따라서, 이러한 융·복합 산업의 효과적인 발전을 위해서는 광범위한 정보의 연계, 미래예측 등을 지원하는 디지털 트윈이 필요하다.

그러나 디지털 트윈은 네트워킹, 모델링&시뮬레이션, 인공지능, 그리고 시각화 기술 등이 포함된 고도화된 기술 집약적인 시스템이므로, 광범위한 산업 영역에 걸친 디지털 트윈을 구축하기 위해서는 높은 비용과 시간이 필요하다. 또한, 새롭게 생성되는 융·복합 산업의 등장에 대응하여, 새로운 디지털 트윈을 구축하는 것은 현실적으로 쉽지 않다.

본 논문에서는 다양한 산업 도메인에서 기개발된 디지털 트윈들을 연결·연합시킴으로써 융·복합 산업을 지원할 수 있는 디지털 연합트윈의 개념을 소개하고, 이를 위한 명세 언어의 필요성에 대해 언급한다. 이후, 디지털 연합트윈을 위한 명세 측면에서, 다양한 표준들과 명세 언어들을 비교 분석하며 결론에서는 기존 표준 및 명세 언어들이 가지고 있는 이슈를 정리하며 결론을 맺는다.

## II. 디지털 연합트윈과 명세 언어의 필요성

디지털 트윈은 실세계의 물리 트윈에 대한 데이터를 수집·가공·처리하여 물리 트윈의 상태를 모니터링·판단·예측·최적화하는 디지털 시스템으로 정의된다[1, 2]. 여기서 물리 트윈이란 디지털 트윈에 대응되는 현실 세계의 대상으로써, 사람, 사물, 혹은 공간 등이 될 수 있다. 디지털 연합트윈은 두 개 이상의 디지털 트윈들이 연합된 형태의 디지털 트윈으로, 연합을 구성하고 있는 디지털 트윈들 간의 상호작용을 통해 물리 트윈들의 상호운동을 최적화한다. 디지털 연합트윈은 디지털 트윈의 일종이므로, 그 구조는 디지털 트윈과 동일하게 속성(Attribute), 행위(Behavior), 그리고 외부로부터의 접근을 위한 인터페이스(Interface)로 구성된다. 연합트윈의 속성은 연합을 구성하는 디지털 트윈들의 식별자, 각 디지털 트윈들로부터 수신한 상태 데이터와 이를 기반으로 물리 트윈들의 상호운용에 대한 분석 결과에 해당하는 데이터가 포함될 수 있다. 디지털 연합트윈의 행위는 디지털 연합트윈의 목적에 따라 정의되는 연합트윈의 기능과 역할을 의미하며, 연합을 구성하는 디지털 트윈들의 상호작용을 정의한 연합트윈 행위 모델, 상호운용의 최적화를 위한 예측/판단 기능 등이 포함될 수 있다. 디지털 연합트윈의 인터페이스는 외부와의 연결을 위한 수단으로써 연결 대상에 따라 크게 DT2DT, DT2APP 등이 있다.

디지털 트윈 명세 언어는 디지털 트윈 혹은 디지털 연합트윈의 구조나 내부 데이터의 표현을 다수의 사람 또는 기계가 같은 의미로써 이해할 수 있는 형태로 명시하기 위한 언어를 의미한다. 디지털 연합트윈은 이·동종의 디지털 트윈 혹은 디지털 연합트윈들을 연합하여 구성되므로, 이를 위해서는 서로 다른 디지털 트윈들에 대한 표현을 하나의 언어로 표현할 필요가 있다.

### III. 디지털 연합트윈을 위한 명세 언어 비교 분석

Next Generation Service Interfaces-Linked Data (이하, NGSI-LD)는 European Telecommunications Standardization Institute (ETSI)에서 추진한 표준으로, 정보 모델(Information Model)과 컨텍스트 정보(Context Information)을 발행, 구독, 검색하기 위한 API를 정의하고 있다 [3]. NGSI-LD에서 정보 모델은 특정 대상에 대한 컨텍스트 정보를 속성과 관계들로 구성된 엔티티로 표현한다. NGSI-LD의 정보 모델 명세의 특별한 점은 cross-domain ontology를 제공한다는 것이다. 즉, NGSI-LD 정보 모델 명세는 서로 다른 도메인에서 사용되는 용어를 cross-domain ontology를 통해 의미적으로 연결하므로 정보의 교환이나 컨텍스트 정보의 검색을 용이하게 한다는 장점이 있다.

