

oneM2M 표준 인터페이스 확장 기반 스마트시티 데이터 마켓플레이스 및 서비스 개발

정승명*, 김성윤*, 이인송*

Development of Smart City Data Marketplace and Service Based on oneM2M Standard Interface Extensions

SeungMyeong Jeong*, Seong-yun Kim*, In-Song Lee*

요 약

oneM2M은 ITU-T 표준으로 전환 채택된 글로벌 IoT 플랫폼 표준 기술로서 스마트시티 플랫폼 구축에도 활용되고 있다. 본 연구에서는 oneM2M 표준 인터페이스를 확장 개발하여 스마트시티 데이터 마켓플레이스를 개발하고 마켓플레이스에서 유통하는 표준 데이터 모델을 정의하고 서비스에 적용 개발하였다. 종래 연구에서 보완점으로 도출한 데이터셋과 사용자 개념 지원을 통해 스마트시티에서 적용 가능한 표준 기술을 설계하고 검증하였다. 이는 스마트시티 플랫폼 간 상호운용성 확보를 위한 주요 개념을 검증하는 것으로 표준 IoT 플랫폼을 적용한 의의가 있다.

Key Words : oneM2M, IoT, Smart City, Interoperability, Data Marketplace

ABSTRACT

oneM2M, which is the global IoT platform standard, was transposed as the ITU-T Recommendation standards and it has been adopted to smart city platform deployments. In this research, oneM2M standard interfaces have been extended and the data marketplace has been developed. Also, the data models are defined for smart city services and distributed by the marketplace. The shortcomings, support for dataset and user concept, from the previous research have been enabled in this work. This paper shows that the IoT standard platform realizes the key pillars of smart city interoperability.

1. 서 론

스마트시티에서 정보통신기술의 역할은 IoT (Internet of Things) 및 AI(Artificial Intelligence) 등의 기술을 활용하여 시민의 삶의 질 향상을 위해 도시 문제를 해결하고 도시의 지속 가능성을 높이는 데 있다. 본 논문에서는 IoT의 대표적인 표준 플랫폼 기술

인 oneM2M을 기반으로 이를 확장 적용한 플랫폼과 이와 연동하는 도시 데이터 유통을 위한 데이터 마켓플레이스 기술 개발 그리고 AI 기반의 서비스 개발을 통한 개념 검증 연구 내용을 서술한다.

유럽 및 글로벌 스마트시티 연합체인 OASC (Open & Agile Smart Cities)에서는 스마트시티 간 상호 연동하기 위한 매커니즘(MIMs: Minimal Interoperable

※ 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “국제공동기술개발사업”의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다.

• First and Corresponding Author : Autonomous IoT Research Center, Korea Electronics Technology Institute, sm.jeong@keti.re.kr, 정희원

* Autonomous IoT Research Center, Korea Electronics Technology Institute, seongyun.kim@keti.re.kr, 정희원; insong@keti.re.kr
논문번호 : 202011-270-0-SE, Received October 30, 2020; Revised November 20, 2020; Accepted November 23, 2020

Mechanisms)을 정의하였는데 이는 SynchroniCity 프로젝트에서 실증되었다. OASC의 MIMs는 표준 API(Application Programming Interface), 공통 데이터 모델 그리고 데이터 마켓플레이스를 포함한다¹⁾.

유럽에서 H2020의 스마트시티 대규모 실증사업으로 진행된 SynchroniCity 프로젝트는 스마트시티 솔루션의 상호운용성을 제고하고 규모의 경제를 달성하기 위해 디지털 싱글마켓 구현을 목표로 IoT에 기반한 플랫폼 및 서비스를 개발 및 검증하였다. 이 프로젝트는 유럽 기관들뿐만 아니라 한국 기관도 참여하여 MIMs를 구현 검증하였는데 유럽에서는 OMA(Open Mobile Alliance)의 NGSI(Next Generation Service Interface)를 구현한 플랫폼으로 실증이 이루어졌고, 한국 컨소시움에서는 국제 IoT 표준인 oneM2M을 활용한 기술 개발이 진행되었다. 따라서 SynchroniCity 한국 컨소시움에서는 oneM2M 표준 인터페이스를 준용 및 확장하여 스마트시티 플랫폼을 개발하고, 데이터 모델을 정의하여 표준 플랫폼과 연동하는 데이터 마켓플레이스와 서비스를 개발하였다.

이러한 스마트시티 상호운용성 보장의 핵심 요소는 SynchroniCity 프로젝트뿐만 아니라 현재 국내에서 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트에서 개발 중인 스마트시티 데이터 허브에서도 핵심 기술로 개발 진행 중인 요소들이다. 데이터 허브 플랫폼은 NGSI-LD(Next Generation Service Interface - Linked Data) 표준 API를 기반으로 데이터 모델 및 데이터 마켓플레이스를 구축하여 스마트시티 데이터 플랫폼을 개발하였다²⁾.

