

oneM2M 표준 기반 효율적인 인공지능 서비스 지원을 위한 AIaaS 프레임워크 개발

김 유 진*, 원 주 연*, 오 현 수*, 김 재 호^o

Development of AIaaS Framework to Support Efficient Artificial Intelligence Service Based on oneM2M Standard

Yujin Kim*, Juyeon Weon*, Hyeonsu Oh*, Jaeho Kim^o

요 약

4차 산업혁명의 핵심 기술인 사물인터넷(IoT, Internet of Things)의 성장과 함께 사물인터넷 서비스의 파편화를 방지하고자 국가별 표준 개발기관들(SDO)은 사물인터넷 기술들의 상호호환성이라는 목표를 가지고 사물인터넷 서비스 플랫폼 공통 기능을 위하여 oneM2M 표준을 개발하였다. 인공지능(AI, Artificial Intelligence) 기술의 발전으로 다양한 분야에서 사물인터넷의 지능화가 진행되고 있지만 사물인터넷의 지능화와 관련한 oneM2M 표준은 초기 단계에 있으며 oneM2M 표준에 인공지능 기능을 지원하기 위한 프레임워크가 부재하다. 본 논문에서는 oneM2M 표준에 인공지능 기능을 지원하는 표준 구조를 개발하고 개발한 구조를 바탕으로 oneM2M 표준 IoT 플랫폼에 기반하여 인공지능 기능을 손쉽게 지원하는 서비스형 인공지능(AIaaS, AI as a Service) 프레임워크를 개발하였다. 개발한 oneM2M 기반 AIaaS 프레임워크는 사용자의 요청에 맞게 IoT 디바이스와 인공지능 서비스의 연결, 실행, 해지 기능을 지원한다. 제안된 프레임워크를 기반으로 개발된 지능형 스토어 및 지능형 화재 상황 모니터링 시스템 유스케이스를 통해 제안한 oneM2M 표준 기반 AIaaS 프레임워크의 인공지능 서비스 기능이 효과적으로 동작함을 보였다.

키워드 : 사물인터넷, oneM2M, 인공지능, 서비스형 인공지능

Key Words : Internet of Things (IoT), oneM2M, Artificial Intelligence (AI), AI as a Service (AIaaS)

ABSTRACT

With the growth of the Internet of Things (IoT), the world-leading standard development organizations (SDOs) developed the oneM2M standard for developing the common functions of IoT service platforms to ensure interoperability across IoT services. AI-enabled IoT services are adopted in various fields with the advancing Artificial Intelligence (AI) technologies. However, the oneM2M standard is still in the early stage regarding the enablement of AI functions, and there is no framework to support them.

※ 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 지능형 도시수자원 관리사업의 지원을 받아 연구되었습니다(2019002950003)

※ 본 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2022-00154678)

• First Author : Sejong University, Department of Electronics and Information Communications Engineering, kimyj.sejong@gmail.com, 학생회원

o Corresponding Author : Sejong University, Department of Electronics and Information Communications Engineering, kimjh@sejong.ac.kr, 정회원

* Sejong University, Department of Electronics and Information Communications Engineering, juyeon.sejong@gmail.com; hyeonsu.sejong@gmail.com;

논문번호 : 202302-021-B-RU, Received December 28, 2022; Revised March 24, 2023; Accepted March 28, 2023

In this paper, we proposed a standard architecture that supports AI functions in the oneM2M standard. Also, we developed an AI as a Service(AIaaS) framework that easily supports AI functions based on the oneM2M standard IoT platform. The developed AIaaS framework based on the oneM2M supports connection, execution, and termination procedures between IoT devices and AI service functions according to user requests. We showed that the AI service functions of the proposed oneM2M standard-based AIaaS framework work effectively through the use cases of the intelligent store and intelligent fire situation monitoring system developed based on the proposed framework.

I. 서론

사물인터넷(IoT, Internet of Things)이 발전하면서 사물인터넷의 불편화를 방지하기 위해 국가별 표준 기관(SDO)은 사물인터넷의 공통 기능을 개발하고자 oneM2M 표준을 추진하였다. oneM2M 표준은 스마트 홈, 스마트 팩토리, 스마트 빌딩 등 다양한 응용 분야에서 적용되며 기술 규격(TS, Technical Specification)과 기술 보고서(TR, Technical Report)로 구분되어 Release 형태로 배포된다. 현재 Release 4까지 배포되었으며, 2023년 2분기에 Release 5에 관련한 기술 규격이 완료되어 배포될 예정이다. Release 1부터 Release 4까지는 다양한 IoT 서비스에서 필요한 공통 서비스 기능 제공 및 oneM2M 플랫폼과 관련한 시스템 최적화, 네트워크 연동 고도화 및 포그/엣지 컴퓨팅 지원 등과 관련한 기능을 개발하였다. 다양한 사물인터넷 응용 분야에서는 사물인터넷 장치 및 플랫폼에 인공지능(AI, Artificial Intelligence) 기술을 접목하여 사물인터넷의 지능화를 위한 다양한 연구를 진행하고 있다¹⁻⁵⁾. 사물인터넷의 지능화가 이루어지며 oneM2M 표준 또한 Release 5에서 인공지능 기능을 지원하는 표준 작업과 관련하여 초기 연구를 진행하고 있지만 실제 oneM2M 기반 인공지능 기능을 지원하는 표준 프레임워크가 부재하다.

본 논문에서는 oneM2M 표준에 인공지능 기능을 지원하는 표준 구조를 개발하고 개발한 구조를 바탕으로 oneM2M 표준 IoT 플랫폼에 인공지능 기능을 실시간 클라우드 기반 서비스(AIaaS, AI as a Service)로 제공하기 위해 개발한 프레임워크를 제안한다. 기존에는 사물인터넷 장치와 인공지능 모델이 서비스 개발 단계부터 통합된 방식을 통해 인공지능 기능을 수행하였지만, oneM2M 표준 기능 아키텍처⁶⁾를 바탕으로 기존 oneM2M 표준에 사물인터넷 장치와 인공지능 모델을 필요에 따라서 즉시 N:N 방식으로 인공지능 서비스를 지원하도록 표준 구조를 개발하였다. 개발한 구조를 바탕으로 oneM2M 표준 IoT

플랫폼에 실시간 클라우드 기반 인공지능 서비스의 연결, 실행, 해지 기능을 서비스로써 제공하기 위한 프레임워크를 개발하였다. 개발한 프레임워크를 기반으로 지능형 스토어와 지능형 화재 상황 모니터링 시스템 유스케이스를 통하여 검증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구, 3장에서는 oneM2M 표준에 인공지능 기능을 지원하는 표준 구조 및 oneM2M 표준 기반 인공지능 서비스 프레임워크 개발에 대해 기술한다. 4장에서는 개발한 프레임워크를 기반으로 검증한 유스케이스에 대해 기술하며 마지막으로 5장에서는 결론을 논한다.

