

NGSI-LD기반 스마트시티 데이터 허브 시스템의 데이터 모델 시험검증 방안 연구

전 속 현*, 이 정 운*, 김 태 현**, 이 강 해***, 송 재 승°

A Study on Test Framework of Data Model Conformance Test for Data Hub System Based on NGSI-LD in Smart City

Sookhyun Jeon*, Jungwoon Lee*, TaeHyun Kim**, Kanghae Lee***, JaeSeung Song°

요 약

스마트시티의 핵심 목표는 『시민의 삶의 질 향상』과 『도시의 지속 가능한 성장』으로 이를 실현하기 위해서는 다양한 도시 인프라로부터 수집된 도시데이터를 활용하여 지능형 도시운영 체계를 구축하고 시민이 체감할 수 있는 지속 가능한 서비스를 제공해야 한다. 지속가능하고 확산 가능한 스마트시티 서비스를 위해서는 도시 인프라로부터 수집되는 데이터를 융합할 수 있는 기반이 마련되어야 하며, 특히 도시데이터의 수집, 저장, 가공, 공유 및 활용 등 데이터 공유 체계가 반드시 구축되어야 한다. 미국, 유럽 등 글로벌 국가들은 데이터 기반의 스마트시티 구현을 위한 인프라를 지속적으로 확장 중이며, 국내에서도 데이터 기반 스마트시티 구현을 위한 핵심 기술로서 도시 내 시스템으로부터 양질의 데이터를 수집하여 다양한 분야에 활용 할 수 있는 국제표준 NGSI-LD(Next Generation Service Interface-Linked Data)기반의 스마트시티 데이터 허브를 개발하고 있다. 개발된 데이터 허브가 실증도시에 성공적으로 적용되기 위해서는 기술에 대한 적합성 검증이 반드시 선행되어야 한다. 본 논문은 데이터 허브에 적용되는 NGSI-LD기반 데이터 모델의 시험검증을 위해 검증대상 및 범위 정의하였고, 개발된 시험규격 및 시험장비를 기반으로 유효성 검증을 수행하여 데이터 허브 시스템의 데이터 모델에 대한 기술 적합성 시험검증의 필요성 및 의의를 제시하였다. 본 연구 결과는 향후 실증도시에 적용 될 데이터 허브의 기술적 완성도를 점검 할 수 있는 지표로 활용 될 뿐만 아니라 시험검증 체계 구축을 위한 기초자료로 활용 예정이다.

키워드 : 스마트시티, 데이터 허브 시스템, 인터페이스, 데이터 모델, 적합성 시험, 표준 기술

Key Words : Smart City, Data Hub System, Interface, Data Model Conformance Testing, Standard Technology

ABSTRACT

Two core objectives of smart city to provide sustainable services are 『Improvement of the quality of citizens' life』and 『Sustainable growth of the city』. For a sustainable and spreadable smart city services, it is necessary to build an intelligent city operation system with city data that collected from various urban infrastructures. Especially, a data sharing system such as collection, storage, processing, sharing and utilization

※ 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트 지원으로 수행되었음(과제번호 21NSPS-B14910-04).

• First Author : IT Testing&Certification Laboratory, Telecommunications Technology Association, shjeon@tta.or.kr, 정희원

° Corresponding Author : Department of Information Security, Sejong University, jssong@sejong.ac.kr, 정희원

* IT Testing&Certification Laboratory, Telecommunications Technology Association, ljwkr@tta.or.kr, 정희원

** Head of ICT Convergence Research Center, SyncTechno Inc., thyun@synctechno.com

*** Standardization Division, Telecommunications Technology Association, kanghae@tta.or.kr, 정희원

논문번호 : 202105-096-C-RN, Received November 12, 2021; Revised November 26, 2021; Accepted November 26, 2021

of city data should be established. Global countries such as the U.S. and EU. are continuously expanding infrastructure for realizing data-based smart cities. In Korea, as a core technology for realizing a data-based smart city, a smart city data hub based on the international standard, Next Generation Service Interface-Linked Data(NGSI-LD), has been developing to utilize in various fields by collecting high-quality data from urban systems. The smart city data hub has to be verified for the compliance of technologies such as interface and data model in order to be successfully applied to demonstration cities. In this paper, the target and scope of test verification of data model based on NGSI-LD interface were defined and the validation test was performed using the developed test specification and equipment. Also, we presented how the test and verification process of data model in Data Hub System makes it improving technical perfection and completeness. Results of this study are expected to be used as basic data as well as the index of technical completeness when the test verification system of smart city data hub is established for demonstration cities.

1. 서 론

지난 8월 개최된 G20 디지털 장관회의에서는 디지털 전환 가속화를 위한 12가지 조치에 대해 합의하였으며 데이터에 대한 자유로운 이동과 활용의 중요성이 강조되었다^[1]. 또한, 포스트 코로나 시대의 도래는 ‘데이터 세상’으로의 변화를 촉진시켰으며 비대면 환경의 확산에 따른 데이터 증가는 데이터의 가치 및 활용성에 대한 중요성을 부각시켰다. 이러한 과정에서 인공지능(AI)과 클라우드 기술은 폭증한 데이터를 처리하면서 디지털 혁신(DX, Digital Transformation)과 데이터 경제 도래의 게임 체인저 역할을 수행 중이다. 특히, 디지털화의 핵심 도메인인 스마트시티에 대한 세계 주요 국가들은 도시가 직면한 문제를 해결하고 시민 삶의 질 향상 및 지속가능 성장을 위한 인공지능 기술을 활용한 데이터 기반의 혁신 모델을 발굴하고자 노력 중이다. 이와 함께 도시에서 발생하는 다양한 정보를 시민이 체감 할 수 있는 서비스로 확산 및 보급하기 위해서는 기존 도시 인프라에 융·복합 기술을 결합하여 디지털화된 도시 환경을 조성하고, 도시 데이터를 유기적으로 연계·활용할 수 있어야 한다. 이렇듯 도시 내의 원활한 데이터 유통과 생태계 조성을 위해서는 데이터 공유 플랫폼이 필수적으로 구축되어야 한다^[2].