본 논문은 oneM2M 국제 표준 기반의 MIMs 적용 스마트시티 플랫폼 및 서비스 개발 연구 내용과 다음과 같은 순서로 소개한다. 2장은 본 연구에서 활용한 배경기술로서 oneM2M 표준과 MIMs를 적용한 관련 연구 사례를 소개한다. 이어서 3장은 마켓플레이스 개발에 필요한 oneM2M 표준 인터페이스를 확장한 플랫폼 고도화 연구를 제시하며, 4장은 해당 oneM2M 플랫폼 및 데이터 모델을 적용한 AI 기반 스마트시티 서비스 개발 사례를 소개한다. 마지막으로 5장에서는 본 연구의 의의를 및 활용 방안을 제시하고 향후 진행할 후속 연구에 대해서 요약한다.

II. 배경 기술

2.1 oneM2M 표준 기술

2.1.1 데이터 관리 API

oneM2M 플랫폼은 기본적으로 어플리케이션 간에 데이터를 저장, 공유하고 이를 플랫폼이 관리하는 기능을 제공한다. 예를 들어 센서 어플리케이션이 온도 데이터를 플랫폼에 주기적으로 저장하고 이를 검색 기능으로 발견한 서비스 어플리케이션이 서비스에 활용하는 시나리오가 가능하다.

데이터 관리는 데이터 공유 리소스를 통해 제공되며 container 및 flexContainer와 같은 리소스 타입이 있으며 그림 1은 해당 리소스를 사용하는 예시를 나타낸다.

예를 들어 container는 데이터의 저장소를 나타내며 데이터 저장소는 그림 1과 같이 계층적으로 표현할 수 있다. 예를 들어 건물, 층, 호실과 같은 순서로 환경 센서의 값을 저장하기 위한 공간을 container 리소스로 구성하면 물리적 공간이나 현상을 계층적 리소스로 표현할 수 있다. 최신 데이터는 가상 자녀 리소스인 latest를 통해 액세스 가능하며 신규 데이터(contentInstance 리소스) 생성과 같은 통지 메시지 수신을 위해 subscription을 생성할 수 있다. 또한 데이터 저장소로서 최대 저장 가능한 데이터 인스턴스 개

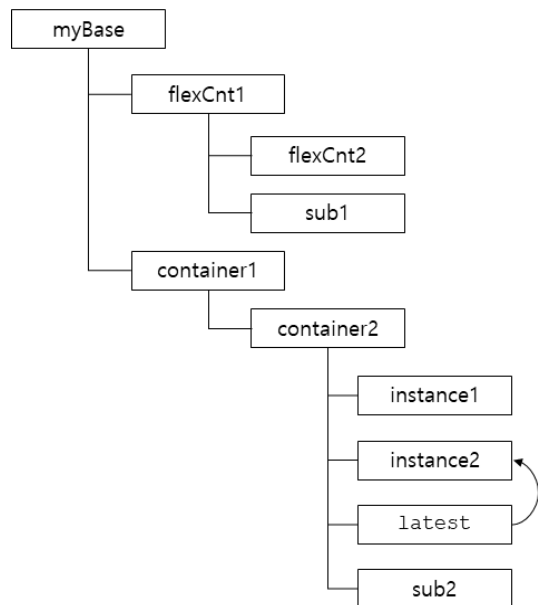


그림 1. oneM2M 데이터 공유 리소스 예시
Fig. 1. Example of oneM2M Data Sharing Resources

수와 크기를 설정할 수 있고 센싱 데이터의 개수나 크기 총합이 설정값을 초과하는 경우 데이터 삭제제를 자동으로 수행하는 등의 관리 기능을 제공한다.

flexContainer의 경우 container와 같이 계층적으로 데이터를 표현할 수 있고 구독/통지 기능을 사용할 수 있다. 차이점으로는 container의 경우 데이터는 contentInstance 리소스에 저장하고 이 때 모든 응용 데이터를 content 속성에 저장하는 반면, flexContainer의 경우 서비스 데이터를 리소스의 속성 레벨로 정의하며 이를 바탕으로 속성별 검색, 구독 및 조건부 요청 수행 기능을 사용할 수 있다.

2.1.2 접근 제어 API

데이터를 서로 다른 어플리케이션 간에 공유하기 위해서 접근 제어를 활용할 수 있다. 공공 데이터의 경우 누구나 활용할 수 있도록 데이터 획득을 허용할 수 있다. 하지만 그렇지 않은 경우에 특정 어플리케이션만 접근 가능하도록 정책을 설정하고 이에 따라 플랫폼은 미리 설정된 접근 정책에 따라 어떤 어플리케이션이 해당 데이터에 접근할 수 있는지 판단할 수 있다.

그림 1은 oneM2M 표준의 접근 제어 개념을 간단히 도시한다. 요청자가 특정 리소스에 대한 요청을 보내면 플랫폼은 해당 리소스 접근 제어에 필요한 정책을 확인한다. 예시에서 AE1을 식별자로 가지는 요청자는 해당 리소스를 획득(Retrieve)할 수 있다. 다만 추가 설정에 의해 해당 리소스가 container 타입인 경우에만 이를 허용한다. 이와 같이 oneM2M은 데이터 공유에 있어 접근 정책을 설정할 수 있도록 기능을 지원하고 있으며 예시의 리소스 타입뿐만 아니라 다양한 맥락 정보에 의해 상세한 접근 제어 정책을 설정할 수 있다.

