

# 실증도시의 국제표준기반 데이터 허브 성공적 적용을 위한 시험검증 방안 연구

이정운\*, 전숙현\*, 김재은°, 최태영\*, 신현엽\*

## A Study on Test Verification Plan for Successful Application of Data Hub Based on Global Standard in Demonstration City

Jungwoon Lee\*, Sookhyun Jeon\*, Jaeun Kim°, Taeyoung Choi\*, Hyeonyeop Shin\*

### 요약

스마트시티가 디지털 뉴딜의 핵심 사업으로 자리매김하기 위해서는 다양한 도시 인프라로부터 수집된 도시데이터를 활용하여 지능형 도시운영 체계를 구축하고 시민이 체감할 수 있는 지속 가능한 서비스를 제공해야 한다. 이를 실현하기 위해서는 도시데이터의 수집, 저장, 가공, 공유 및 활용을 위해 DNA(데이터, 네트워크, 인공지능) 기반의 스마트시티 데이터 공유 체계가 반드시 구축되어야 한다. 미국, 영국 등 글로벌 국가들은 데이터 기반의 스마트시티 구현을 위한 인프라를 지속적으로 확장 중이며, 이러한 시대의 흐름에 발 맞추어 정부는 지난 2018년부터 스마트시티를 중점 국정과제로 선정하고 도시 문제 해결을 위해 최신 ICT기술을 스마트시티에 접목하는 다양한 R&D과제를 발굴 및 수행하고 있다. 특히, 데이터 기반 스마트시티 구현을 위한 핵심 기술로서 도시 내 시스템으로부터 양질의 데이터를 수집하여 다양한 분야에 활용 할 수 있는 국제표준기반의 스마트시티 데이터 허브를 개발하고 있다. 개발된 데이터 허브가 실증도시에 성공적으로 적용되기 위해서는 기술에 대한 적합성 검증이 반드시 선행되어야 한다. 본 논문은 데이터 허브 아키텍처 및 주요기능 분석을 통해 시험 검증대상 및 범위 정의하였고, 개발된 시험규격 및 시험장비를 기반으로 유효성 검증을 수행하여 분석하였다. 본 연구 결과는 향후 실증 도시에 적용 될 데이터 허브 시험검증 체계 구축을 위한 기초자료로 활용 예정이다.

**키워드** : 스마트시티, 데이터 허브, 데이터 공유 플랫폼, 인터페이스, 적합성 시험, 표준 기술

**Key Words** : Smart City, Data Hub, Data Sharing Platform, Interface, Conformance Testing, Standard Technology

### ABSTRACT

In order for smart city to become the core business of digital new deal, it is necessary to build an intelligent city operation system with city data that collected from various urban infrastructures and to provide sustainable services to citizens as well. To realize this, the smart city data sharing system based on DNA (Data, Network, Artificial Intelligence) must be established to collect, store, process, share and use city data. Global countries such as the U.S. and U.K. are continuously expanding infrastructure for realizing data-based smart cities. Keeping pace with this trend, Korean government has selected smart city as a key national

※ 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 20NSPS-B149910-03).

• First Author : IT Testing&Certification Laboratory, Telecommunications Technology Association, ljwkr@tta.or.kr, 선임연구원, 정회원  
° Corresponding Author : IT Testing&Certification Laboratory, Telecommunications Technology Association, kimjaeun@tta.or.kr, 팀장, 정회원

\* Telecommunications Technology Association

논문번호 : 202011-274-0-SE, Received October 29, 2020; Revised November 23, 2020; Accepted November 23, 2020

initiative since 2018, and has been discovering and carrying out various R&D projects that combine cutting-edge ICT technologies into smart cities to solve urban problems. In particular, as the core technology for realizing a data-driven smart city, we have been developing the smart city data hub based on international standards that can be used in various fields by collecting high-quality data from systems in cities. The smart city data hub has to be verified for the compliance of technologies in order to be successfully applied to demonstration cities. In this paper, the target and scope of test verification were defined through the analysis of the data hub architecture and major functions, and the validation was performed and analyzed based on the developed test specification and equipment. The results of this study are expected to be used as basic data when the test verification system of smart city data hub is established for demonstration cities.