II. 관련 연구

2.1 oneM2M 표준 동향

oneM2M은 사물인터넷의 불편화를 방지하고자 2012년 한국의 TTA, 유럽의 ETSI, 일본의 ARIB와 TTC, 미국의 ATIS와 TIA, 중국의 CCSA 총 7개의 국가별 표준 기관(SDO)이 결성한 표준 협의체이며 2015년 인도의 TSDSI가 새로운 파트너로 들어오게 되어 총 8개의 표준 단체가 파트너로서 사물인터넷 표준 개발을 진행하고 있다. 국가별 표준 기관 외에도 약 200개 이상의 회원사가 oneM2M 표준에 함께 참여하고 있다. oneM2M 표준은 IoT 서비스의 공통 기능을 개발함으로써 특정 디바이스가 특정 서비스에 종속적이지 않도록 사물과 서비스를 독립적으로 분리하여 다양한 사물에 다양한 서비스를 제공하며 공통 인터페이스를 활용하여 서비스간 호환성을 높이는 것을 목표로 한다. oneM2M에서 개발한 공통 표준 기능 아키텍처는 그림 1과 같으며, IoT 서비스 도메인은 필드 도메인(Field Domain)과 인프라 도메인(Infrastructure Domain)으로 구분된다. Field Domain에는 M2M/IoT 디바이스로 M2M 응용 뿐만 아니라 공통 서비스 기능을 포함하는 응용서비스 노드(ASN, Application Service Node)와 M2M 서비스 기능만 포함하는 응용전담 노드(ADN, Application Dedicated Node)

가 있으며 M2M/IoT 게이트웨이 역할을 하는 중간노드(MN, Middle Node)로 구성된다. Infrastructure Domain에는 M2M/IoT 서버로서 IoT 서비스를 제공하는 인프라 노드(IN, Infrastructure Node)로 구성된다. 노드는 적어도 하나의 End-to-End 사물인터넷을 위한 애플리케이션 로직을 제공하는 응용개체(AE, Application Entity)나 사물인터넷의 다양한 AE들이 공통적으로 사용할 수 있는 기능들로 이루어진 플랫폼인 공통서비스개체(CSE, Common Services Entity)로 구성된다. 엔티티 간의 인터페이스는 CSE와 CSE 간 인터페이스인 Mcc, CSE와 AE 간 인터페이스인 Mca, CSE와 NSE 간 인터페이스인 Mcn을 통해 통신한다. oneM2M 표준은 현재 릴리즈 5(Relase 5)와 관련하여 개발 중이며 릴리즈 1(Relase 1)에서 릴리즈 5(Relase 5)까지의 핵심 연구 내용은 다음과 같다 [8-10].

- 릴리즈 1(Relase 1): 다양한 IoT 서비스에서 필요한 공통 서비스 기능(CSF, Common Services Function)을 oneM2M 플랫폼을 통해 제공하도록 정의
- 릴리즈 2(Relase 2): 다양한 인더스트리 사물인터넷 플랫폼 및 네트워크 연동 기능을 주목적으로 하여 스마트 홈, 스마트 빌딩을 대상으로 추가 표준 개발. oneM2M 플랫폼을 이용하는 애플리케이션의 개발자와 제조사 간의 호환성 보장
- 릴리즈 3(Relase 3): 기존 연동, 시멘틱, 보완 등과 관련한 기능 고도화. 스마트 팩토리 및 자율주행 차량을 지원하기 위한 표준 기능 제공 및 움직이는 사물인터넷 기기에 대한 기능을 강화하기 위해 이

동통신 표준 기술인 3GPP 등 네트워크 기술 간의 연동 기능 추가

- 릴리즈 4(Relase 4): 3GPP 연동 기능 고도화, oneM2M 시스템 최적화 및 포그/엣지 컴퓨팅 지원과 관련한 기능 개발
- 릴리즈 5(Relase 5): oneM2M 표준에 인공지능 기능 지원 연구

2.2 사물인터넷에 인공지능 기능 지원을 위한 기존 연구

사물인터넷 장치 및 플랫폼에 인공지능 기술을 접목하여 사물인터넷의 지능화를 위한 다양한 연구가 제안되었다. Pigtalk^[11]은 새끼 돼지가 암돼지에게 짓밟혀 압사당하는 것을 완화하고자 개발한 인공지능 기반 사물인터넷 플랫폼이다. 사육장 내 마이크 센서와 카메라 센서를 통해 음성 데이터 실시간 분석 및 모니터링으로 새끼 돼지의 비명소리를 감지하고 압사 방지를 위해 모돈에게 경고하는 액추에이터를 자동으로 활성화하도록 하였다. Furqan 외(2022)는 실내 환경에서 COVID19 전파를 방지하고자 사물인터넷과 인공지능 기술을 활용하여 실내 물리적 거리두기 위반을 모니터링 할 수 있는 시스템을 제안하였다^[2]. 카메라 센서를 통해 웹 기반 모니터링 시스템에 이미지가 전송되어 향후 COVID19 감염자가 발생 시 모니터링 및 접촉 추적을 수행하도록 하였다. Pratyush Reddy 외(2020)는 영농 기술의 발전으로 관개의 낭비를 줄이고자 인공지능 기술을 활용하여 작물에 필요한 물을 예측하는 스마트 관개 시스템을 제안하였다^[3]. 온습도 센서와 토양 수분 센서 데이터를 통해 물 공급이 필요할 시 농부에게 알림을 보내 작물에 물 공급이 필요할 때만 물을 주어 물 낭비를 방지하고자 하였다. 하지만 기존의 사물인터넷에 인공지능 서비스를 지원하는 기존 연구의 경우 사물인터넷 디바이스와 인공지능 모델 서비스가 통합적으로 개발된다. 따라서 사물인터넷 장치를 위해서 새롭게 개선된 인공지능 모델이나 새로운 기능의 모델을 필요에 따라서 다이나믹하게 연결할 수가 없다. 즉, 사물인터넷 디바이스와 인공지능 모델의 중축적인 구조로 인해 기존 사물인터넷 디바이스와 신규 인공지능 모델의 연결에 어려움이 발생하였다. 따라서, 사물인터넷 및 인공지능 서비스의 연결을 표준화된 방식으로 지원하기 위한 프레임워크가 필요하다.