국내에서는 2018년부터 범부처 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트를 추진하여 데이터 허브 시스템을 구축하고, 실증도시에 적용하는 R&D 프로젝트를 수행 중이다^[3]. 실증도시인 대구와 시흥시는 ‘21년에는 데이터 허브를 구축하고 ’22년도 본격 운영하여 도시 인프라로부터 수집된 데이터의 저장·분석·가공·시각화 등의 기능을 통해 도시의 공공 안전 서비스와 시민들이 참여 할 수 있는 서비스 등이 운영될 예정이다. 이 과정에서 다양하고 의미 있는 데이터들이 데이터

허브 시스템에 수집 및 관리되어 또 다른 스마트시티 서비스가 개발되어야 할 것이다. 그러므로 실증도시에 적용되는 데이터 허브 시스템이 성공적으로 안착되고 활용 확산되기 위해서는 데이터 수집·저장·공유·활용 단계의 요구되는 표준기술의 정의 및 이를 표준화하여 확산 할 수 있는 기반을 마련해야 한다. 즉, 수집 단계에서는 표준 데이터 모델 변환, 외부시스템과 연계를 위한 공통 인터페이스 기술이 필요하며, 저장 단계에서는 표준 기반의 공통 데이터 모델 및 스키마 및 이를 교환하기 위한 인터페이스 기술이 필요하다. 또한 공유 단계에서는 데이터세트에 대한 메타데이터·데이터 카탈로그 정의 및 어휘에 대한 기술이 필요하며 활용단계에서는 데이터 식별체계 및 플랫폼간의 데이터 교환을 위한 기술 정의가 필요하다. 본 연구에서는 데이터 허브의 데이터 저장 단계에서 데이터 상호운용성 확보를 위해 필수적으로 요구되는 인터페이스 및 데이터 모델에 대한 적용 기술에 대해서 분석하고 데이터 모델에 대한 적합성 시험검증 방법을 연구하여 기술적 완성도 제고에 기여하고자 한다. 또한 스마트시티 데이터 허브가 실증도시에 적용될 경우 기술규격 해석의 차이, 구현 과정에서 나타날 수 있는 논리적인 오류 등 여러 요인들로 인해 일관되지 못한 결과물이 도출될 수 있으므로 정의된 인터페이스 및 데이터 모델에 대해서 규격상의 기능과 요구사항에 적합하게 구현되었는지 검증하여 데이터 허브의 기술적 완성도 제고에 기여하고자 한다. 특히, 데이터 허브 시스템의 데이터 관리 체계는 스키마 기반으로 데이터 모델을 정의하고 수집·관리·공유되므로 스키마 기반 데이터 모델 시험 방법을 개발·적용하여 검증을 수행하여 데이터의 품질제고에 기반을 마련하였다는 것에 의의가 있다.

본 논문은 데이터 허브의 성공적 실증도시 적용을 위해 인터페이스 및 스키마 기반의 데이터 모델 시험

검증 체계 구축을 위한 선행 연구 결과이다. II장에서는 데이터 허브 시스템의 저장 기능에 핵심인 NGSI-LD 인터페이스 및 데이터 모델에 대한 주요 기능에 대해서 소개한다. III장에서는 스키마 기반의 데이터 모델 검증을 위한 시험 검증대상 및 범위 정의, 시험규격 및 시험장비를 소개한다. 이어서 IV장에서는 본 연구를 통해 개발 된 시험대상, 시험장비, 시험규격에 대해 유효성 검증을 수행하고 분석한 결과를 기술한다. 마지막으로 V장에서는 본 연구결과를 통한 개선 사항 및 실증도시의 데이터 허브 검증 체계 구축에 대한 향후 추진 계획에 대해 제시한다.

II. 스마트시티 데이터 허브 시스템 규격 분석

2.1 데이터 허브 시스템 개요

스마트시티 데이터 허브 시스템은 도시 내 다양한 센서, 플랫폼 및 도시 데이터를 제공하는 시스템으로부터 다양한 데이터를 수집하여 분석, 학습, 시각화 및 서비스에 데이터를 제공하는 도시 데이터 플랫폼을 말한다³⁾. 스마트시티 데이터 허브 시스템은 도시 내 이종 시스템으로부터 데이터를 수집하고 저장·가공·분석하여 융합서비스 개발의 핵심 역할을 수행 할 수 있다. 특히, 데이터 허브 시스템에 대한 요구사항, 참조구조, 인터페이스 및 프로토콜, 데이터 모델에 대한 기능을 기술 규격화하고 표준화를 추진함으로써 향후 활용 및 확산을 위한 기반을 마련하였다.

2.2 데이터 허브 시스템 요구사항

데이터 허브 시스템에 대한 요구사항은 기술 개발 기관과 시스템을 적용하고자 하는 활용기관의 합의를 통해 도출 되었으며 관련 요구사항을 기반으로 참조 모델 및 인터페이스에 대한 기술 규격이 추가 정의되었다. 표 1은 데이터 허브 시스템의 각 기능별 요구사항에 대한 주요 특징을 정리하였다⁴⁾.

표 1. 데이터 허브 시스템 기능별 요구사항
Table 1. Requirements for Smart City Data Hub System

Function	Definition
General	General system requirements of Smart City Data Hub System
Data Management	Requirements of data management functions such as data model, data schema, data interface, data quality and etc.
Data Ingest	Requirements of data ingest functions such as interworking features with Open

Function	Definition
	API, oneM2M, NGSI-LD interface, data conversion, and etc.
Data Analytics	Requirements of data analytics functions such as ETL and data processing for Machine Learning
Data Service	Requirements of data service functions such as search of dataset and data market place
Infra(Cloud)Management	Requirements of infra management functions such as cloud features
Security	Requirements of security functions such as authentication and authorization features
Semantic Data Management	Requirements of semantic data management functions such as common data ontology, annotation and etc.