## I. 서론

4차 산업혁명이 도래함에 따라 세계 주요 국가들은 스마트시티 구축에 박차를 가하고 있다. 이는 4차 산업혁명에서 일컫는 핵심기술을 도시 인프라에 적용함으로써, 도시가 직면한 문제를 극복하고 도시민의 생활 증진을 도모하기 위함이다. 예를 들어, 스마트시티 교통 정보 서비스를 통해 관제 시스템이 교통 흐름을 최적화하고, 사고를 예방하며, 주차 문제를 해결하는 등 교통, 환경, 에너지, 안전, 생활 영역에서 도시의 전반적인 발전을 기대할 수 있다<sup>1)</sup>. 이러한 스마트시티 건설을 위해서는 기존 도시 인프라에 융·복합 기술을 결합하여 디지털화된 도시 환경을 조성하고, 도시 데이터를 유기적으로 연계·활용할 수 있어야 한다. 그러나 도시 내에는 이미 수많은 사물인터넷 플랫폼과 도시 플랫폼이 존재하여, 각각 상이한 데이터 모델과 플랫폼을 활용하고 있어 양질의 도시데이터를 수집하여 활용 할 수 있는 체계가 필요하다. 이러한 문제를 해결하기 위해서, 파편화된 레거시 플랫폼의 데이터를 데이터 공유 플랫폼으로 통합하기 위해 유럽에서는 대규모 스마트시티 실증 프로젝트인 SynchroniCity를 추진하고 있으며, 오픈소스 기반 데이터 공유 플랫폼 FIWARE를 제시하였다<sup>2)</sup>. 이렇듯 도시 내의 원활한 데이터 유통과 생태계 조성을 위해서는 데이터 공유 플랫폼이 필수적으로 구축되어야 한다.

국내에서는 2018년부터 범부처 스마트시티 혁신성장동력 프로젝트를 추진하여 데이터 허브를 구축하고, 실증도시에 적용하는 R&D 프로젝트를 수행 중이다. 이러한듯 국·내외에서 스마트시티를 통해 도시가 직면한 문제를 해결하고, 지능화된 미래 도시를 건설하고자 많은 노력을 기울이고 있다. 그 핵심에는 데이터를 수집하는 사물인터넷 플랫폼 기술, 데이터 적재 및 유통을 지원하는 데이터 공유 플랫폼 기술, 표준 데이터 모델 등 관련 기술에 대한 신뢰성 확보가 실증 성

공을 위한 주요 요인으로 작용한다는 것을 알 수 있다<sup>3)</sup>. 이에 따라 데이터 허브 구조, 통신 프로토콜, 데이터 처리 절차, 데이터 모델 등을 심층적으로 분석할 필요가 있으며, 이러한 분석을 통해 기술 적합성에 대한 검증 요구사항을 도출하여 데이터 허브의 검증방안이 제시되어야 한다. 특히 단일 시스템 간의 데이터 교환 구조가 아닌, 여러 도시 플랫폼과 연동되어 데이터가 수집·유통되는 데이터 허브의 경우, 기술 적합성 검증이 실증 성공을 위한 전제 조건으로 작용한다. 즉, 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, 최우선적으로 개발된 데이터 허브가 규격상의 기능과 요구사항에 적합하게 구현되었는지 검증하는 것이 중요하다.

본 논문은 데이터 허브의 성공적 실증도시 적용을 위해 필수적인 시험검증 체계 구축을 위한 선행 연구 결과이다. II장에서는 데이터 허브 아키텍처 및 주요 기능에 대해 소개하고 데이터 허브가 준용한 국제표준 CIM 정보모델 및 NGSI-LD 인터페이스에 대해 살펴본다. III장에서는 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 실증도시·국가시범도시의 데이터 허브 검증 체계 구축에 대한 향후 추진 계획에 대해 제시한다.