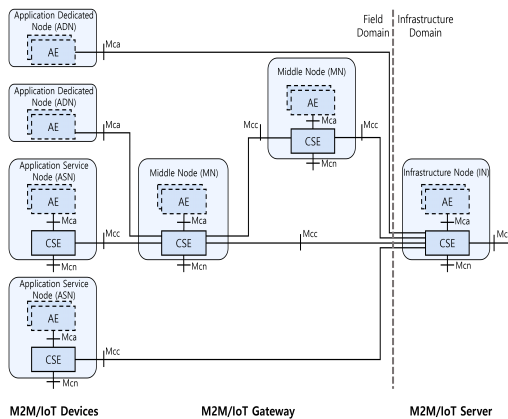


그림 1. oneM2M 표준 기능 아키텍처[6,7]
Fig. 1. oneM2M High-Level Functional Architecture[6,7]

2.3 oneM2M 표준 기반 사물인터넷에 인공지능 기능 지원을 위한 연구

사물인터넷 장치와 인공지능 모델의 종속적인 구조에서 벗어나 독립적인 구조 및 다양한 사물인터넷 플랫폼 간 손쉬운 연동을 위해 oneM2M 표준을 기반으로 사물인터넷에 인공지능 기능을 지원하는 연구가 시작되었다. Yun과 Woo(2020)는 사람의 이동 방향을 실시간으로 감지하고자 적외선 인체 감지(PIR) 센서 데이터를 oneM2M 표준 IoT 플랫폼으로 전송하여 여러 인공지능 알고리즘을 통해 성능을 비교 분석하여 제안하였다⁴⁾. Yun과 Woo(2021)는 미세먼지 농도를 모니터링 및 예측하고자 미세먼지(PM) 센서 데이터를 oneM2M 표준 IoT 플랫폼으로 전송하여 클러스터 분석을 기반으로 한 인공지능 모델을 통해 PM 농도 예측 방법을 제안하였다⁵⁾. 하지만 이러한 연구는 지능형 서비스에 oneM2M 표준을 단순하게 적용한 연구이며, 인공지능의 연결성을 서비스로 제공하는 프레임워크는 지원하지 않는다. 본 논문에서 우리는 oneM2M 표준에 인공지능 기능을 서비스로써 지원하기 위한 표준 구조와 프레임워크를 개발하고 실제 서비스에 적용함으로써 검증을 진행하였다.

III. oneM2M 표준 IoT 플랫폼 기반 AlaaS

3.1 oneM2M 표준 기반 인공지능 기능 중계 지원 구조

다양한 사물인터넷 디바이스에 다양한 인공지능 모델 서비스를 손쉽게 제공하기 위해 oneM2M 표준 기능 아키텍처^{6,7)}를 바탕으로 oneM2M 표준 기반의 인공지능 기능을 지원하는 표준 구조를 개발하였다. 그

림 2-a와 같이 기존에는 사물인터넷 장치와 인공지능 모델의 1:1, 1:N, N:1과 같은 연결을 개발 과정에서 고정된 직접적인 연결방식을 통해 인공지능 서비스를 수행하였다. 예를 들어 직접 연결 방식의 경우, 처음에 사물인터넷 장치 Sensor#1과 인공지능 모델 AI Model#1이 연결되면 Sensor#1의 데이터가 AI Model#1에만 전송되어 서비스가 수행되게 된다. 새롭게 Sensor#1에 다른 인공지능 모델인 AI Model#2를 연결하고자 할 경우, 서로 상이한 인터페이스와 연결과정을 지원하는 프레임워크의 부재로 서비스의 재개발이 요구된다. 이를 극복하기 위해 그림 2-b와 같이 oneM2M 표준 기능 아키텍처를 바탕으로 기존 oneM2M 표준에 사물인터넷 장치와 인공지능 모델을 N:N 방식으로 서비스 실행 중에서 중계해 줄 수 있는 oneM2M 표준 기반 중계 지원 방식의 인공지능 서비스(AI as a Service) 표준 구조를 개발하였다. 예를 들어 oneM2M 표준에 인공지능 서비스를 지원하는 방식의 경우, 사물인터넷 장치인 Sensor#1, Sensor#2, Sensor#3, Sensor#4는 oneM2M 표준 IoT 플랫폼인 IN-CSE에 각각 AE로 등록되어 ADN의 역할을 하며 센서 데이터는 Mca Reference point를 통해 IN-CSE인 oneM2M 표준 IoT 플랫폼 서버에 전송하게 된다. 또한, IN-CSE는 Mca Reference point를 통해 동일한 IN에 속해 있는 AE인 AI Service Enabler와 통신하며 인공지능 모델의 집합인 AI Service Hub에 속해 있는 AI Model#1이 Sensor#1과 연결되어 이미 수행하고 있더라도 다른 인공지능 모델인 AI Model#2, AI Model#3, AI Model#4의 서비스를 손쉽게 연결하고 제공 받을 수 있다.