2.1.3 사용자 개념 지원

oneM2M 릴리즈 4 표준 아키텍처는 종래의 어플리케이션과 플랫폼 간의 인터페이스 정의를 확장하여 어플리케이션의 요청에 어플리케이션 사용자(Subscriber and User) 정보를 추가하여 이를 활용하는 기능을 추가로 제공한다¹⁾.

사용자 개념은 과금뿐만 아니라 접근 제어에 적용되어 oneM2M 어플리케이션이 요청 메시지를 전송할 때 해당 어플리케이션을 사용자 식별자를 기반으로 접근 제어를 수행할 수 있게 되었다. 그림 2의 예에서 AE1이라는 어플리케이션이 container 타입의 리소스에만 접근할 수 있는 추가 접근 정책처럼 어플리케이션

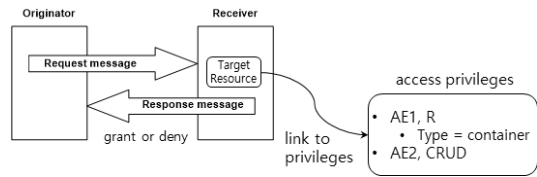


그림 2. oneM2M 접근 제어 개념
Fig. 2. Concept of oneM2M Access Control

의 특정 사용자만 권한을 갖도록 정책 설정이 가능하다.

2.2 관련 연구

2.2.1 SynchroniCity 플랫폼

OASC와 협력 관계를 통해 유럽의 여러 도시에 MIMs를 구현한 SynchroniCity 프로젝트에서는 NGSI 인터페이스를 기반으로 데이터 마켓플레이스를 구현하였다⁴⁾. 또한 데이터 마켓플레이스는 종래 FIWARE에서 정의한 NGSI 호환 데이터 모델⁵⁾과 이를 확장한 SynchroniCity의 데이터 모델⁶⁾을 통해 서비스를 개발하고 데이터 마켓플레이스에 적용하였다.

SynchroniCity의 데이터 마켓플레이스는 접근 제어, 사용자 관리를 위해 NGSI Context Broker 외의 소프트웨어를 추가로 통합 구축해야 한다. 반면 본 연구는 oneM2M 표준의 기능 확장을 통해 구현되어 별도의 시스템 통합을 요구하지 않는다. 또한 데이터를 제공하는 oneM2M 플랫폼에 마켓플레이스 지원 기능을 구현하였으므로 사용량 제한 등 데이터 정책 관리 기능이 플랫폼에서 직접 제공될 수 있다.

2.2.2 스마트시티 데이터 허브

국내 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트에서 개발 중인 데이터 허브 플랫폼은 NGSI-LD 인터페이스를 통해 접근하는 개별 데이터(Entity 리소스)를 데이터 마켓플레이스를 통해 데이터셋으로 묶어 이를 유통하는 기능을 제공한다²⁾. 이를 통해 프로젝트에서 정의 중인 표준 데이터 모델을 따르는 다양한 도메인의 도시 데이터를 여러 어플리케이션에서 활용할 수 있다.

NGSI-LD 표준에 의해 데이터를 저장하기 위해 서비스에 필요한 Entity 리소스 속성을 사전에 스키마로 정의하고 사용하며 이는 oneM2M의 flexContainer 리소스 타입을 사용하는 방법과 유사하다. 다만 oneM2M 표준은 플랫폼 운영 시 사전에 스키마 정의 없이 서비스 데이터를 자유롭게 정의할 수 있는 contentInstance 리소스 타입을 지원하며 본 연구는 이러한 oneM2M의 다양한 데이터 표현 리소스 타입

을 지원한다.

데이터 허브의 표준 인터페이스로 저장하고 공유되는 다양한 도메인 데이터 및 플랫폼의 데이터 분석 기능 증진을 위해 주차, 날씨 및 미세먼지 데이터를 활용한 주차 혼잡도 예측 서비스를 개발한 바 있다. 본 연구에서도 이와 유사한 다중 도메인 데이터를 활용한 AI 기반 추천 서비스를 검증용으로 개발하였다.

SynchroniCity에서는 다양한 응용에서 공통적으로 활용할 수 있는 Atomic Service 개념을 고안하였고 이 중 하나인 Parking Estimator는 다른 도시에서 재 활용할 수 있는 주차 혼잡도 예측 서비스 모듈이다⁷⁾. 다만, 스마트시티 데이터 허브 PoC(Proof of Concept) 서비스에 비해 주차 이력 데이터만 활용한 한계점이 있다.

2.2.3 oneM2M 데이터 마켓플레이스

기존에 SynchroniCity 국내 컨소시움에서는 oneM2M 인터페이스를 확장하여 마켓플레이스 프로토타입을 구축한 바 있다⁸⁾. 데이터 마켓플레이스의 활용 시나리오를 지원하기 위해 데이터 판매 및 구매 프로시저를 정의하고 이를 위한 인터페이스를 개발 검증하였다. 다만 해당 프로토타입은 복수의 데이터 인스턴스를 데이터셋으로 구성하여 데이터를 유통하는 종래의 데이터 마켓플레이스 개념까지는 구현하지 못하였고 oneM2M의 사용자 개념을 향후 연구에 반영하겠다는 여지를 남겨두었다.