2.3. 데이터 허브 시스템의 주요 기능

데이터 허브 시스템은 도시 인프라의 IoT 플랫폼, 공공 데이터 포털 등 다양한 시스템으로부터 데이터를 수집하고, 이를 정제, 가공, 분석 등의 과정을 거쳐 외부 응용 서비스에 제공하며, 데이터 허브 시스템 간 연동을 통해 도시 데이터 간 공유 및 활용을 가능하게 한다. 그림 1은 데이터 허브 시스템의 참조 구조를 나타내며, 데이터의 수집 및 저장 기능, 데이터 제공 및 활용에 대한 기능, 인프라(클라우드) 및 보안과 같은 공통 관리 기능을 제공한다. 특히, 시스템과 시스템 사이에서 데이터 허브 시스템과 도시 데이터 시스템 간(DH-DS, Data Hub and Data Source), 데이터 허브 시스템과 스마트시티 서비스 간(DH-SA, Data Hub and Service Application), 데이터 허브 시스템과 데이터 허브 시스템 간(DH-DH, Data Hub and Data Hub)과 같이 참조점(Reference Point)을 정의함으로써 도시 내 시스템과의 연동에 대한 레퍼런스 모델을 제시한다⁵⁾.

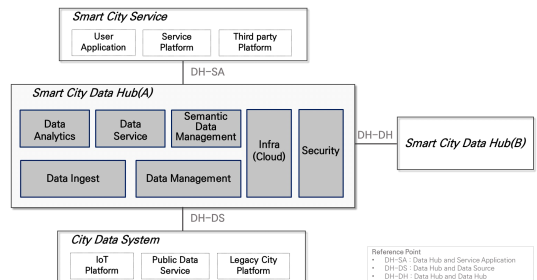


그림 1. 스마트시티 데이터 허브 시스템 참조 구조
Fig. 1. Reference Architecture of Smart City Data Hub System

데이터 수집(Data Ingest) 기능은 외부 시스템으로부터 데이터를 수집하여 적재하는 기능으로 정의되며, 데이터 관리(Data Management) 기능은 스키마 기반의 데이터 모델을 관리하고 수집, 가공 및 분석 데이터를 저장하고 조회하는 기능을 말한다. 또한 데이터 제공 및 활용에 대한 기능은 데이터 분석(Data Analytics), 데이터 서비스(Data Service), 시맨틱 데이터 관리(Semantic Data Management) 기능으로 구성된다. 데이터 분석 기능은 수집 및 관리되는 데이터를 이용하여 데이터를 분석하고 기계 학습 모델의 생성 및 실행 관리 기능을 정의한다. 데이터 서비스 기능의 경우 데이터 허브 시스템에 수집된 데이터를 데이터 제공자와 활용자간 유통 및 거래 할 수 있는 기능을 제공하며, 시맨틱 데이터 관리 기능은 수집된 데이터를 시맨틱 주석으로 변환하여 적재하고 활용 할 수 있는 기능을 정의한다. 마지막으로 데이터 허브 시스템의 공통 관리 기능은 인프라(Infra) 기능 및 보안(Security) 기능으로 구성된다. 인프라 기능은 데이터 허브 시스템이 운용되는 클라우드 인프라를 관리하기 위한 기능을 정의하며, 보안 기능은 데이터 허브 시스템에 적용 가능한 보안 기능을 정의한다⁵⁾.

2.4. 데이터 허브 시스템의 인터페이스 및 프로토콜

데이터 허브 시스템의 주요 기능은 다양한 도시 내 데이터 정보 시스템으로부터 수집 된 데이터를 체계적으로 저장 및 관리하는 것이다. 특히, 다양한 시스템으로부터 수집되는 데이터를 식별하고 공유 및 검색 등의 활용성 제고를 위해 유럽전기통신표준협회(ETSI: European Telecommunications Standards Institute)에서 규격화한 CIM(Context Information

Model) 데이터 정보 모델과 NGSI-LD API 기술 표준을 준용하였다. 또한, 국내의 데이터 허브 시스템을 적용하고자 하는 도시 이해관계자의 요구사항을 수렴하여 추가적으로 필요한 데이터 관리 기능을 포함하여 데이터 허브 시스템의 인터페이스 및 프로토콜을 표준으로 정의하였다⁶⁾. 그림 2와 같이 데이터 허브 시스템에서 제공하는 인터페이스는 요청과 응답 메시지로 구성되며 요청 메시지와 응답 메시지 파라미터는 표 2와 같은 구조를 갖는다⁶⁾.

스마트시티 데이터 허브 시스템이 응답자 역할로 동작 할 경우 인터페이스 요청 및 응답 처리절차는 다음과 같다. 먼저 요청자의 요청 메시지를 수신하면 수신된 요청 메시지의 유효성을 검증하고 요청 대상 리소스가 존재하는지를 확인해야 한다. 이 과정에서 해당 요청 메시지의 파라미터 및 비유효 동작 요청이 발생할 경우 해당 오류에 대한 에러 응답을 반환한다. 관련 에러코드의 경우 ETSI CIM NGSI-LD API 규격을 준수한다⁷⁾. 반면 요청 메시지가 유효할 경우 성공 응답 코드와 해당 유효 동작에 대한 파라미터 값을 응답 메시지에 포함하여 요청자에게 전송한다.

스마트시티 데이터 허브 시스템의 인터페이스는 NGSI-LD API 규격을 준용하며, 데이터 및 과거 이력 데이터를 엔티티(Entity)로 표현하여 해당 인터페이스에 대해 저장, 조회, 수정 및 삭제 등의 기능을 제공한다. 표 3은 데이터 허브 시스템에 저장 및 관리 되는 데이터에 대한 접근을 위한 인터페이스 목록이다⁸⁾.