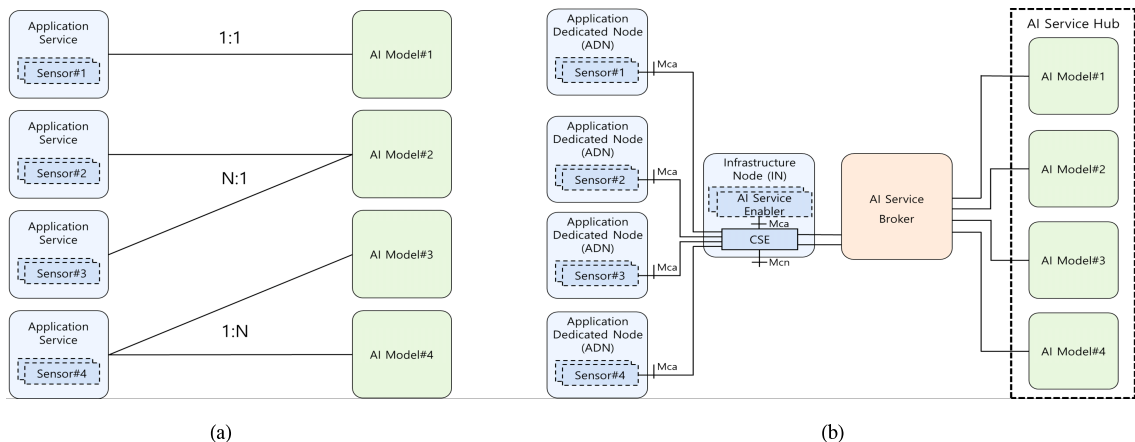


그림 2. 인공지능 지원 IoT 서비스 구조, (a) 직접 연결 방식, (b) oneM2M 표준 기반 중계 지원 방식
 Fig. 2. AI-enabled IoT service architecture. (a) the direct connection method, (b) the brokering method based on oneM2M standard

3.2 oneM2M 표준 기반 인공지능 지원 프레임워크

oneM2M 표준기반의 인공지능 기능 서비스를 지원하도록 개발한 표준 구조를 바탕으로 oneM2M 표준 IoT 플랫폼을 활용한 실시간 클라우드 기반 인공지능 서비스 프레임워크를 개발하였다. oneM2M 표준 IoT 플랫폼 기반 인공지능 서비스 프레임워크의 수행 절차는 그림 3, 4, 5와 같다.

AIaaS 초기 셋업 단계에서의 프레임워크 시퀀스 다이어그램은 그림 3과 같다. 먼저, 센서(예:ADN-AE)는 IN-CSE에 센서의 AE 등록 후 하위에 Sensor#N 컨테이너를 등록한다(Step 1-2). 센서가 동작하면 센

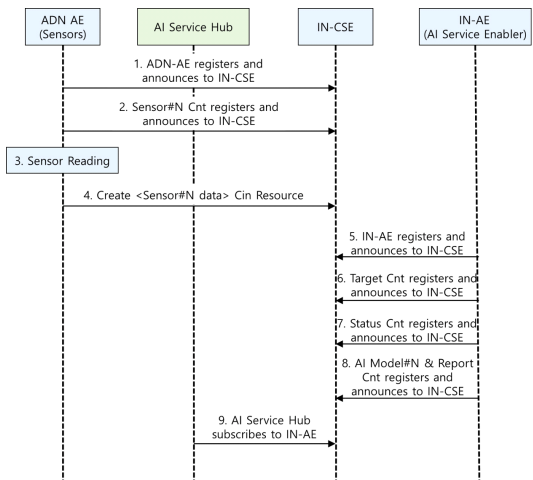


그림 3. oneM2M 표준 기반 AIaaS 프레임워크 시퀀스 다이어그램 - AIaaS 초기 셋업 과정
Fig. 3. oneM2M Standard-Based AIaaS Framework Sequence Diagram - AIaaS Initial Setup Process

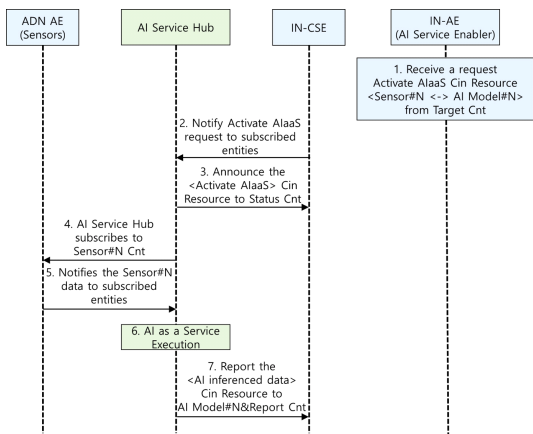


그림 4. oneM2M 표준 기반 AIaaS 프레임워크 시퀀스 다이어그램 - AIaaS 연결 및 실행 기능
Fig. 4. oneM2M Standard-based AIaaS Framework Sequence Diagram - AIaaS Connection and Execution Function

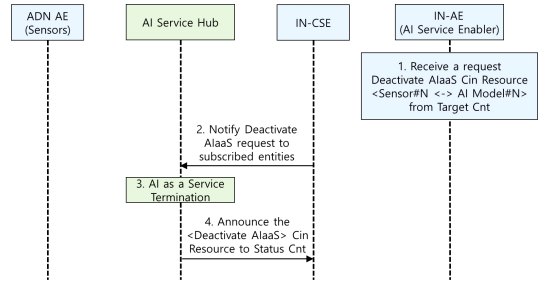


그림 5. oneM2M 표준 기반 AIaaS 프레임워크 시퀀스 다이어그램 - AIaaS 해지 기능
Fig. 5. oneM2M Standard-based AIaaS Framework Sequence Diagram - AIaaS Termination Function

서 데이터는 Sensor#N 컨테이너 하위에 Cin(Content instance) 리소스로 생성이 된다(Step 3-4). IN-AE는 IN-CSE에 AI Service Enabler AE를 등록 후 하위에 Target, Status, AI Model#N&Report 컨테이너를 등록한다(Step 5-8). 이후 AI Service Hub에서는 센서와 인공지능 서비스의 연결, 실행, 해지 기능을 수행하기 위해 사용자의 요청이 들어오는 IN-AE를 구독한다(Step 9).