III. 데이터 마켓플레이스 지원 플랫폼 개발

3.1 oneM2M 표준 인터페이스 확장

3.1.1 데이터셋 리소스 지원

종래 연구와는 다르게 이번 연구에서는 다중 데이터 인스턴스를 데이터셋으로 구성하여 이를 데이터 상품 단위로 공유 및 유통할 수 있다.

그림 3은 데이터셋 리소스와 연관된 리소스 간의 관계를 도시한다. 우선 데이터셋의 개념대로 데이터셋 리소스는 다른 데이터 리소스 목록을 가진다. 이후 데이터셋 리소스를 통해 데이터셋을 구성하는 리소스를 반환할 수 있으며 이는 dataset 리소스의 자녀 리소스인 retrievalPoint 가상 리소스를 통해 제공된다.

그림 2와 같이 flexContainer 리소스에 대한 데이터셋인 경우 표준 정의 상 해당 리소스는 최신의 값을 가지므로 각 리소스들을 묶음으로 반환하는 동작을 플랫폼이 수행한다. 반면에 container 리소스를 데이

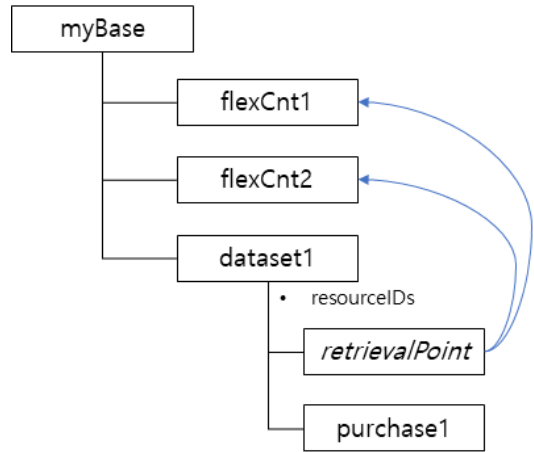


그림 3. 데이터셋 리소스 구조
Fig. 3. Resource structure for dataset

터셋으로 구성된 경우 기본적으로 container 리소스의 latest 가상 리소스를 통해 최신 contentInstance 리소스 묶음을 반환한다.

dataset 리소스는 데이터셋을 구성하는 개별 리소스 정보뿐만 아니라 표 1과 같은 속성을 추가로 포함한다. dataResourceType은 개별 데이터 리소스의 타입 정보로서 container 또는 flexContainer 값을 가질 수 있다. 라이선스는 데이터셋을 어플리케이션이 획득한 이후에 활용에 대한 라이선스 정책을 미리 선언하는 정보로서 Creative Commons와 같은 데이터셋 라이선스 정책 종류를 지시할 수 있다. maxDailyTrafficSize 및 maxDailyRetrievalCount는 일일 최대 활용 가능한 데이터 크기 및 횟수를 제한하기 위한 설정 정보이다. isActive는 데이터 마켓플레

표 1. 데이터셋 리소스 정의
Table 1. Resource definition for dataset

Attribute (short name)	Access Mode	Data Type	Description
dataResourceType (rty)	RO	Integer	Resource type of data resources
resourceIDs (ris)	RW	String Array	List of data resources
owner(own)	RW	String	Dataset owner
license (lic)	RW	Integer	Dataset license
maxDailyTrafficSize (mdts)	RW	Integer	Limit on daily traffic
maxDailyRetrievalCount (mdrc)	RW	Integer	Limit on daily retrieval
isActive (iact)	RW	Boolean	Activeness on dataset sharing

이스에서 상품 출시 전 관리자의 검수를 거치는 프로세스를 지원하기 위한 속성값으로 값이 참인 경우 데이터셋을 이용할 수 있다.

3.1.2 데이터 구매 리소스 지원

생성된 데이터셋을 구매하는 과정은 데이터셋 리소스에 자녀 리소스로 데이터 구매 리소스를 생성하는 것으로 설계하였다. 즉, 하나의 데이터셋에 대해 여러 사용자가 구매하는 것은 구매 정보가 개별 purchase 리소스로 생성되는 플랫폼 동작이 일어난다.

purchase 리소스는 표 2와 같은 속성으로 구성되어 있다. 데이터셋을 구매할 때 notificationURI를 설정하면 플랫폼이 개별 데이터 리소스에 구독을 설정하여 해당 주소로 통지 메시지를 수신할 수 있다. 구독이 설정되면 생성된 subscription 리소스의 목록이 subscriptionIDs 속성에 기록된다. 반면에 notificationURI 값이 설정되어 있지 않으면 구독/통지에 의한 이벤트 기반 데이터 수신은 어플리케이션이 필요할 때 retrievalPoint 가상 리소스를 통해 데이터를 획득할 수 있다.