## II. 스마트시티 데이터 허브 규격 분석

### 2.1 데이터 허브 개요

스마트시티 데이터 허브는 첨단 ICBAMS 기술의 수직적·수평적 융합을 통해 도시 인프라로부터 데이터를 실시간으로 연계하고, 시민, 서비스 개발자, 이해

관계자들 간에 상호공유체계를 조성하는 도시 데이터 관리 핵심 기술을 나타낸다<sup>2)</sup>. 데이터 허브는 도시 내에 존재하는 사물인터넷 플랫폼, 레거시 도시 플랫폼, 개방형 공공 데이터 등 다양한 데이터 원천지로부터 발생하는 방대한 데이터를 수집하고, 분석 및 활용하여 데이터 공유 환경을 제공한다.

2.2 기술분과위원회 운영

국가 혁신성장동력 프로젝트는 데이터 허브의 핵심 기술을 연구하여, 실증도시 내에 성공적인 확산 및 보급을 목표로 두고 있다. 이를 위해 그림 1과 같이 기술분과위원회를 운영하고 있으며, 워킹그룹을 통해 데이터 허브 개발을 위한 기술규격 및 요구사항을 도출하고 있다<sup>3,4)</sup>. 데이터 허브의 규격과 요구사항은 연구·개발하는 기관과 활용기관 간의 합의된 공통 규격이 도출되어야 하며, 관련 기관 간의 협력을 통해 규격 제정 및 표준화를 추진하고 있다<sup>2)</sup>.

기술분과위원회는 총 4개의 워킹그룹으로 구성되어 있으며, 각 워킹그룹은 표 1과 같이 데이터 허브 구축 및 보급에 요구되는 공통 규격을 정의한다. 기술분과위원회 내에서 워킹그룹별 조직 활동은 다음 내용과 같다.

- WG1: 데이터 허브의 요구사항 및 데이터 모델 정의
- WG2: 데이터 허브 아키텍처 및 인터페이스 정의
- WG3: 외부플랫폼과 연동 및 인프라 기술 정의
- WG4: 데이터 허브 상호운용성 확보를 위한 검증 체계 정의

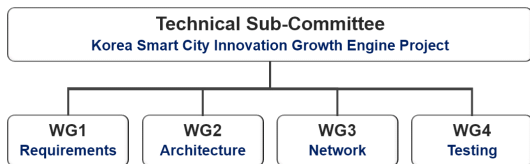


그림 1. 스마트시티 기술분과위원회 구성  
Fig 1. Configuration of Smart City Technical Sub-Committee

표 1. 데이터 허브 기술규격 및 보고서  
Table 1. Technical Specification and Report for DataHub

WG	No.	TS/TR Name
WG1	TR-01	Usecase
	TS-01	Terms and Definitions
	TS-02	Requirements
	TS-03	Data Model
WG2	TS-04	Architecture and Interface

본 논문에서는 표 1과 같이 WG1, 2로부터 산출된 기술 규격 기반으로, 데이터 허브의 정보 모델<sup>5)</sup>, 아키텍처, 인터페이스 규격<sup>6)</sup>을 분석하고, 추가적으로 데이터 허브가 준용하고 있는 표준규격을 살펴본다.

2.3 데이터 허브 아키텍처 및 기능

데이터 허브는 도시 인프라의 다양한 시스템으로부터 데이터를 수집하고, 이를 정제, 가공, 분석 등의 과정을 거쳐 데이터 마켓플레이스 등과 같은 서비스 플랫폼을 통해 데이터를 공유·활용할 수 있다. 그림 2는 데이터 흐름에 따른 데이터 허브 개념 모델을 나타낸다.

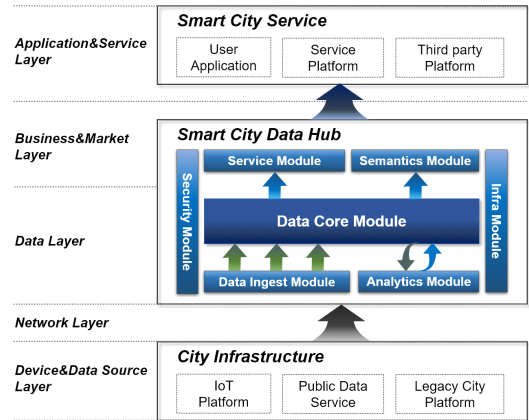


그림 2. 스마트시티 데이터 허브 개념 모델  
Fig. 2. Concept Model of Smart City Data Hub

표 2. 데이터 허브 모듈별 기능  
Table 2. Functions of Data Hub Modules

Module	Function
Data Core	To store and provide standard data collected from Data Ingest Module and also analyzed data from Analytics Module.
Data Ingest	To support various data sources in the city, Adaptors in Data Ingest Module convert source data into standard data.
Analytics	To support sandbox environment and analyze data stored in the big data framework of Data Core Module.
Semantics	To provide real-time semantic data analysis and Linked Open Data(LOD) for web service.
Infra	To support resource management and scalability of Data Hub in a cloud environment.
Security	To manage user authentication, access control for interfaces and data.
Service	To provide data marketplace and data sharing environment to users