AIaaS 연결 및 실행 기능을 수행하는 프레임워크 시퀀스 다이어그램은 그림 4와 같다. IN-AE 하위 Target 컨테이너에 Sensor#N과 AI Model#N의 AIaaS 활성화 요청을 리소스로 받게 되면 IN-AE를 구독하고 있던 AI Service Hub에 알림이 전송된다(Step 1-2). 이후 AI Service Hub에서는 AIaaS 활성화가 정상적으로 수행된다는 응답 리소스를 IN-AE 하위 Status 컨테이너에 알린다(Step 3). AI Service Hub는 Sensor#N 컨테이너를 구독하여 실시간으로 Sensor#N 컨테이너 하위에 생성되는 센서 데이터로부터 알림을 받는다(Step 4-5). 이후 실시간으로 전송 받는 Sensor#N 데이터와 AI Model#N의 인공지능 서비스를 실행하게 되고 인공지능으로부터 추론된 결과 값은 IN-AE 하위의 AI Model#N&Report 컨테이너로 전송한다(Step 6-7).

AIaaS 해지 기능을 수행하는 프레임워크 시퀀스 다이어그램은 그림 5와 같다. IN-AE 하위 Target 컨테이너에 Sensor#N과 AI Model#N의 AIaaS 비활성화 요청을 리소스로 받게 되면 IN-AE를 구독하고 있던 AI Service Hub에 알림이 전송된다(Step 1-2). 이후 AI Service Hub에서는 Sensor#N과 AI Model#N의 인공지능 서비스를 해지 후 IN-AE 하위의 Status 컨테이너에 해지가 정상적으로 수행되었음을 알린다(Step 3-4).

IV. oneM2M 표준 기반 AlaaS 유스케이스

oneM2M 표준 IoT 플랫폼 기반 AlaaS 프레임워크를 기반으로 한 지능형 스토어와 지능형 화재 상황 모니터링 시스템 유스케이스를 통해 프레임워크를 검증하였다. 유스케이스에서 사용된 인공지능 모델은 총 3가지로 <표 1>과 같다. beverageCf 모델은 음료를 분류해주는 모델로서 학습된 class는 총 4가지 과일, 음료, 환타, 콜라, 토레타이다. 인공지능 모델의 학습 데이터 셋은 웹에서 크롤링한 데이터와 직접 다양한 음료의 사진을 찍어서 수집하였고 이를 Google이 제공하는 Teachable machine^[11]에 학습시켜 모델을 생성하였다. Input 형식은 인코딩된 이미지 데이터이며 Output 형식은 음료명과 정확도이다. humanDetection 모델은 사람을 감지하는 모델로서 사진 속 실제 사람을 감지하여 인원을 카운팅한다. 인공지능 모델은 GitHub 오픈 소스에 YOLOv5로 생성된 모델^[12]을 이용하였다. Input 형식은 인코딩된 이미지 데이터이며 Output 형식은 이미지 내 총 인원이다. visualLocalization 모델은 DB에 저장되어있는 사진과 Query로 들어오게 되는 요청 사진을 매칭하여 현재 위치하고 있는 장소의 레이블을 생성한다. 인공지능 모델은 깃허브 오픈 소스에서 Patch-NetVLAD로 생성된 모델^[13]을 이용하였다. 이 모델의 경우, DB와 Query 데이터를 매칭 시켜주는 모델이기에 DB 폴더에 미리 여러 장소의 이미지가 들어가 있어야 한다. 유스케이스 검증을 위해 세종대학교 대양 AI센터 건물 5층의 이미지를 이용하였다. Input 형식은 인코딩된 이미지 데이터이며 Output 형식은 Input으로 들어온 이미지의 위치 레이블이다. oneM2M 표준기반 인공지능 서비스 프레임워크는 oneM2M 표준 IoT 플랫폼

품인 Mobius^[14]를 기반으로 센서 데이터 업로드 및 인공지능 서비스를 제공할 수 있으며 AI Service Broker는 고속 데이터 브로커링을 위해 Kafka^[15]를 사용하였다. AI Service Hub는 Python을 기반으로 인공지능 서비스를 제공한다.

4.1 유스케이스1 - 지능형 스토어

최근 무인 스토어가 많이 생기고 있지만, 아직도 재고 관리를 위해서 관리자는 스토어에 자주 방문하여야 한다. 또한, 결제하지 않은 재고의 변동이 실시간으로 반영되지 않아 도난이 발생하더라도 관리자가 다시 재고를 확인하기 전까지 파악하기 어려움이 있다. 이를 해결하고자 oneM2M 표준 IoT 플랫폼 기반 AlaaS를 통해 자동으로 상품을 인식 후 실시간으로 재고 관리를 하는 지능형 스토어^[16]를 개발하였다. 지능형 스토어 유스케이스에서는 카메라 센서와 무게 센서를 사용하였다. 카메라 센서는 진열된 상품의 종류를 인식하기 위하여 사용되며, 무게 센서는 진열된 상품의 수량을 파악하기 위하여 상품의 무게를 측정하는 데 사용된다. 두 가지 센서를 동시에 사용하는 이유는 카메라 센서로 진열된 상품의 종류와 수량을 파악할 시, 상품이 가려져서 카메라 센서로 파악하기 어려운 부분이 발생하기 때문에 카메라 센서로 상품의 종류를 인식하고, 시스템에 등록된 상품의 기본 정보 메타 데이터(단위 상품의 무게 정보 등)를 바탕으로 무게 센서로 측정된 무게와 자체 개발한 자동 카운팅 알고리즘을 통해 상품의 수량을 파악한다. 카메라 센서로 촬영한 이미지는 이전에 촬영한 이미지와 비교하여 다른 상품으로 변동이 없으면, 무게 센서값의 변동만으로 자동으로 상품을 카운팅하게 된다. 지능형 스토어 유스케이스에서는 위에서 개발한 프레임워크에 기반하여, 그림 6과 같이 카메라 센서를 통해 업로드 되는 데이터를 바탕으로 음료를 분류하는 모델 (beverageCf)에 대한 AlaaS 서비스 요청을 한다. AlaaS 요청을 받게 되면 AI Service Hub는 초기 IN-CSE에 등록된 카메라 센서의 AE 하위 *Wide ViewCamSensor* 컨테이너를 구독하여 실시간으로 *Wide ViewCamSensor* 컨테이너 하위에 생성되는 이미지 인코딩 데이터를 AI Service Broker를 통해 실시간으로 전달받게 된다. 이후 실시간으로 전송 받은 이미지 인코딩 데이터와 음료를 분류하는 모델 (beverageCf)의 인공지능 서비스를 실행하게 되고 인공지능으로부터 추론된 결과 값은 IN-AE 하위의 음료를 분류하는 모델 (beverageCf) 컨테이너 하위 Report 컨테이너로 반환된다. 지능형 스토어를 구성한