사용자는 예를 들어 데이터 마켓플레이스 포털에서 구매한 데이터셋에 대한 사용 현황을 확인하기 위한 유스 케이스는 플랫폼이 관리하는 메타데이터 속성인 currentDailyRetrievalCount 및 currentDailyTrafficSize 속성을 통해 지원될 수 있다.

표 2. 데이터 구매 리소스 정의
Table 2. Resource definition for purchase

Attribute (short name)	Access Mode	Data Type	Description
notificationURI (nu)	RW	String Array	Notification endpoints to get data events
subscriptionIDs (subi)	RO	String Array	List of subscription resources
currentDailyRetrievalCount (cdrc)	RO	Integer	Usage of dataset retrieval
currentDailyTrafficSize (cdts)	RO	Integer	Usage of dataset traffic
owner(own)	RW	String	Entity who made the purchase

3.2 데이터 마켓플레이스 연동

3.2.1 데이터셋 생성

oneM2M 플랫폼의 데이터 소유자는 데이터를 판매 또는 유통하기 위해 예를 들어 데이터 마켓플레이스 포털을 통해 자신이 가진 데이터 리소스를 검색하고 이를 데이터셋으로 출시하는 동작을 수행한다. 앞

```
POST /myBase HTTP/1.1
Content-Type: application/json;ty=102
X-M2M-Origin: SYNC-market
X-M2M-User: user01
X-M2M-RI: 1234
X-M2M-RVI: 4
```

```
{
  "m2m:dst": {
    "rty": 2,
    "ris": ["myBase/flxCnt1", "myBase/flxCnt2"],
    "own": "user01",
    "lic": 1,
    "mdts": 1000,
    "mdrc": 100,
    "iact": false
  }
}
```

그림 4. (메시지 1) 데이터셋 리소스 생성 요청 예시
Fig. 4. (Message 1) Example of dataset resource creation request

절에서 정의한 oneM2M 플랫폼의 신규 인터페이스를 활용한 데이터셋 생성 예제는 아래와 같다.

아래 요청은 데이터 마켓플레이스 백엔드 서버가 포털 프론트엔드에서 사용자의 요청에 의해 oneM2M 플랫폼에 전송하는 메시지 예시이다. dataset 리소스 타입 값(ty 속성)은 아직 표준화되지 않아 102로 정의하였다.

해당 데이터셋을 생성한 이후에 마켓플레이스 관리자가 데이터 상품을 검수한 이후 isActive(iact) 속성을 true로 수정할 수 있다. 데이터셋이 활성화된 이후에 다른 사용자들이 이를 구매 또는 획득할 수 있다.

3.2.2 데이터셋 구매

데이터 이용자는 데이터 마켓플레이스 포털에서 관심 있는 데이터 상품을 검색하고 구매를 요청할 수 있다. 아래의 예제는 앞서 생성한 dataset01 데이터셋을 user02라는 사용자가 구매하는 메시지이다. 예제에서는 purchase 리소스를 생성하면서 이후에 데이터셋에 변경이 발생할 경우 통지 메시지를 수신하는 방식으로 데이터셋을 이용하기 위해 notificationURI(nu) 속성을 포함하였다. 성공적으로 아래의 purchase 리소스를 생성하면 플랫폼은 flxCnt1 및 flxCnt2 리소스에 각각 subscription 리소스를 생성하고 아래 지시된 nu 값을 해당 구독에 동일하게 설정한다.

```
POST /myBase/dataset01 HTTP/1.1
Content-Type: application/json;ty=100
X-M2M-Origin: SYNC-market
X-M2M-User: user02

{
  "m2m:pur": {
    "own": "user02",
    "et": "20200830T000000",
    "nu": "http://127.0.0.1:1234/not
iHandler"
  }
}
```

그림 5. (메시지 2) 데이터 구매 리소스 생성 요청 예시
Fig. 5. (Message 2) Example of purchase resource creation request

3.2.3 데이터셋 이용

데이터 구매자가 마켓플레이스를 통해 데이터를 구매한 후 자신이 사용하는 어플리케이션으로 이를 활용하는 과정을 그림 6에 표현하였다. 데이터셋이 활성화 상태인 경우에 구매 할 수 있고 데이터셋을 통해 다중 데이터 인스턴스를 취득할 수 있다.

여기서 마켓플레이스 백엔드도 oneM2M 플랫폼 입장에서는 표준 인터페이스를 사용하는 oneM2M 어플리케이션이다. 이를 사용하는 사용자는 마켓플레이스를 통해 데이터셋을 구매할 때, 즉 purchase 리소스를 생성할 때 자신의 사용자 식별자를 포함한다. 이후 서비스 어플리케이션을 통해 이전에 구매한 리소스를 활용하고자 할 때 사용자 식별자를 포함하여 해당 데이터셋을 이용할 수 있다.