도시 인프라로부터 수집된 데이터는 데이터 허브 내에서 표준 데이터로 변환되고, 분석, 적재 과정을 거쳐 가공된 데이터를 서비스 플랫폼으로 전달한다<sup>7)</sup>. 이러한 데이터 흐름에 따른 일련의 처리를 위해 데이터 허브는 기능별로 논리적 단위를 모듈(Module)로 구분하였고, 총 7개의 모듈로 구성된다. 표 2는 각 모듈별 기능을 나타낸다<sup>6)</sup>.

2.4 데이터 허브 인터페이스 규격

데이터 허브 모듈은 내부 모듈 혹은 외부 서비스와 연동하여 인터페이스 요청 및 응답에 대한 동작을 수행한다. 아키텍처 및 인터페이스 기술규격에 따르면, 모듈 간의 리소스 접근을 위해 정보 교환 모델을 정의하고 있다. 이에 따라 데이터 허브는 규격화된 메시지 기반으로 인터페이스를 제공하고 있으며, 모듈별 기능에 따른 프로시저를 수행한다. 예를 들어 데이터 코어 모듈(Data Core Module)의 경우, 데이터 수집 모듈(Data Ingest Module) 혹은 분석 모듈(Analytics Module)로부터 데이터 적재 요청을 전달받을 수 있다. 해당 요청을 수신한 데이터 코어 모듈은 데이터 적재 프로시저에 따라 관련 동작을 처리하고 처리 결과에 대한 응답 메시지를 송신한다. 이러한 메시지 교환을 위해서는 메시지 정의, 프로토콜, 데이터 모델에 대한 기술규격이 요구된다<sup>2)</sup>. 더불어 응용 계층에서 웹 프로토콜 기반으로 리소스에 대한 접근(RESTful API, Representational State Transfer)이 필요하고, HTTP뿐만 아니라 MQTT, CoAP 등 여러 프로토콜을 수용하기 위해서는 프로토콜 바인딩에 대한 규격 역시 명확히 정의되어 있어야 한다. 본 절에서는 시험 검증에 앞서 데이터 코어 모듈에서 지원하는 인터페이스 규격을 면밀히 분석한 후 기술규격을 바탕으로 시험 검증 방안을 수립한다.

데이터 허브는 웹 프로토콜에 대한 바인딩 규격을 적용하여 그림 3과 같이 리소스에 대한 요청 및 응답

처리를 위한 메시지를 정의한다.

이에 따라 인터페이스 적합성을 검증하기 위해서는 웹 프로토콜 규격과 데이터 허브 규격을 명확히 구분하여 검증 방향이 제시되어야 한다. 즉, HTTP 웹 프로토콜 규격<sup>8)</sup>을 기반으로 데이터 허브 메시지(Primitive)가 기술규격에 부합하지 검증될 필요가 있다.

다음으로는 데이터 허브에서 지원하는 요청 메시지의 동작(Operation)을 살펴본다. 데이터 허브는 정보 모델에서 정의한 리소스에 대하여 생성(CREATE), 조회(RETRIEVE), 변경(UPDATE), 삭제(DELETE) 등의 동작을 수행한다. 데이터 코어 모듈의 경우, 엔티티 혹은 속성에 대하여 생성, 조회, 변경, 삭제 등과 같은 동작을 수행하는 인터페이스를 제공하고 있으며, 이에 따른 시험항목이 도출되어야 한다. 표 3은 인터페이스의 요청 동작과 HTTP 메서드 간의 매핑(Mapping) 관계를 나타내며, 시험 규격 개발 과정에서는 데이터 허브 메시지(Primitive)와 HTTP 메시지 간의 매핑 관계를 고려하여 시험항목 및 시험절차를 정의해야 한다.

