

oneM2M 표준 기반 IoT 플랫폼과 메타버스 시각화 환경 연동을 위한 통합 아키텍처 설계

정재형, 이지은, 이지호, 남경환, 송재승*
세종대학교

s20jjh@sju.ac.kr, je.lee@sejong.ac.kr, twozio@sju.ac.kr, nkh0721@sju.ac.kr,
jssong@sejong.ac.kr*

Design of an Integrated Architecture for Interworking oneM2M-Based IoT Platforms and Metaverse Visualization Environments

Jaehyung Jeong, Jieun Lee, Jiho Lee, Kyeonghwan Nam, Jaeseung Song*
Sejong Univ.

요 약

본 논문은 oneM2M 표준 기반의 IoT 플랫폼과 메타버스 시각화 환경을 연동하기 위한 통합 아키텍처를 설계하였다. 제안된 구조는 IoT 디바이스에서 수집된 데이터를 oneM2M의 계층적 리소스 구조에 따라 관리하고, 이를 디지털 상태 객체로 변환하여 3D 기반 시각화 환경에 반영할 수 있도록 구성된다. 각 계층은 RESTful 인터페이스를 통해 연동되며, 센서 데이터의 흐름과 시각적 표현이 일관되게 유지되도록 설계되었다. 이러한 구조의 적용 가능성을 확인하기 위해 스마트 팜과 스마트부이 시나리오 기반으로 시스템을 구현하였다. 센서 정보의 등록 및 구독, 콘텐츠 인스턴스 생성, 객체 상태 반영, 시각적 표현까지의 전체 연동 과정을 구축하였으며, IoT 시스템과 시각화 환경 간의 구조적 확장 가능성과 상호운용성을 확보할 수 있음을 확인하였다.

I. 서론

IoT 기술의 발전과 함께 현실 세계의 상태를 가상 환경에서 시각화하고 제어하는 시스템의 수요가 증가하고 있다. 가상의 디지털 객체에 현실의 센서 데이터를 실시간으로 반영하고, 메타버스 플랫폼을 활용해 직관적인 시각적 표현이 가능해지면서 다양한 산업에서 관련 기술이 확산되고 있다.

그러나 기존 시스템은 IoT 플랫폼, 데이터 처리 방식, 시각화 기술이 상호 독립적으로 구성되어 있어 통합성이 낮고, 확장에 제한이 있었다. 특히 데이터 흐름이 일관되지 않거나 표준 구조가 적용되지 않은 경우 유지 보수와 장치 확장이 어렵다는 문제가 발생한다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문은 oneM2M 기반의 IoT 플랫폼 구조를 도입하였다. oneM2M은 글로벌 IoT 표준화 기구로, 다양한 디바이스와 서비스 간의 상호운용성을 보장하기 위한 구조를 제공한다. 핵심 구성 요소로는 공통 서비스 엔티티(Common Services Entity, CSE), 응용 엔티티(Application Entity, AE)가 있으며, 이들은 계층적 리소스 트리 구조로 구성된다. AE는 IoT 디바이스나 응용 애플리케이션을 의미하고, 그 내부에는 데이터를 저장하는 컨테이너(Container, CNT)가 포함된다. 센서가 주기적으로 생성하는 데이터는 콘텐츠 인스턴스(ContentInstance)로 기록되며, CSE는 이와 같은 구조로 리소스를 생성 및 관리하고 구독(Subscription)과 알림(Notification) 매커니즘을 통해 외부 시스템과의 연동을 가능하게 한다 [1].

IoT 플랫폼을 통해 데이터를 관리하고, 디지털 트윈

기술을 통해 메타버스 환경에서의 시각화를 구현할 수 있다. 디지털 트윈은 현실 세계의 대상이나 시스템을 디지털 공간에서 복제하고, 그 상태나 동작을 반영하여 시각화, 모니터링, 제어 등에 활용할 수 있는 기술이다 [2]. 본 논문에서는 IoT 디바이스의 상태 정보를 실시간으로 수신하여, 해당 데이터를 가상 객체의 속성(위치, 색상, 텍스트 등)에 반영하는 구조를 구현하였다.