아래의 획득 요청 메시지는 사용자가 서비스 어플리케이션으로 데이터셋의 데이터를 획득하는 예제이다. dataset 리소스가 아닌 해당 데이터셋으로 선언된 데이터를 조회하기 위해 자녀 리소스인 retrievalPoint

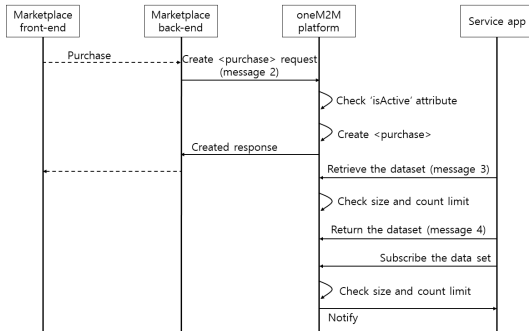


그림 6. 데이터셋 구매 및 이용 과정
Fig. 6. Process of dataset purchase and use

```
GET /myBase/dataset01/rpt HTTP/1.1
X-M2M-RI: 1234
X-M2M-Origin: SYNC-buyer
X-M2M-User: user02
```

그림 7. (메시지 3) 데이터셋 조회 요청 예시
Fig. 7. (Message 3) Example of dataset retrieval request

(rpt)를 대상으로 하여 획득 요청을 전송한다. 요청을 수신한 플랫폼은 dataset01 리소스의 자녀 purchase 리소스 중 owner 속성 값 중에 요청 메시지에 포함된 사용자 식별자 매칭을 통해 접근 권한을 확인한다. 아래의 응답 메시지 예시는 두 개의 주차면 데이터를 데이터셋으로 획득한 결과를 나타낸다.

```
{
  "m2m:agr": [
    {
      "sc:parkingSpot": {
        "ty": 28,
        "et": "20200821T153516",
        "ct": "20190821T153516",
        "lt": "20190826T120730",
        "ri": "5d5ce62409ef0765cd6bfc51",
        "rn": "flxCnt1",
        "pi": "5d5ce54d09ef0765cd6bfb3f",
        "own": "user01",
        "cnd": " http://developer
s.iotocean.org/schema/parkingSpot.xsd",
        "cs": 172,
        "type": "ParkingSpot",
        "name": "parkingSpot_001",
        "category": ["offStreet"],
        "location": {
          "type": "Point",
          "coordinates": [
            127.1294009,
            37.4114758
          ]
        }
      },
      "status": "free",
      "refParkingLot": "myBase/
sync_parking/parkingLot_1"
    }
  ],
  {
    "sc:parkingSpot": {
      "ty": 28,
      "et": "20200821T153516",
      "ct": "20190821T153516",
```

```

        "lt": "20190826T120730",
        "ri": "5d5ce62409ef0765cd6bfc51",
        "rn": "flxCnt2",
        "pi": "5d5ce54d09ef0765cd6bfb3f",
        "own": "user01",
        "cnd": " http://developer
s.iotocean.org/schema/parkingSpot.xsd",
        "cs": 172,
        "type": "ParkingSpot",
        "name": "parkingSpot_001",
        "category": ["offStreet"],
        "location": {
            "type": "Point",
            "coordinates": [
                127.1294009,
                37.4114758
            ]
        },
        "status": "free",
        "refParkingLot": "myBase/
sync_parking/parkingLot_1"
    }
}
]

```

그림 8. (메시지 4) 데이터셋 조회 응답 예시
Fig. 8. (Message 4) Example of dataset retrieval response

IV. 데이터 모델 활용 AI 서비스 개발

4.1 AI 활용 주차 서비스 시나리오

oneM2M 표준 인터페이스뿐만 아니라 여기에 호환되는 데이터 모델을 정의하고 활용한 검증 서비스는 스마트시티의 크로스-도메인 데이터 활용 예시를 참조하였다²⁾. 표준 데이터 모델을 사용할 경우 데이터 정제를 위한 시간과 비용을 줄일 수 있어 효과적이고 이는 곧 AI에서 학습 데이터로서의 활용도가 높아지는 것을 의미한다. 본 연구에서는 oneM2M 플랫폼에 주차 이력 데이터뿐만 아니라 날씨 데이터를 연계하여 주차 혼잡도를 예측하는 AI 기반 서비스를 구현하였다.

가정한 시나리오는 연구원 내 주차장을 구역으로 나누고 구역별로 혼잡도 예측을 수행하고 해당 데이터를 플랫폼에 저장하여 주차 어플리케이션에서 해당 데이터와 개인 선호도 설정값에 기반하여 연구원 출근 전에 주차 혼잡도를 감안한 주차 블록 추천 서비스를 제공하는 것이다.

기계학습 모델은 주차 이벤트가 발생할 때마다 주

```

[
  {
    "id": "KETI_Block_A",
    "dateTime": "20201027T171426",
    "isHoliday": false,
    "totalSpotNumber": 49,
    "availableSpotNumber": 14,
    "temperature": 16.3,
    "hourlyRainfall": 0,
    "windSpeed": 0.6,
    "weatherType": "맑음",
    "humidity": 56
  }
]

```

그림 9. 주차 혼잡도 예측 학습 데이터
Fig. 9. Training data for parking congestion prediction

차 데이터 및 날씨 데이터를 학습용 데이터로 저장하여 이를 학습시킨다. 여기에 휴일 구분자를 추가하여 휴일일 때와 그렇지 않을 때의 주차 패턴을 학습하도록 하였다.