표 3. 데이터 허브 요청메시지의 동작  
Table 3. Operation of request message in Data Hub

HTTP Method	Data Hub Operation	Definition
POST	CREATE	Create new resource enclosed in a request message.
GET	RETRIEVE	Retrieve the resource is identified by Request-URI
PATCH	UPDATE	Replace or modify the existing resource with resource enclosed in a request message.
DELETE	DELETE	Delete the resource is identified by Request-URI

2.5 데이터 허브 준용 표준: ETSI ISG CIM

도시 내에서는 하루에도 여러 영역에 걸쳐 대량의 데이터가 생산된다. 그럼에도 불구하고 시스템마다 도입된 정보 모델 규격이 상이하여, 가용할 수 있는 데이터가 한정된다. 더불어 정보 모델에 대한 공통 관리 체계가 부재되어 있기 때문에 도메인마다 클래스가 중복으로 정의되거나, 충돌 가능성이 내재되어 있다. 예를 들어 주차장이라는 동일 대상을 표현하는데 각 도메인별로 상이하게 정의되어 있다면, 여러 도메인에 분포되어 있는 정보를 활용하기 어려울 것이다. 그림 4는 레거시 시스템의 독립 컨텍스트 모델 (좌측)과 CIM 프레임워크를 이용한 공통 컨텍스트 모델 (우측)

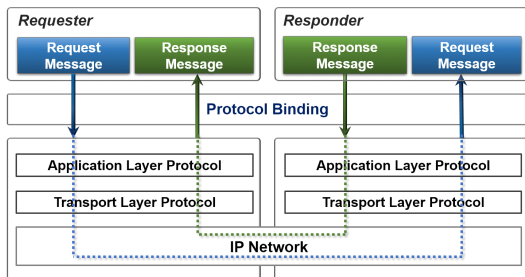


그림 3. 데이터 허브 프로토콜 바인딩  
Fig. 3. Protocol binding for DataHub

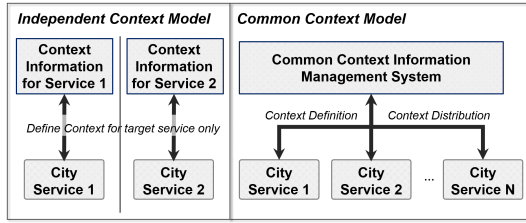


그림 4. 스마트시티 도메인에서의 CIM 정보모델 적용  
Fig. 4. Application of CIM Information Model in Smart City

의 비교를 나타낸다. 기존 레거시 시스템에서는 서비스마다 정보 모델을 다르게 정의하여 시스템 의존적으로 데이터에 접근한다. 이로 인해 도메인 간에 데이터 공유 및 활용이 어려워지고 가용할 수 있는 데이터가 제한된다. 반면에, 공통 콘텍스트 관리 체계가 도입된 시스템은 서비스와 관계없이 공통 정보 모델을 재사용함으로써, 데이터를 다른 도메인의 서비스에 연계하는데 효과적이다. 이와 같이 광범위한 영역에 걸쳐 데이터를 활용 및 연계해야 하는 스마트시티에서는 공통 정보 모델에 대한 정의와 관리 체계가 요구된다.

데이터 허브는 다양한 도시 시스템으로부터 수집된 데이터의 효율적 관리 및 데이터 상호운용성을 확보하고자 유럽전기통신표준협회(ETSI: European Telecommunications Standards Institute)에서 규격화한 CIM 정보 모델과 NGSI-LD 인터페이스 기술 표준은 준용하였다<sup>11)</sup>.