표 2. 데이터 허브 인터페이스 요청 및 응답 메시지 파라미터
Table 2. Parameters of Request and Response message in Smart City Data Hub System

Message Type	Parameter	Data Type	M/O	Definition
Request Message	to	xs:anyURI	M	ID of request target resource
	operation	dh:operation	M	Operation of request
	query	dh:queryParameter	O	Query condition of request
	content	dh:content	O	Info. of request target resource
Response Message	createdUri	xs:anyURI	O	ID of created resource
	responseCode	dh:responseCode	M	Result code of request
	content	dh:content	O	Info. of requested resource

M/O: Mandatory/Optional

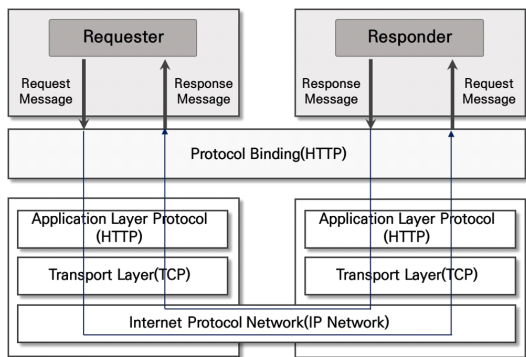


그림 2. 데이터 허브 시스템 인터페이스 및 프로토콜
Fig. 2. Interface and Protocol for Smart City Data Hub System

표 3. 데이터 허브 시스템 인터페이스 목록
Table 3. Interface List in Smart City Data Hub System

Target Resource	Operation	Definition
/entities/	CREATE	Create new entity instance
	RETRIEVE	Retrieve multiple entity instance with optional query parameter
/entities/{entityId}	RETRIEVE	Retrieve single entity instance of specific entity ID with optional query parameter
	DELETE	Delete single entity instance of specific entity ID
/entities/{entityId}/attributes	CREATE	Append single or multiple new attribute(s) to entity instance of specific entity ID
	UPDATE	Update single or multiple new attribute(s) to entity instance of specific entity ID
/entities/{entityId}/attributes/{attributeId}	UPDATE	Update specific attribute(s) to entity instance of specific entity ID
	DELETE	Delete specific attribute(s) to entity instance of specific entity ID
/entities/{entityId}/temporal	RETRIEVE	Retrieve multiple entity instance for history data with optional query parameter
/temporal/entities/{entityId}	RETRIEVE	Retrieve single entity instance of specific entity ID for history data with optional query parameter
/subscriptions	CREATE	Create subscription resource
	RETRIEVE	Retrieve subscription resource
/subscriptions/{subscriptionID}	RETRIEVE	Retrieve specific subscription resource
	UPDATE	Update specific subscription resource
	DELETE	Delete specific subscription resource

2.5 데이터 허브 시스템의 데이터 정보모델

데이터 허브 시스템의 데이터 정보 모델은 ETSI CIM NGSI-LD API 기술규격을 기반으로 데이터 표현(Representation) 및 속성(Property) 방법을 정의하며 코어 메타 모델(Core Meta-model)과 교차영역 온톨로지(Cross-Domain Ontology)로 구분한다⁷⁾. 단, 그림 3과 같이 데이터 허브 시스템의 각 데이터 모델 별 적용되는 데이터 모델의 지원하는 데이터 속성의 경우 활용자로부터 요구사항을 수렴하여 적용 가능한

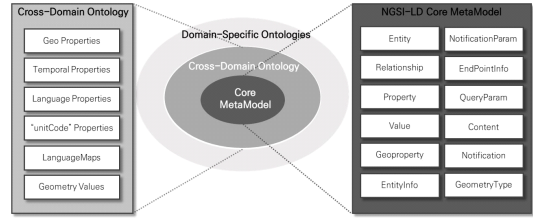


그림 3. 데이터 허브 시스템의 데이터 정보 모델
Fig. 3. Data Information Model of Smart City Data Hub System

항목을 도출하고 정의하였다.

본 연구에서는 데이터 허브 시스템에 적용된 데이터 속성 및 타입에 대한 스키마(JSON Schema) 기반의 데이터 모델에 대한 적합성 시험검증을 위한 프레임워크를 개발하였다. 특히, 인터페이스 적합성 시험에서 코어 메타 모델에 대한 시험검증이 수행되기 때문에 데이터 모델의 적합성 시험의 경우 코어 메타 모델과 더불어 교차영역 온톨로지에 대한 검증을 일부 포함하여 개발하였다. 그림 4는 데이터 허브 시스템에서 저장 및 관리되는 데이터 모델의 스키마 예제를 보여주며, 서비스 별 데이터 모델에 대한 스키마기반의 적합성 시험 방법을 개발하여 시험검증을 수행하였다.

```

스키마 예제 - vehicle-schema.json
{
  "$schema": "http://json-schema.org/schema#",
  "title": "Vehicle",
  "description": "JSON schema for Vehicle data model",
  "type": "object",
  "properties": {
    "@context": {
      "const": [
        "http://uri.etsi.org/ngsi-ld/v1/additional-contexts.jsonld",
        "https://raw.githubusercontent.com/tesiglobal-market/ngsi-ld-api-data-models/feature/add-json-ld-context-for-ngsi-ld-test-suite/ngsi-ld-test-suite/ngsi-ld-test-suite-context.jsonld",
        "https://uri.etsi.org/ngsi-ld/v1/ngsi-ld-core-context-v1.3.jsonld"
      ]
    },
    "id": {
      "type": "string"
    },
    "type": {
      "const": "Vehicle"
    },
    "brandName": {
      "type": "object",
      "properties": {
        "type": {
          "const": "Property"
        },
        "value": {
          "type": "string"
        }
      },
      "additionalProperties": false
    },
    "required": [
      "type",
      "value"
    ]
  }
}
    
```

그림 4. 데이터 허브 시스템의 데이터 모델 검증을 위한 스키마 예제
Fig. 4. Schema Sample for Data Model Validation in Smart City Data Hub System

III. 스마트시티 데이터 허브 시스템 데이터 모델 적합성 시험 검증

3.1 시험범위

데이터 허브 시스템이 도시 내에서 원활하게 데이

터를 수집 및 관리하여 공유하기 위해서는 데이터 관리를 위한 표준기반의 인터페이스와 데이터 모델이 중요하다. 또한 표준기반의 데이터 허브 시스템이 실증 도시에 잘 적용되기 위해서는 인터페이스 시험과 함께 스키마기반의 데이터 모델의 시험검증을 통해 기술 적합성 여부를 확인해야 한다. 코어 메타 모델에서 정의하는 데이터 속성은 인터페이스 적합성 시험에서 확인되기 때문에 데이터 모델 시험검증 범위는 교차영역 온톨로지에서 정의하는 단순 속성(유니코드), 시간 속성, 지리정보 속성을 포함하는 데이터 모델에 대해 생성, 조회, 변경 등의 동작을 통해 유효 및 비유효 동작 시험항목을 정의한다.