주차 블록별 학습된 모델은 아래와 같은 추론 데이터를 입력받아 매시간 혼잡도 예측을 수행한다. 미래 시각에 기상 예보 정보를 결합하여 특정한 날씨 그리고 휴일 여부를 인자로 하여 주차 혼잡도를 예측한다.

```

[
  {
    "id": "KETI_Block_A",
    "dateTime": "20201028T150004",
    "isHoliday": false,
    "totalSpotNumber": 49,
    "availableSpotNumber": 6,
    "observation": {
      "temperature": 18.5,
      "hourlyRainfall": 0,
      "windSpeed": 1.7,
      "weatherType": "맑음",
      "humidity": 19
    },
    "prediction": [
      {
        "temperature": 19,
        "hourlyRainfall": 0,
        "windSpeed": 2,
        "weatherType": "맑음",
        "humidity": 15,

```

```

        "predictedAt": "20201028T133000",
        "predictedFor": "20201028T150000"
    },
    {
        "temperature": 17,
        "hourlyRainfall": 0,
        "windSpeed": 1,
        "weatherType": "맑음",
        "humidity": 20,
        "predictedAt": "20201028T133000",
        "predictedFor": "20201028T160000"
    }
]
    
```

그림 10. 주차 혼잡도 추론 데이터
Fig. 10. Inference data for parking congestion prediction

4.2 데이터 모델 정의

상기 기계학습에 의한 추론 결과 또한 표준 데이터 모델로 정의하여 데이터를 플랫폼에 저장한다. 아래는

```

{
  "sc:congestionPrediction": {
    "rn": "congestion_KETI_Block_A",
    "ty": 28,
    "pi": "SkmnDBfeHX",
    "ri": "SepCIedibQ",
    "ct": "20180806T051247",
    "et": "20210806T051247",
    "lt": "20200806T064547",
    "st": 157,
    "cnd": "http://developers.iotocea
n.org/schema/congestionPrediction.xsd",
    "type": "CongestionPrediction",
    "congestionPrediction": [
      {
        "index": 84,
        "predictedFor": "20200825T092500"
      },
      {
        "index": 88,
        "predictedFor": "20200825T093000"
      }
    ],
    "refParkingBlock": "myBase/sync
_parking/parkingLot_KETI/KETI_Block_A"
  }
}
    
```

그림 11. 주차 혼잡도 예측 flexContainer 리소스 예제
Fig. 11. flexContainer resource example for parking congestion prediction

해당 혼잡도 데이터 예시를 나타낸다. 혼잡도 데이터는 시간대별 퍼센트 지표로 모델링되었으며 해당 지표가 가리키는 주차 구역 정보는 참조(refParkingBlock)으로 가진다.

이 외에 추론 및 학습 데이터 생성에 활용되는 날씨 관측 및 예측 데이터, 주차면, 주차장 등의 데이터가 사전에 공통 모델로 정의되었다. 그리고 예제에서 나타내는 것과 같이 oneM2M의 flexContainer 리소스로 매핑되어 플랫폼에서 공유된다.

4.3 시스템 구성

본 AI 기반의 추천 서비스는 그림 12과 같은 구조로 oneM2M 플랫폼과 연동한 분석 플랫폼을 통해 구현되었다. 분석 플랫폼은 oneM2M으로부터 주차 이벤트 또는 날씨 관측 및 예측 데이터를 통지 메시지로 수신하고 이를 그림 8과 같은 추론 데이터를 생성하는 역할을 ETL(Extraction Transform and Loading) 모듈이 수행하고 Data I/O 모듈은 해당 추론 데이터를 기계학습 모델에 입력으로 전달하고 출력으로 생성된 혼잡도 예측 데이터를 oneM2M 플랫폼에 해당 주차 블록을 나타내는 flexContainer 리소스에 갱신을 수행한다. 마지막으로 주차 어플리케이션은 데이터 조회 또는 구독/통지 인터페이스를 통해 oneM2M 플랫폼으로부터 새로운 혼잡도 정보를 취득할 수 있다.

혼잡도 예측을 위한 기계학습 알고리즘은 회귀 모델의 일종인 lightGBMRegressor를 사용하였다. 이는 대용량 데이터 처리 속도가 기존 앙상블 알고리즘보다 빠르며, 희소(sparse) 데이터셋에 대해서도 좋은 성능을 보이기 때문에 본 주차 혼잡도 예측 모델 개발에 적용하였다.