ETSI CIM(Context Information Model)은 시맨틱과 콘텍스트 기반의 데이터 통합관리를 위한 인터페이스, 정보모델(메타데이터) 등 애플리케이션 관점에서의 데이터 수집 및 공유를 위한 시맨틱 웹 기술과 정보 모델 관리 기술을 제공한다<sup>9)</sup>. 특히, CIM 정보 모델은 개체(Entity), 속성(Property), 관계(Relationship) 등의 요소를 정의하여 데이터를 표현

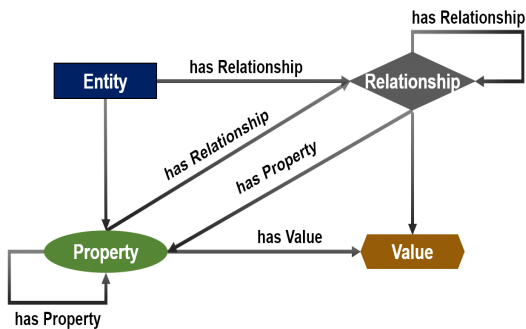


그림 5. NGSI-LD 정보 모델  
Fig. 5. NGSI-LD Information Model

한다. 그림 5는 데이터 구성 요소 간의 종속관계를 나타낸다.

여기서 나타내는 개체는 물리적·개념적 대상의 미하며, 속성은 개체 혹은 관계가 지니는 특성을 표현한다. 이어서 관계는 개체 혹은 속성 간의 연관 관계를 표현한다. CIM 정보 모델은 이러한 구성 요소들을 통해 데이터에 대한 속성과 관계를 기술하고, JSON-LD (JavaScript Object Notation for Linked Data) 직렬화를 이용하여 데이터 간의 연결성을 확보하였다<sup>10)</sup>.

### III. 데이터 허브 기술 적합성 시험 검증

#### 3.1 시험대상

스마트시티 기술분과위원회에서는 기술규격을 제정하고 각 기관별로 데이터 허브의 모듈을 개발한다. 그러나 기술규격만으로는 결과물이 제대로 구현되어 있다고 보장할 수 없다. 각 기관마다 규격을 다르게 해석하여 구현상의 오류가 나타날 수 있고, 논리적인 오류가 잠재되어 있을 경우 데이터 허브 시스템 전체에 영향을 미칠 수도 있다. 따라서 성공적인 데이터 허브 구축을 위해서는 시험대상에 대한 구체적인 적합성 시험 검증 방안이 제시되어야 한다.

데이터 허브가 도시 내에 원활하게 데이터를 수집 및 공유하기 위해서는 데이터 적재 기능이 전제된다. 이 뿐만 아니라 내부모듈 간 데이터 처리 및 교환을 위해서는 관련 인터페이스의 기능의 기술 적합성이 보장되어야 한다. 이에 따라 본 논문에서는 데이터 허브의 핵심 기능을 수행하는 데이터 코어 모듈을 시험대상(IUT: Implementation Under Test)으로 선정하고, 인터페이스 적합성을 검증하고자 한다. 적합성 검증은 시험대상이 기술규격과 기능적 요구사항을 준수하여 구현되어 있는지에 대한 적합성을 검증하는 시험이다<sup>11)</sup>. 이러한 적합성 시험 검증 과정을 통해서 데이터 허브 기술에 대한 신뢰성 확보 및 데이터 상호운용성 기반을 마련하여 안정적인 운용의 가능성을 증대시키고자 한다.

인터페이스 적합성 시험은 메시지를 송·수신하는 주체와 방향을 명확히 분석하여 검증 방안이 제시되어야 한다. 본 연구에서는 데이터 허브를 구성하는 모듈을 시험대상의 단위로 정의하고, 해당 모듈의 인터페이스 규격을 분석하여 송·수신자 역할을 구분한다. 기술규격의 메시지 교환 모델을 기반으로 메시지를 송·수신하는 주체에 따라 요청자 혹은 응답자 역할로 구분될 수 있다. 또한, 시험대상으로 선정된 모듈은

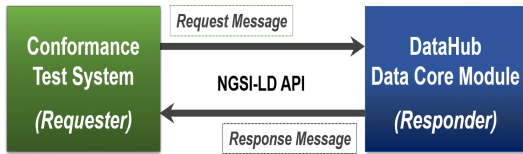


그림 6. 시험대상의 역할 구분(데이터 코어 모듈)  
Fig 6. Role of IUT(Data Core Module)

해당 모듈의 기능 요구사항, 지원하는 인터페이스 항목에 따라 각각 송·수신 방향이 결정된다. 그림 6과 같이 데이터 코어 모듈은 지원 인터페이스에 대하여 응답자 역할을 수행하고 있으며, 시험장비가 요청메시지를 데이터 코어 모듈로 전송했을 때, 적합한 응답을 송신하는지 검증이 필요할 것이다.