표 1. AlaaS 유스케이스 인공지능 모델
Table 1. AI models for AlaaS services

Model name	Reference model	AI service	Output format
beverageCf	Google teachable machine[11]	Beverage classification	Beverage name, Accuracy
human Detection	YOLOv5-crowdhuman[12]	Human detection	Total number of people in the image
visual Localization	Patch-NetVLAD[13]	Indoor/Outdoor positioning	Location label for image

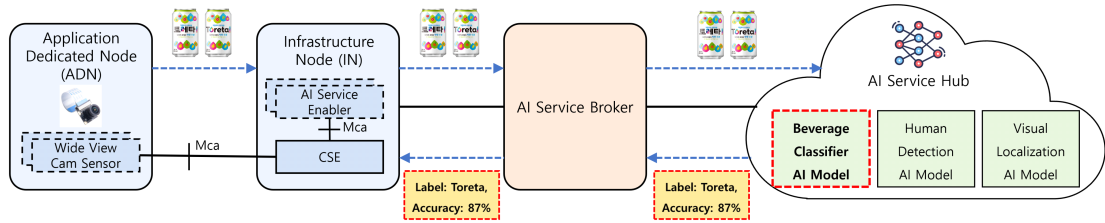


그림 6. oneM2M 표준 기반 AIaaS 프레임워크 검증을 위한 유스케이스 1 - 지능형 스토어
 Fig. 6. Use Case 1 for Validating oneM2M Standards-Based AIaaS Framework - Intelligent Store

주요 모듈은 <표 2>와 같다. 3개의 층으로 이루어진 선반에 각 층마다 카메라 센서와 Wi-Fi를 지원하는 무게 센서를 설치하였고 테스트 물품으로는 환타, 토레타, 콜라, 파워에이드 총 4가지 음료로 구성하였다. 관리자가 물품의 재고 현황을 파악할 수 있는 재고 관리 웹은 Node-RED^[17]를 이용하여 구축하였다.

지능형 스토어 유스케이스에서는 스토어 내 각 선반에 설치된 카메라 센서와 음료 분류 모델의 순쉬운 연결을 위해 AIaaS 프레임워크를 이용하였으며 이 모델을 통해 그림 7(좌)와 같이 각 선반에 있는 음료명(예: 토레타)을 알 수 있다. 음료명을 토대로 음료의 기본 무게 메타 데이터를 기반으로 자체 개발한 자동 카운팅 알고리즘을 통해 그림 7(우)와 같이 수량(예: 12개)을 알 수 있다. 이를 통해, 스토어 관리자는 시공간 제약이 없는 실시간 재고 관리를 기대할 수 있다.

표 2. 지능형 스토어 구성 주요 모듈
 Table 2. Intelligent store configuration main modules

Module	Description
AI Service Hub	- language support: Python - AI Framework: Tensorflow - used model: beverageCf
AI Service Broker	- Kafka based brokering service
Infrastructure Node-CSE	- Mobius platform open source version 2.4.42[14]
Infrastructure Node-AI Service Enabler	- Node-RED[17] based web service
Application Dedicated Node	Hardware: - Raspberry-Pi 4 - wide angle camera - weight sensor with WIFI (customized) Software: - oneM2M compatible AEs (Application Entities)

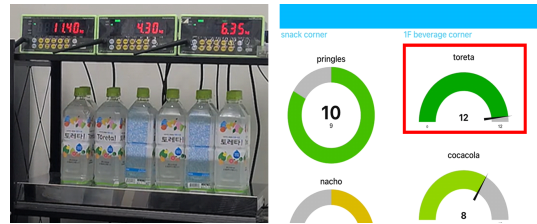


그림 7. 지능형 스토어 검증을 위한 테스트 물품(좌), 재고 관리 UI 화면(우)
 Fig. 7. Test Item for Intelligent Store Verification (Left), Inventory Management UI Screen (Right)

4.2 유스케이스2 - 지능형 화재 상황 모니터링 시스템

현재 건물에 화재가 발생하면 소방관이 도착하기 전까지 소방 당국에서 적극적으로 대처하기 어렵다. 건물 내 IoT 기기, 재난 로봇 등을 활용하여 실시간으로 화재 상황 데이터를 집계하는 플랫폼이 부재하기 때문이다. 이를 해결하고자 oneM2M 표준 IoT 플랫폼 기반 AIaaS를 통해 실시간으로 피구조자의 전체 인원 및 재난 로봇의 위치를 파악하여 소방 당국이 신속하게 화재 상황을 대처할 수 있는 지능형 화재 상황 모니터링 시스템^[18]을 개발하였다. 지능형 화재 상황 모니터링 시스템에서는 카메라 센서를 사용하였다. 카메라 센서는 피구조자의 전체 인원을 파악하고 재난 로봇의 위치를 파악하는 두 가지의 목적으로 사용한다. 지능형 화재 상황 모니터링 시스템은 위에서 개발한 프레임워크에 기반하여, 그림 8와 같이 각각의 카메라 센서를 통해 업로드 되는 데이터를 바탕으로 사람을 감지하는 모델(humanDetection)과 실내의 위치 측위 모델(visualLocalization)의 AIaaS 서비스 요청을 한다. AIaaS 요청을 받게 되면 AI Service Hub는 초기 IN-CSE에 등록된 카메라 센서의 AE 하위 *WideViewCamSensor* 컨테이너와 *DepthCamSensor* 컨테이너를 구독하여 해당 컨테이너 하위에 생성되는 이미지 인코딩 데이터를 AI Service Broker를 통해 실시간으로 전달받게 된다. 이후 실시간으로 전송 받