- 단순 속성(Simple Property) : 문자열, 숫자 등 단순 데이터를 값으로 가지는 속성이다.
- 유니코드를 가지는 단순 속성(Simple Property with unitCode): 문자열 및 숫자 등 단순 데이터 값과 함께 값(Value)에 해당하는 단위 코드가 지정되는 속성이다.
- 시간 속성(Temporal Property): startAt, endAt, observedAt, modifiedAt 등의 시간 속성이다.
- 지리정보 속성(Geo Property): Geometry 형태의 값을 가지는 속성이다.

3.2 시험대상

데이터 허브 시스템의 데이터 모델에 대한 시험검증대상(IUT, Implementation Under Test)은 시스템 내 적재된 스키마기반 데이터 모델로 정의하며, 데이터 모델은 NGSI-LD기반의 인터페이스를 지원하는 중앙 브로커(Central Broker)를 통해 내부 및 외부 시스템과 NGSI-LD 인터페이스 기반의 데이터 모델을 교환 할 수 있다. 그림 5와 같이 요청자(적합성 시험 장비)가 요청 메시지를 보내면 응답자(스마트시티 데이터 허브 시스템의 중앙 브로커)는 요청 메시지에 상응하는 응답 메시지를 전송한다.

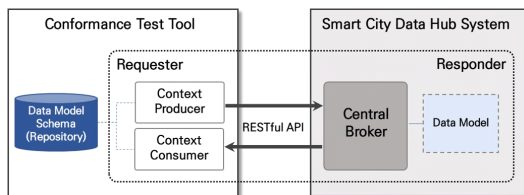


그림 5. 시험대상의 역할 구분(데이터 허브 시스템)
Fig. 5. Role of IUT(Smart City Data Hub System)

3.3 시험항목

데이터 허브 시스템에 적용된 NGSI-LD API의 적합성 시험규격은 ETSI CIM 그룹에서 2021년 4월에 시험규격 및 시험장비 개발을 위한 로봇 프레임워크 기반의 테스트 스위트 코드를 개발 완료하여 공개하였다⁸⁻¹⁰. 데이터 허브 시스템의 데이터 모델의 시험검증을 위해서는 인터페이스 시험을 먼저 선행하여 프로토콜 및 코어 메타모델에서 정의하는 데이터 속성에 대한 기술 적합성 여부를 확인해야 한다. 본 연구에서는 규격화된 인터페이스 시험규격을 기반으로 본 연구에서 데이터 모델에 대한 시험항목 구조 및 각 시험항목에 대한 시험절차를 정의하여 시험규격을 개발하였다.

데이터 모델 적합성 시험의 목적은 데이터 허브 시스템에 스키마기반으로 적재된 데이터에 대해서 정상 동작을 확인하고 발견되지 않은 오류를 검출하는데 중점을 둔다. 이에 따라 시험 구조를 유효 동작 시험(BV Test, Valid Behavior Test)과 비유효 동작 시험(BI Test, Invalid Behavior Test)으로 구분하여 정의하였다¹¹. 유효 동작 시험은 시험대상인 스키마기반 데이터 모델에 대해 단순 속성, 시간 속성, 지리정보 속성 및 동작(생성 조회, 변경)에 따라 시험항목을 분류하였다. 비유효 동작 시험은 시험대상에서 지원하지 않는 동작 요청 시 해당 요청에 대한 오류 처리를 수행하는지 검증하기 위한 시험을 나타내며, 데이터 허브 시스템의 인터페이스 규격에서 정의한 응답 오류 코드를 기반으로 시험항목을 분류하여 개발했다. 유효 동작 시험과 비유효 동작 시험을 포함하여 총 32항목의 시험항목을 정의하였으며 정상적인 동작 검증뿐만 아니라 비정상적인 상황 발생 시 구현상의 오류 검출 및 처리 절차를 검증 할 수 있었다.

표 4. 데이터 모델 시험항목 리스트
Table 4. Test Case List for Data Model in Smart City Data Hub System

Operation	Purpose	BV TC	BI TC
Create-Retrieve	Create a new entity with Simple property	2	2
	Create a new entity with Temporal property	1	1
	Create a new entity with Geo property	1	1
	Append a new entity with Simple property	2	2
	Append a new entity with Temporal property	1	1

Operation	Purpose	BV TC	BI TC
Create-Update-Retrieve	Append a new entity with Geo property	1	1
	Update a new entity with Simple property	2	2
	Update a new entity with Temporal property	1	1
	Update a new entity with Geo property	1	1
	Update partially a new entity with Simple property	2	2
	Update partially a new entity with Temporal property	1	1
	Update partially a new entity with Geo property	1	1
Total Test Case(32)		16	16

3.4 시험장비

데이터 모델 적합성 시험장비는 준용 기술규격에 의하여 요구되는 프로토콜의 모든 관점을 관찰하고 각 시험항목에 관한 결과, 즉 통과(Pass), 실패(Fail) 또는 미결정(Inconclusive)을 평가한다. 또한 시험대상과 반복적으로 제어되는 방법으로 수행되며 하드웨어와 소프트웨어로 구성된다. 시험장비는 시험대상인 데이터 허브 시스템에서 저장 및 관리하는 데이터 모델을 스키마 기반으로 가져오기(Import)하여 각 시험항목의 목적에 따라 적용되는 기능을 지원해야 한다. 또한, 데이터를 생성 및 갱신하기 위한 컨텍스트 생산자(Context Producer)와 데이터를 구독하기 위한 컨텍스트 소비자(Context Consumer) 기능을 포함한다. 이러한 기능을 이용하여 시험대상인 데이터 모델을 중앙 브로커(Central Broker)를 통해 REST (Representational State Transfer) 방식으로 교환해야 한다. 시험장비는 기술규격, 시험규격 및 시험대상이 제공하는 데이터 모델의 스키마를 준용하여 정확하고, 신뢰성 있는 시험결과를 보장해야 하며 한다.