IoT 데이터를 기반으로 한 디지털 트윈 시스템에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으며, 시각화 플랫폼으로 Unity를 사용하는 구조도 제안된 바 있다[3]. 하지만 일부 연구는 특정 플랫폼에 최적화된 구조를 중심으로 설계되어, 다양한 시각화 플랫폼 또는 통합 아키텍처와의 연동 측면에서 범용성 확보에 한계를 보이기도 한다.

이러한 배경에서 본 논문은 oneM2M 표준 구조를 중심으로 한 리소스 트리와 상태 전달 구조를 활용하여 다양한 시각화 플랫폼과 연동 가능한 범용 아키텍처를 설계하고자 한다.

본 논문은 다음과 같은 구조로 되어있다. 2 장에서는 통합 아키텍처를 설계하고, 3 장에서는 통합 아키텍처를 기반으로 실제 구현 예시를 소개한다. 마지막으로 결론 및 향후 연구 방향에 대해서 논의한다.

II. 통합 아키텍처 설계

본 장에서는 제안하는 시스템의 전체 구조를 계층적으로 설명한다. 물리적 디바이스의 동작부터 가상 환경에서의 표현까지 전 과정을 하나의 통합 구조로 구성하였으며, 각 계층은 명확한 역할을 기반으로 상호 연결된다.

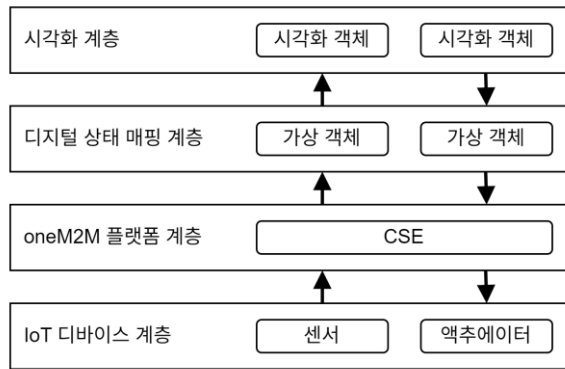


그림 1. 통합 아키텍처 계층도

IoT 디바이스 계층은 물리적 센서와 액추에이터를 포함한다. 디바이스는 HTTP 프로토콜을 통해 oneM2M 플랫폼 계층과 소통하며, 센서의 데이터를 전송하거나 액추에이터 동작 명령을 수신한다.

oneM2M 플랫폼 계층에는 물리적 디바이스의 센서 데이터와 가상 환경에서의 액추에이터 데이터를 포함한 대부분의 정보가 저장되며, 구독(subscription)된 리소스의 상태 변화가 감지되면 알림(notification) 메시지를 리소스를 구독한 외부 시스템으로 전달한다.

디지털 상태 매핑 계층은 oneM2M 플랫폼 계층에서 수신한 데이터를 파싱하여 가상 객체의 속성을 실시간으로 업데이트한다. 사용자는 디지털 상태 매핑 계층을 통해 물리적 환경의 정보를 확인하고 상호작용할 수 있다.

시각화 계층은 Unreal Engine 5 또는 Unity 와 같은 시각화 환경을 통해 구현되며, 디지털 상태 매핑 계층과 상호작용하여 가상 객체의 데이터를 시각적으로 표현한다. 필요에 따라 시각화 계층은 디지털 상태 매핑 계층과 합쳐지거나 제거될 수 있다.

이러한 구조를 통해 양방향 통신 기반의 제어 인터페이스를 구현할 수 있다.

III. 구현 예시

제안된 통합 아키텍처의 적용 가능성과 실현 가능성을 확인하기 위해, 대표적인 IoT 응용 환경인 스마트팜과 스마트부이 시나리오를 기반으로 시스템을 구현하였다. 각 사례에서는 oneM2M 기반 데이터 구조가 실제 센서 및 가상 객체 간 연동에 어떻게 적용되는지를 설명한다.