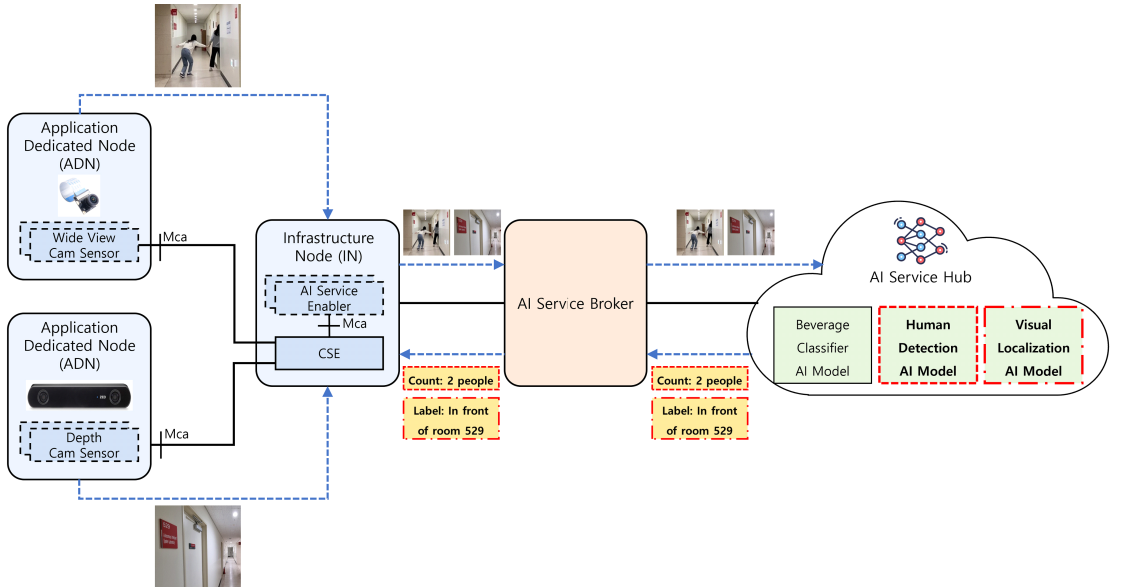


그림 8. oneM2M 표준 기반 AIaaS 프레임워크 검증을 위한 유스케이스 2 - 지능형 화재 상황 모니터링 시스템
 Fig. 8. Use Case 2 for Validating oneM2M Standards-Based AIaaS Framework - Intelligent Fire Situation Monitoring System

표 3. 지능형 화재 상황 모니터링 시스템 구성 주요 모듈
 Table 3. Intelligent Fire Situation Monitoring System configuration main modules

Module	Environment
AI Service Hub	- language support: Python - AI Framework: Tensorflow - used model: humanDetection, visualLocalization
AI Service Broker	- Kafka based brokering service
Infrastructure Node-CSE	- Mobius platform open source version 2.4.42[14]
ADN for Environment Sensor	Hardware: - Raspberry-Pi 4 - wide angle camera Software: - oneM2M compatible AEs (application entities)
ADN for Disaster robot	Hardware: - WeGo's self-produced ST - ZED2 Depth Camera Software: - oneM2M compatible AEs (Application Entities)
Digital Twin Platform for IN-AE	- NVIDIA's Omniverse platform[19]

는 이미지 인코딩 데이터와 사람을 감지하는 모델 (humanDetection)과 실내의 위치 측위 모델

(visualLocalization)의 인공지능 서비스를 실행하게 되고 각각 인공지능으로부터 추론된 결과 값은 IN-AE 하위의 사람을 감지하는 모델(humanDetection)과 실내의 위치 측위 모델(visualLocalization) 컨테이너 하위 Report 컨테이너로 반환된다. 지능형 화재 상황 모니터링 시스템을 구성한 주요 모듈은 <표 3>과 같다. 지능형 모니터링 시스템을 검증하기 위해 세종대학교 대양 AI센터 건물 5층을 테스트 베드로 선정하였다. WeGo사의 ST를 재난 로봇으로 활용하였고 True Depth Camera인 ZED 카메라를 재난 로봇의 위치를 파악하기 위한 용도로 장착하였다. 또한, 전체 인원을 파악하기 위해 복도 구역을 3곳으로 나누어 각각의 구역에 라즈베리파이 카메라를 설치하였다. 현실 세계의 화재 상황을 실시간으로 모니터링하기 위하여 컴퓨터에 현실 세계를 똑같이 반영하여 현실 세계에서 발생할 수 있는 상황을 모니터링 및 시뮬레이션할 수 있게 디지털 트윈 플랫폼인 NVIDIA사의 Omniverse 플랫폼^[19]을 이용하여 구축하였다.

지능형 화재 상황 모니터링 시스템에서는 복도에 설치된 카메라 센서와 사람 감지 모델의 손쉬운 연결을 위해 AIaaS 프레임워크를 이용하였으며 이 모델을 통해 그림 9(좌)와 같이 복도에 사람이 총 2명이 존재한다는 것을 추론하였다. 추론된 사람의 인원을 토대로 그림 9(우)와 같이 디지털 트윈에 동기화 하여 화재 상황 시 피구조자의 전체 인원 파악을 기대할 수 있다.



그림 9. 피구조자 인원 파악을 위한 이미지 데이터(좌), 복도 구역 별 인원의 디지털 트윈 연동(우)
 Fig. 9. Image data for identifying the number of rescuers (Left), Connecting digital twins of each zone's population in the hallway (Right)

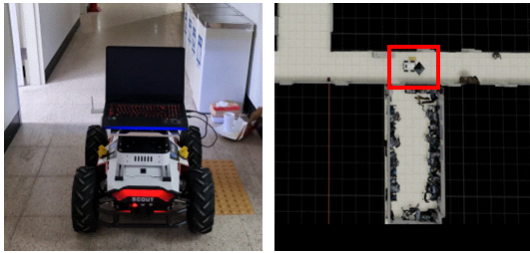


그림 10. 실시간 로봇 위치 파악을 위한 이미지 데이터(좌), 실시간 로봇 위치의 디지털 트윈 연동(우)
 Fig. 10. Image data for real-time robot positioning (Left), Connecting digital twins of real-time robot position (Right)