그림 6는 데이터 모델 시험장비 구성도를 나타낸다. 시험장비는 시험 대상 데이터허브 시스템에 대한 시험 준비 단계로부터 결과 보고서 생성에 이르는 전 주기 관리 기능을 제공하는 워크플로우 관리기(Test Workflow Manager), 시험규격을 구현한 테스트 코드를 포함하여 시험에 사용되는 데이터 저장소(Test Data Repository) 시험을 수행하고 시험 결과 보고서를 생성하는 시험 엔진(Test Engine) 및 시험 실행 기록 및 결과 보고서를 저장하는 시험보고서 저장소(Test Report Repository)로 구성된다.

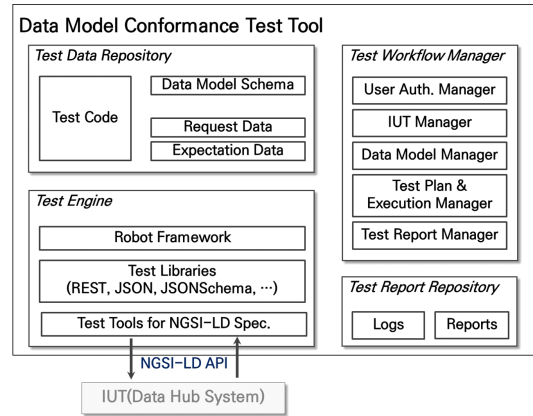


그림 6. 데이터 모델 적합성 시험장비 구성도
Fig. 6. Structure of Data Model Conformance Test Tool

시험장비 사용자는 워크플로우 관리기의 사용자 인터페이스(UI)를 이용하여 시험 대상물 등록, 시험 대상물이 지원하는 응용서비스 데이터와 관련된 데이터 모델 관리, 시험에 사용되는 환경설정 및 테스트 범위를 지정하는 시험 계획 수립, 시험 계획에 따른 시험 진행 및 시험 결과 보고서 생성/조회에 이르는 시험 전주기 작업을 진행할 수 있다. 특히 데이터 모델 관리 기능은 데이터 모델을 정의하는 스키마(JSON Schema) 파일의 검증 및 스키마 파일을 기반으로 시험에 필요한 데이터 파일(요청 데이터 및 비교 데이터)을 생성하는 기능을 포함한다. 시험 데이터 저장소는 시험규격을 로봇프레임워크 시험목적 기술 언어(TPDL, Test Purpose Description Language)로 구현한 테스트 코드(Test Code)와 시험 대상 서비스에 대한 데이터 모델 정의(Data Model Schema) 및 테스트 코드에서 참조하는 NGSI-LD 규격의 테스트 요청 데이터(Request Data)와 기대 데이터(Expectation Data)에 대한 파일 저장소이다. 테스트 엔진(Test Engine)은 오픈소스 테스트 자동화 프레임워크인 로봇프레임워크가 사용되었으며, NGSI-LD 인터페이스 연동 및 데이터 모델 검증을 위한 라이브러리(REST, JSON, JSON Schema)와 NGSI-LD 규격 지원을 위한 시험 도구 구현이 추가되어 구현되었다. 시험보고서 저장소는 로봇프레임워크의 실행 결과로 생성되는 로그 데이터 및 시험장비에서 자동으로 작성되는 시험 보고서를 저장한다.

그림 7은 시험장비의 데이터 모델 검증 절차를 중심으로 시험장비 구성 요소들의 역할을 개략적으로 보여준다. 워크플로우 관리기를 통해 등록된 데이터 모델 정의(JSON Schema)는 문법적인 검증을 거쳐 시

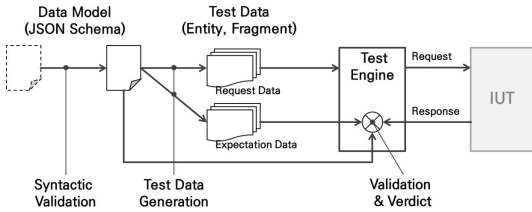


그림 7. 데이터 모델 적합성 시험검증 절차
Fig. 7. Overall Procedure of Data Model Conformance Test

험장비에 등록되며, 시험 항목에서 필요로 하는 요청 데이터(Request Data) 및 비교검증용 기대 데이터(Expectation Data)를 자동으로 생성한다. 생성된 요청 데이터는 시험 엔진을 통해 시험대상물에 전달되며 시험대상물의 응답(Response)은 데이터 모델 정의를 기반으로 모델 검증(Schema Validation) 및 기대 데이터와의 비교를 통한 판정(Verdict)이 진행된다.

3.5 유효성 검증 절차

본 연구에서는 시험대상의 기술규격의 적합성 뿐만 아니라 시험규격의 명확한 정의 및 시험장비의 유효성 확보를 위해 유효성 검증 대상을 시험규격, 시험장비 및 시험대상으로 정의하였다^[12]. 본 연구에서는 그림 8과 같이 유효성 검증 절차를 정의하여 유효성 검증 대상(시험규격, 시험장비 및 시험대상)으로 각 단계별 절차를 수행하여 시험 결과를 도출하였다.

- 시험준비: 시험대상의 구현명세(ICS) 및 시험환경 정보(IXIT: Implementation eXtra Information for Testing)을 기반으로 시험계획(Test Plan)을 작성한다.
- 시험수행: 시험대상의 시험계획을 기반으로 시험규격의 애매성(Ambiguity)을 발견 및 수정하고(필요에 따라 기술규격 개발 수정), 시험장비의 시험규격 및 기술 적합성 여부, 정상 동작 등을 확인한다.

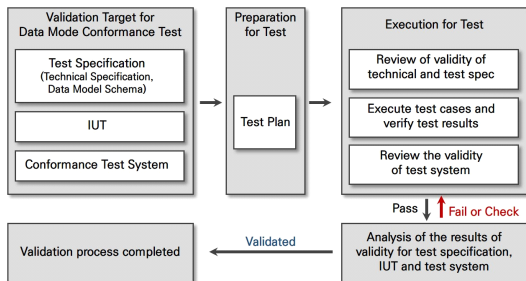


그림 8. 데이터 모델 시험의 유효성 검증 절차
Fig. 8. Validation Process for Data Model Conformance Test in Smart City Data Hub System

- 결과 분석 및 보고서 작성: 시험계획에 포함된 시험항목에 대해서 시험대상, 시험규격 및 시험장비의 기술 적합성 여부 확인 및 해당 기관과의 논의를 위해 결과 분석 및 보고서를 작성한다.
- 검증 완료: 시험대상, 시험규격 및 시험장비가 모두 유효성 검증을 통과(Validated) 할 경우 최종 검증이 완료되며, 하나의 구성 요소라도 문제가 발생(Fail 또는 Check) 할 경우 재시험을 수행하여 이슈를 해결한다.