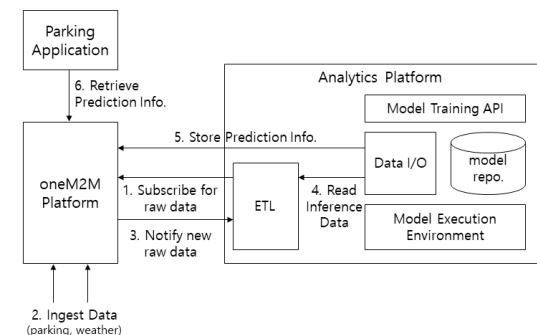


그림 12. oneM2M 플랫폼 연동 주차 혼잡도 예측 시스템 구조
Fig. 12. System Architecture for Parking Congestion Prediction with oneM2M Platform Interworking

V. 결론

본 논문에서는 OASC의 MIMs를 기반으로 상호운용 가능한 스마트시티 생태계 구축을 위해 oneM2M 표준을 활용한 스마트시티 플랫폼을 개발하고 데이터 마켓플레이스와 서비스로 이를 검증하였다.

oneM2M 기반의 데이터 마켓플레이스는 이전 연구에서의 데이터셋 및 사용자 지원의 한계점을 보완하기 위한 인터페이스 수정 및 추가를 바탕으로 플랫폼을 개발하고 데이터 마켓플레이스와 연동하였다.

표준 플랫폼에 저장된 데이터는 사전에 정의한 데이터 모델을 준용하여 데이터를 적재하고 데이터 마켓플레이스로 다른 서비스에 이를 제공하였다. 또한 이에 대한 활용 검증을 위해 본 연구에서는 표준 데이터 모델을 활용한 기계학습 추천 서비스를 구현해 보았다.

oneM2M 릴리즈 2a 표준은 ITU-T Y.4500 시리즈 표준으로 제정되어 글로벌 IoT 및 스마트시티 시장에 파급력이 큰 표준이다. 이번 연구의 성과물인 데이터 마켓플레이스 고도화 지원을 위한 oneM2M 표준 기술을 차기 릴리즈에 제안할 계획이다. 우선 기술 보고서를 통해 추가된 인터페이스와 이를 사용해 구축한 데이터 마켓플레이스 동작 과정 및 사용 예시를 소개하여 표준 규격으로의 반영을 추진하고자 한다. 이를 반영할 경우 표준 기반의 IoT 데이터 마켓플레이스가 널리 확산될 수 있는 기반을 마련할 것으로 기대해 본다.

본 연구는 시제품 수준의 연구로서 향후에는 상용화 수준의 플랫폼 및 서비스 구축에 활용하기 위한 보안 연계와 데이터 마켓플레이스 운영 기술을 추가 보완할 수 있을 것으로 기대한다.

References

[1] OASC, *A guide to SynchroniCity*, Retrieved Oct. 29, 2020, from: <https://synchronicity-iot.eu/wp-content/uploads/2020/01/SynchroniCity-guidebook.pdf>.

[2] J. Kim, S. Jeong, and S. Kim, "Smart city data hub technologies and adoptions," *J. KICS*, vol. 37, no. 5, pp. 3-10, 2020.

[3] oneM2M, "*TS-0001 Functional Architecture (TS-0001 v4.7)*," Retrieved Oct. 29, 2020, from: <https://onem2m.org/technical/published-drats/release-4>

[4] F. Cirillo, et al., "A standard-based open source IoT platform: FIWARE," *IEEE Internet of Things Mag.*, vol. 2, pp. 12-18, 2019.

[5] FIWARE, *Data models*, Retrieved Oct. 29, 2020, from: <https://www.fiware.org/developers/data-models>

[6] SynchroniCity, *Data models*, Retrieved Oct., 29, 2020, from: <https://gitlab.com/synchronicity-iot/synchronicity-data-models>

[7] F. Cirillo, et al., "Atomic services: Sustainable ecosystem of smart city services through pan-European collaboration," *IEEE 2019 GIoT*, pp. 1-7, 2019.

[8] S. M. Jeong, S. Kim, and I. Lee, "Design and implementation of smart city data marketplace based on oneM2M Standard IoT platform," *J. Internet Computing and Serv.*, vol. 20, no. 6, pp. 157-166, 2019.

정 승 명 (SeungMyeong Jeong)



2009년 8월 : 아주대학교 정보 및컴퓨터공학 학사
 2011년 8월 : 아주대학교 대학원 컴퓨터공학 석사
 2011년 7월~2016년 5월 : LG 전자 CTO부문 차세대표준 연구소 주임연구원

2016년 6월~현재 : 한국전자기술연구원 자율지능IoT 연구센터 선임연구원

<관심분야> IoT, 스마트시티, 시맨틱스

[ORCID:0000-0002-1165-0100]

김 성 윤 (Seong-yun Kim)



2009년 8월 : 부산대학교 정보
컴퓨터공학 학사
2011년 8월 : 부산대학교 대학
원 컴퓨터공학 석사
2011년 7월~2016년 5월 : LG
전자 CTO부문 차세대표준
연구소 주임연구원

2016년 5월~2019 2월 : KT IT기획실 소프트웨어개발
과장

2019년 2월~현재 : 한국전자기술연구원 자율지능IoT
연구센터 선임연구원

<관심분야> IoT, 스마트시티, 보안

[ORCID:0000-0002-7467-3174]

이 인 송 (In-Song Lee)



2016년 8월 : 서울과학기술대학
교 전자공학 학사
2017년 8월~현재 : 한국전자기
술연구원 자율지능IoT센터
연구원
<관심분야> IoT, 빅데이터
[ORCID:0000-0002-9514-9929]