지능형 화재 상황 모니터링 시스템에서는 재난 로봇에 장착된 카메라 센서와 실내의 위치 측위 모델의 손쉬운 연결을 위해 AIaaS 프레임워크를 이용하였으며 이 모델을 통해 그림 10(좌)와 같이 현재 로봇의 위치(529호 앞)를 추정하였다. 추정된 로봇의 위치를 토대로 그림 10(우)와 같이 디지털 트윈에 동기화 하여 화재 상황 시 GPS가 없는 실내에서도 정확한 재난 로봇의 위치 파악을 기대할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 oneM2M 표준에 인공지능 기능을 지원하는 표준 구조를 제안하고 이를 바탕으로 oneM2M 표준 IoT 플랫폼에 실시간 클라우드 기반 인공지능 서비스(AIaaS)를 제공하기 위한 프레임워크를 개발하였다. 개발된 oneM2M 표준기반 AIaaS 프레임워크를 지능형 스토어와 지능형 화재 상황 모니터링 서비스에 적용하여 실 환경에서 검증하였다. oneM2M 표준 IoT 플랫폼과 연동되는 AIaaS는 사용자의 요청에 따라 연결, 실행, 해지 기능을 수행한다. oneM2M 표준 IoT 플랫폼을 통해 여러 사물인터넷 디바이스와 인공지능 모델의 연결이 독립적으로 구동

되어 인공지능 서비스를 손쉽게 연동할 수 있다.

References

- [1] W. E. Chen, Y. B. Lin, and L. X. Chen, "PigTalk: An AI-based IoT platform for piglet crushing mitigation," in *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 17, no. 6, pp. 4345-4355, Jun. 2021.
 (<https://doi.org/10.1109/TII.2020.3012496>)
- [2] M. D. Furqan, A. Achmad, Wardi, and M. Niswar, "IoT and AI-enabled physical distance monitoring application to prevent COVID19 transmission," *IEEE CyberneticsCom*, pp. 117-120, Malang, Indonesia, 2022.
 (<https://doi.org/10.1109/CyberneticsCom55287.2022.9865290>)
- [3] K. S. P. Reddy, Y. M. Roopa, K. Rajeev L. N., and N. S. Nandan, "IoT based smart agriculture using machine learning," *2020 ICIRCA*, pp. 130-134, Coimbatore, India, 2020.
 (<https://doi.org/10.1109/ICIRCA48905.2020.9183373>)
- [4] J. Yun and J. Woo, "A comparative analysis of deep learning and machine learning on detecting movement directions using pir sensors," in *IEEE Internet of Things J.*, vol. 7, no. 4, pp. 2855-2868, Apr. 2020.
 (<https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2963326>)
- [5] J. Yun and J. Woo, "IoT-Enabled particulate matter monitoring and forecasting method based on cluster analysis," in *IEEE Internet of Things J.*, vol. 8, no. 9, pp. 7380-7393, May 2021.
 (<https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3038862>)
- [6] J. Kim, et al., "Standard-based IoT platforms interworking: Implementation, experiences, and lessons learned," in *IEEE Commun. Mag.*, vol. 54, no. 7, pp. 48-54, Jul. 2016.
 (<https://doi.org/10.1109/MCOM.2016.7514163>)
- [7] J. Swetina, G. Lu, P. Jacobs, F. Ennesser, and J. Song, "Toward a standardized common M2M service layer platform: Introduction to oneM2M," in *IEEE Wireless Commun.*, vol.

21, no. 3, pp. 20-26, Jun. 2014.

(<https://doi.org/10.1109/MWC.2014.6845045>)

- [8] oneM2M, *Published specifications*, Retrieved Jan. 20, 2023, from <https://www.onem2m.org/technical/published-specifications>
- [9] S. M. Jeong, "Special Report - Standardization Status of oneM2M IoT Service Platform," *TTA J.*, pp. 25-29, 2016.
- [10] J. Kim, et al., "Intelligent Processing of IoT Data based on oneM2M Platform," *KICS Inf and Commun. Mag.*, vol. 38, no. 10, pp. 17-23, 2021.
- [11] *Teachable Machine*, Retrieved Jan. 20, 2023, from <https://teachablemachine.withgoogle.com/deepakcrk>, Retrieved Jan. 20, 2023, from <https://github.com/deepakcrk/yolov5-crowdhuman>
- [12] *StephenHausler*, Retrieved Jan. 20, 2023, from <https://github.com/QVPR/Patch-NetVLAD>
- [13] *Mobius*, Retrieved Jan. 20, 2023, from <https://github.com/IoTKETI/Mobius>
- [14] Kafka, Retrieved Jan. 20, 2023, from <https://kafka.apache.org/>
- [15] *Development of Multi-Sensor Based Object Counting System for Intelligent Stores(2022)*, Retrieved Mar. 24, 2023, from <https://www.youtube.com/watch?v=Ds2LofmWyKo>
- [16] *Node-RED*, Retrieved Jan. 20, 2023, from <https://nodered.org/>
- [17] *Fire Situation Monitoring System Through Connection with DT and Unmanned Smart Mobility Vehicles(2022)*, Retrieved Mar. 24, 2023, from <https://www.youtube.com/watch?v=meyFxxkzvn8w>
- [18] NVIDIA, *Omniverse Platform*, Retrieved Jan. 20, 2023, from <https://www.nvidia.com/en-us/omniverse/>

김 유 진 (Yujin Kim)



2020년 3월~현재 : 세종대학교
전자정보통신공학과 학석사통합
과정
<관심분야> 사물인터넷, 인공지능,
디지털 트윈
[ORCID:0009-0004-0243-7158]

원 주 연 (Juyeon Weon)



2020년 3월~현재 : 세종대학교
전자정보통신공학과 학사과정
<관심분야> 사물인터넷, 인공지능,
디지털 트윈

오 현 수 (Hyeonsu Oh)



2020년 3월~현재 : 세종대학교
전자정보통신공학과 학석사
통합과정
<관심분야> 사물인터넷, 인공지능,
디지털 트윈

김 재 호 (Jaeho Kim)



2017년 : 연세대학교 전기전자공
학과 박사
2000년~2020년 : 한국전자기술
연구소 자율지능IoT연구센터장
2019년~현재 : TTA 사물인터넷/
스마트시티 플랫폼 표준그룹
(PG1001) 의장

2020년~현재 : 세종대학교 전자정보통신공학과 교수
2021년~현재 : ITRC 메타버스 자율트윈 연구센터 센터장

<관심분야> 사물인터넷, 자율지능시스템, 스마트시티
플랫폼, 디지털트윈 및 메타버스

[ORCID:0000-0001-6597-7988]