IV. 데이터 허브 시험 검증 결과 분석

4.1 시험 데이터 분석

본 절에서는 데이터 허브의 데이터 모델 적합성 검증 절차를 통해 도출된 시험 결과를 분석하고, 이슈사항을 논의한다. 시험 결과는 시험규격에서 정의한 판정 기준에 따라 다음 3가지 결과로 분류된다.^[12]

- 적합(Validated) : 검증대상에서 오류가 발견되지 않은 경우, 해당 시험항목의 검증 결과를 ‘적합(Validated)’로 나타낸다.
- 검토필요(Check) : 준용하는 기술규격의 확인 및 재시험이 필요한 경우, 해당 시험항목의 검증 결과를 ‘검토필요(Check)’로 나타낸다.
- 부적합(Fail) : 검증대상에서 명확한 오류가 발견되어 정정 후 재시험이 필요한 경우, 해당 시험항목의 검증 결과를 ‘부적합(Fail)’로 나타낸다.

그림 9는 3.3장에 정의된 시험항목 중 교통수단(Vehicle Schema)에 대한 단순 속성(Simple Property)이 포함된 데이터 모델의 생성 및 조회에 대한 시험항목의 절차를 보여준다. 본 시험검증을 통해 교통(Vehicle), 환경(Air Quality) 등의 스키마 기반의

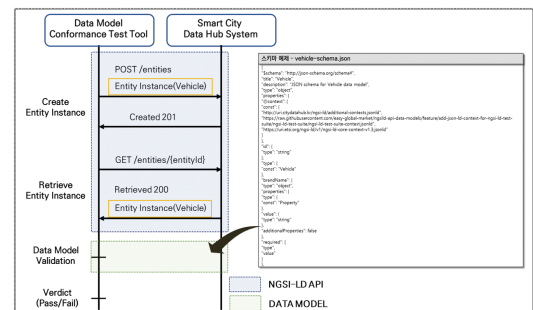


그림 9. 단순 속성 데이터 모델 시험 검증 절차
Fig. 9. Test Procedure of Data Model with simple property

데이터 모델에 대해서 시험검증을 수행하였다.

본 유효성 검증은 총 3회에 걸쳐 진행되었으며, 각 회차별 시험 데이터를 분석하여, '검토필요' 및 '부적합' 판정을 받은 시험항목은 기술규격의 적합성 검토 및 오류를 제거하고 재시험을 수행한다. 표 5는 시험 회차에 따라 검증대상별로 도출된 시험결과를 나타낸다.

1차 시험에서는 시험대상물 구현 과정에서 NGS-LD 표준 규격에 대한 일부 해석의 모호성과 참조 표준규격 버전 불일치 등에 기인한 오류가 다수 발견됨에 따라 전체 시험규격이 '부적합'으로 판정되었으며 시험대상물 관점에서 26개 항목이 표준 규격에 대한 '검토필요' 항목으로 분류하여 검토가 진행되었다. 2차 시험에서는 시험대상물의 '검토필요' 항목 중 일부 항목이 수정되어 총 19개 항목이 '적합' 판정 되었다.

있으며 시험대상 응용서비스 데이터모델에 시험에 필요한 속성 누락으로 인한 '검토필요'항목이 여전히 발견되었다. 이후 수행된 3차 테스트에서는 시험대상물의 데이터 모델 수정을 통해 7개의 '검토필요'항목이 '적합'으로 전환되었으나 일부 기능에 대한 오류로 6개의 시험항목이 '부적합'으로 판정 되었다. 그림 10과 같이 시험장비에서 제공되는 오류 로그 정보를 활용하여 해당 시험항목인 데이터 모델 갱신(Update) 및 부분 갱신(Partially Update) 관련 기능에 대해 시험대상이 수정이다. 본 연구 결과물을 기반으로 다양한 스마트시티 서비스의 스키마기반의 데이터 모델에 대한 시험검증을 수행 할 예정이다.

V. 결론

스마트시티 데이터 허브 시스템이 다양한 스마트시티 서비스에 활용되기 위해서는 데이터를 관리·공유를 위한 표준기반 인터페이스뿐만 아니라 데이터 품질 확보를 위한 가장 기본적인 데이터 모델에 대한 기술규격 정의가 필요하다. 그러나 아직 데이터 허브를 기반으로 하는 도시데이터 운용시스템이 구축단계이므로 모든 스마트시티 서비스의 데이터 모델을 표준으로 정의하는 것은 한계가 있다. 그러므로 단계별 데이터 모델 표준 개발 계획이 수립되어야 하며 현재와 같이 데이터 허브 구축 초기 단계에서는 스키마기반의 데이터 모델 관리 체계가 데이터 상호운용성을 위한 기본적인 표준의 요구사항으로 정의 될 수 있다. 본 연구결과에서는 NGS-LD기반 데이터 허브 시스템의 데이터 모델에 대한 시험검증을 위해 스키마 기반의 검증 방법을 적용하였고 데이터 모델이 모두 표준으로 정의되지 않은 현재 단계에서 최소한의 데이터 품질 확보에 기여 할 수 있다는데 의의가 있다. 또한 데이터 허브 시스템이 구축 완료되어 다양한 도시 인프라 시스템과 본격적으로 데이터 수집·저장·공유가 활발하게 이루어지기 위해서는 표준기반의 인터페이스 및 데이터 모델 표준으로 정의되고 기술적 검증이 선행되어야 한다. 본 연구에서 도출된 데이터 허브 시스템의 데이터 모델 적합성 시험규격 및 시험장비를 활용하여 실증도시에 적용된 데이터 허브 검증에 적극 활용 할 예정이다.