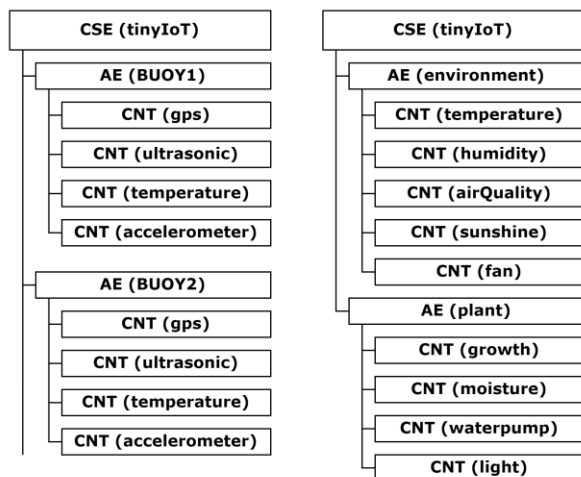


그림 2. 리소스 구조

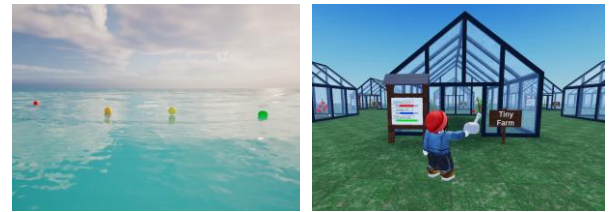


그림 3. 구현 예시 (좌: 스마트부이/우: 스마트팜)

4.1 스마트부이 환경

라즈베리파이 기반의 물리적 디바이스인 스마트부이는 GPS, 초음파, 수온, 가속도 센서로 구성되며, 센서 데이터를 IoT 서버로 전송한다. 각 스마트부이 디바이스는 oneM2M 플랫폼 계층의 CSE 에서 AE 로 저장되며, 각 센서의 데이터는 해당하는 CNT 에 저장된다. 구독-알림 메커니즘을 통해 디지털 상태 매핑 계층으로 전달된 데이터는 가상 부이 객체의 속성을 업데이트하고, Unreal Engine 5 를 통해 구현된 시각화 환경에서 표현된다. 시각화 환경의 가상 부이 객체는 실제 물리적 디바이스의 위치, 흔들림, 수온 상태를 실시간으로 표현하며, 이상 징후가 발생할 경우 사용자에게 경고를 표시한다.

4.2 스마트팜 환경

스마트팜은 온도, 광량, 공기 질 등의 센서와 환기 및 관개 시스템 등의 액추에이터로 구현된다. 스마트팜은 환경과 식물의 두 가지 디바이스로 나누어지며, 각 디바이스는 AE 로 저장된다. 센서와 액추에이터의 데이터는 해당하는 디바이스 AE 의 CNT 에 저장되며, 구독-알림 메커니즘을 통해 실시간으로 다른 계층으로 전달된다. 시각화 환경은 Roblox 를 통해 구현되었으며, 작물의 성장 상태를 실시간으로 표현하고, 가상 액추에이터와 상호작용하여 실제 액추에이터를 동작할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 oneM2M 표준 기반 IoT 플랫폼을 중심으로, 외부 상태 매핑 계층과 메타버스 시각화 계층을 연동하는 통합 아키텍처를 설계하고 이를 스마트팜과 스마트부이 환경에 적용하였다. 제안한 구조는 각 계층의 역할을 명확히 분리함으로써 시스템의 확장성과 유지 보수성을 확보하였으며, 표준 기반 구조를 통해 다양한 IoT 응용 환경과의 상호운용성을 보장할 수 있음을 확인하였다. 향후 연구에서는 다양한 IoT 환경에 적용 가능하도록 아키텍처의 적용 범위를 확장하고, 시각화 플랫폼별 연동 방식의 차이에 대한 실험적 분석을 통해 구조적 보완 방안을 제시할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-대학 ICT 연구센터(ITRC)의 지원을 받아 수행된 연구임 (IITP-2025-RS-2021-II211816). 교신저자 (송재승 교수)

참 고 문 헌

- [1] oneM2M, "How oneM2M is enabling more sustainable IoT deployments," 2022.
- [2] S. Haag and R. Anderl, "Digital Twin- Proof of concept," Manufacturing Letters, vol. 15, pp. 64- 66, 2018.
- [3] Seungwon Lee et al., "Novel Architecture of OneM2M-Based Convergence Platform for Mixed Reality and IoT," Computers, Materials & Continua, vol. 71, no. 1, pp. 1- 14, 2022.