Digital Twin Definition Language(이하, DTDL)은 마이크로소프트에서 개발한 디지털 트윈 정의 언어이다[4]. DTDL에서 자원에 대한 용어는 interfaces로 불리며, telemetry, properties, commands, relationship, 그리고 components로 구성된다. DTDL은 Azure Digital Twins나 IoT Hub, IoT Central과 같은 마이크로소프트 제품의 명세를 위해 개발되어 마이크로소프트 플랫폼에 종속적이라 할 수 있다.

Asset Administration Shell(이하, AAS)[5]은 독일의 Platform Industries 4.0에 의해 개발되었으며, Reference Architectural Model Industry 4.0 (RAMI 4.0)에서 채택한 명세 언어 표준이다. AAS는 공장 및 산업 생산 공장에서 서로 다른 제조업체들의 제품, 설비 간 상호운용성 제공을 목적으로 자산의 명세 방법을 정의하고 있다. AAS에서 자원에 대한 용어는 “Asset”으로 표현되며, 다양한 서브 모델들의 집합으로 구성된다. AAS는 산업 생산 공장의 자산을 중심으로 서브 모델들을 제시하고 있어 제조 분야에 특화된 명세 언어라 할 수 있다.

Web of Things - Thing Description (WoT-TD) [6]는 W3C에서 추진한 표준으로, 사물(Thing)이 어떤 속성을 지니고 있고, 해당 사물에서 발생하는 데이터가 어떤 종류인지 등을 서로 다른 이해관계자가 해석할 수 있도록 정의하기 위한 명세 언어를 제공한다. WoT-TD는 크게 사물에 대한 메타데이터, 사물의 제어를 위한 Interaction Affordances, 사물 간 데이터 교환을 위한 스키마, 그리고 웹과의 연결을 위한 웹 링크로 구성된다. WoT-TD의 특징은 자원의 검색이나 접근이 웹 기반 통신인 HTTP나 CoAP 등을 중심으로 제공된다.

표 1은 4가지 디지털 트윈 명세 언어에 대한 비교분석결과이다.

<표 1> 디지털 연합트윈을 위한 명세 언어 비교

	NGSI-LD	DTDL	AAS	WoT TD
Description				
Term	Entity	Interfaces	Asset	Thing
Identifier	URI	DTMI	IRI, IRDI	URI
Cross domain	O	X	X	X
Behavior	X	X	X	X
Discovery				
Query Support	O	O	X	O
Query Language	custom	SQL-Like	X	SPARQL
Access				
Access Method	Centralized	X	Centralized	Centralized
Protocol	HTTP	X	HTTP OPC UA	HTTP CoAP

### IV. 결론

본 연구에서는 디지털 연합트윈을 위해, 기존 디지털 트윈에 사용되는 4가지 명세 언어를 비교 분석하였다. 한편, 4가지 명세 언어 모두 디지털 트윈의 속성에 초점을 맞추어 개발되어 있어, 향후 연구에서는 연합 트윈의 행위 명세 방안을 고안할 계획이다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 50% 지원을 받아 수행됨. (No. 2022-0-00438, (총괄.1세부) 지능형 디지털 트윈 연합 운용 및 예측 핵심기술 개발) 또한 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신산업진흥원(NIPA-D0335-22-1022)의 지원을 받아 수행되었음

### 참 고 문 헌

- [1] 김원태, 윤성진, 김영진, 조든술, “자율형 물리 시스템을 위한 디지털 트윈 기술.” 한국통신학회지 (정보와통신), 제 37권, 7호, pp. 9-21, 2020
- [2] 김영진, 김한진, 조든술, 윤성진, 권진우, 김원태, “디지털 트윈 소프트웨어 아키텍처와 개발 사례,” OSIA Standard & Technology Review, 제34권 제1호, pp. 22-31, 2021.
- [3] Privat, Gilles. “Guidelines for modelling with NGSI-LD.” ETSI White Paper 42, 2021.
- [4] Microsoft, “Digital Twin Definition Language,” 2022, (<https://github.com/Azure/opensdtwin-dtdl/blob/master/DTDL/v2/dtdlv2.md>)
- [5] Tantik, Erdal, and Reiner Anderl, “Integrated data model and structure for the asset administration shell in industrie 4.0,” Procedia Cirp 60, 2017
- [6] Charpenay, Victor, Sebastian Käbis, and Harald Kosch, “Introducing Thing Descriptions and Interactions: An Ontology for the Web of Things,” SR+ SWIT@ ISWC, 2016.