References

[1] G20 International Forum, "The Digital Ministers approves a Declaration identifying

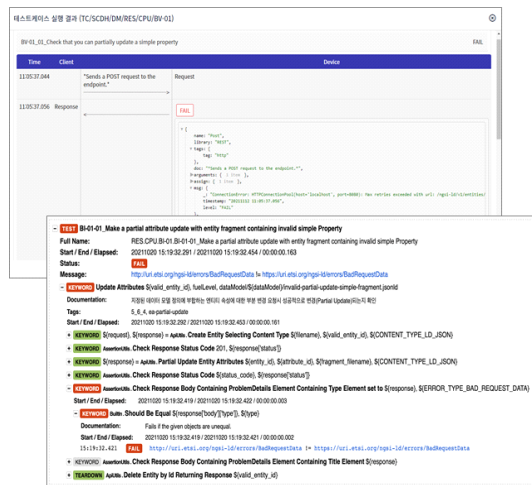


그림 10. 시험장비에서 제공되는 다양한 형태의 오류 로그 Fig. 10. Log Information for failed test case provided by Validation System

표 5. 유효성 검증 결과 Table 5. Validation Result

Test Round	Test Result	The Number of TC
		IUT
1st Test	Validated	0
	Check	26
	Fail	6
2nd Test	Validated	19
	Check	7
	Fail	6
3rd Test	Validated	26
	Check	0
	Fail	6

12 actions to accelerate the digital transition of the economy and governments,” Retrieved Aug. 2021, from <https://www.g20.org/the-digital-ministers-approves-a-declaration-identifying-12-actions-to-accelerate-the-digital-transition-of-the-economy-and-governments.html>

[2] S. H. Jeon, J. E. Kim, T. Y. Choi, and J. S. Song, “Requirements analysis for test and verification methodology of smart city data hub as data sharing platform,” *J. KICS*, vol. 45, no. 5, pp. 882-889, May 2020.

[3] J. H. Kim, S. M. Jeong, and S. Y. Kim, “Smart City Data Hub System and Application Examples,” *KICS Inf. and Commun. Mag.*, vol. 37, no. 5, pp. 3-10, May 2020.

[4] TTA Standard, “*Smart City Data Hub System - Part1: Requirements*,” Dec. 2021.

[5] TTA Standard, “*Smart City Data Hub System - Part2: Reference Architecture*,” Dec. 2021.

[6] TTA Standard, “*Smart City Data Hub System - Part3: Interface and Protocol*,” Dec. 2021.

[7] ETSI GS CIM 009 V1.4.2., “*Context Information Management (CIM); NGSI-LD API*,” Retrieved Apr. 2021, from https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/CIM/001_099/009/01.04.02_60/gc_CIM009v010402p.pdf

[8] ETSI GS CIM 012 V1.1.1., “*Context Information Management (CIM); NGSI-LD Test Suite Structure*,” Retrieved Mar. 2021, from https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/CIM/001_099/012/01.01.01_60/gc_CIM012v010101p.pdf

[9] ETSI GS CIM 013 V1.1.1., “*Context Information Management (CIM); NGSI-LD Test Purposes Descriptions*,” Retrieved May 2021, from https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/CIM/001_099/013/01.01.01_60/gc_CIM013v010101p.pdf

[10] ETSI GS CIM 014 V1.1.1., “*Context Information Management (CIM); NGSI-LD Test Suite*,” Retrieved Apr. 2021, from https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/CIM/001_099/014/01.01.01_60/gc_CIM014v010101p.pdf

[11] TISPAN, ETSI. EG 202 237, “*Methods for Testing and Specification (MTS); Internet*

Protocol Testing (IPT); Generic approach to interoperability testing,” 2007.

[12] J. W. Lee, S. H. Jeon, J. E. Kim, and T. Y. Kim, “A study on test verification plan for successful application of data hub based on global standard in demonstration city,” *J. KICS*, vol. 45, no. 12, pp. 2210-2219, Dec. 2020.

전 속 현 (Sookhyun Jeon)



2004년 : 한국항공대학교 공학사
 2006년 : 광주과학기술원 정보통신공학과 공학석사
 2006년~현재 : 한국정보통신기술협회 정보통신시험인증연구소 책임연구원
 2021년~현재 : 세종대학교 정보보호학박사과정 재학중

<관심분야> 사물인터넷, 스마트시티, 스마트에너지

이 정 운 (Jungwoon Lee)



2016년 : 남서울대학교 공학사
 2018년 : 아주대학교 컴퓨터공학과 공학석사
 2019년~현재 : 한국정보통신기술협회 정보통신시험인증연구소 선임연구원

<관심분야> 사물인터넷, 스마트시티, 스마트에너지, 정보보안

김 태 현 (TaeHyun Kim)



1999년 : 한국외국어대학교 공학
사
2001년 : 충남대학교 공학석사
2001년~2005년 : 이에스피시스
템즈 팀장
2005년~2009년 : 전자부품연구
원 연구원

2009년~2011년 : 인스프리트 차장

2011년~2016년 : 다우인큐브 부장

2016년~현재 : 싱크테크노 연구소장

<관심분야> 사물인터넷, 스마트시티, 테스트프레임
워크

송 재 승 (JaeSeung Song)



1996년 : 연세대학교 공학사
2002년 : 서강대학교 공학석사
2013년 : Imperial College
London 공학박사
2002년~2008년 : LG전자 이동
통신연구소 선임연구원
2012년~2013년 : NEC Europe,

네트워크 연구소 선임연구원

2013년~현재 : 세종대학교 정보보호학부 부교수

2019년~현재 : The University of British Columbia
Visiting Professor

<관심분야> 사물인터넷, 소프트웨어 테스트, 미래 인
터넷

이 강 해 (Kanghae Lee)



1999년 : 광운대학교 공학사
2001년 : University of Colorado
at Boulder 공학석사
2012년~2017년 : TTA 정보통신
시험인증연구소 팀장
2017년~현재 : TTA 표준화본부
단장

<관심분야> 사물인터넷, 스마트시티, AI 데이터