### 3.2 시험규격

스마트시티의 핵심은 다양한 산업 및 기술의 융합 및 연계이며, 확장성과 지속가능성을 보장할 수 있도록 체계적인 시험검증을 통한 상호호환성 확보가 반드시 필요하다. 이를 위해 국가성장동력 프로젝트는 데이터 허브에 대한 시험검증 체계를 구축하고자 시험규격 개발 및 표준화를 추진하고 있다. 본 절에서는 데이터 코어 모듈의 인터페이스 적합성 시험규격에 대해 살펴본다.

인터페이스 적합성 시험의 목적은 인터페이스의 정상 동작을 확인하고 발견되지 않은 오류를 검출하는데 중점을 둔다. 이에 따라 시험 구조를 유효 동작 시

험(BV Test, Valid Behavior Test)과 비유효 동작 시험(BI Test, Invalid Behavior Test)으로 분류한다<sup>12)</sup>. 유효 동작 시험은 시험대상의 지원 인터페이스에 대하여 정상 동작을 검증하기 위한 시험을 나타내며, 인터페이스 기능을 검증할 수 있는 시험항목(TC: Test Case)으로 구성된다. 비유효 동작 시험은 시험대상에서 지원하지 않는 동작 요청 시 해당 요청에 대한 오류 처리를 수행하는지 검증하기 위한 시험을 나타내며, 데이터 허브의 응답 오류코드를 바탕으로 시험항목을 도출할 수 있다. 표 4는 시험대상이 지원하는 인터페이스 기능별로 도출된 시험항목의 개수를 나타낸다. 총 44항목의 시험항목을 정의하였고, 유효 동작 시험과 비유효 동작 시험을 병행함으로써 정상적인 인터페이스 동작 검증뿐만 아니라 비정상적인 상황 발생 시 구현상의 오류 검출 및 처리 절차를 검증할 수 있다.

### 3.3 시험장비

시험장비는 시험 요구사항을 반영하여 신뢰성 있는 시험기능을 제공해야 한다. 특히, 기술규격과 시험규격을 준용하여 정확하고, 신뢰성 있는 시험결과를 보장해야 한다. 본 연구에서는 데이터 코어 모듈의 인터페이스 적합성을 검증하고자 시험장비 개발의 근간이 되는 기술규격·시험규격을 분석하여 시험장비를 구축하였다. 본 절에서는 구축한 시험장비의 시스템 구성과 시험 기능에 대해 간단히 소개한다.

그림 7은 시험장비의 시스템 구성도를 나타낸다. 시험장비는 시험대상 구현정보(ICS, Implementation Conformance Statement)와 추상 시험 스위트(ATS: Abstract Test Suite), 실행 시험 스위트(ETS: Executable Test Suite)로 구성되며, 이를 기반으로 검증 모듈을 구동한다. 여기서 시험 스위트(Test Suite)란 시험대상이 기술규격에 따라 올바른 동적 행위를 수행하는지 확인하기 위해 시험대상을 제어하고 관찰하는 시나리오를 나타낸다. 이러한 시험 스위트를 바탕으로 실제 시험환경에서 수행을 고려하지 않고 추상적으로 기술한 스크립트를 추상 시험 스위트라고 하며 추상 시험 스위트를 토대로 시험 시나리오의 사전 처리, 시험 실행, 사후 처리를 수행할 수 있는 시험 스위트를 실행 시험 스위트라 한다. 실행 시험 스위트는 실제 시험환경에서 실행 가능한 형태의 시험집합으로 구성된다<sup>13)</sup>. 시험장비는 앞서 기술한 시험 스위트와 시험대상에 대한 정보를 이용하여 검증 모듈을 구동한다. 검증 모듈은 시험절차에 대한 수행이 종료되면 시험 결과를 반환하고 시험 결과 보고서를 출력

표 4. 데이터 코어 모듈 기능별 시험항목 도출  
Table 4. Derivation of TC for each interface function

Behavior by API	BV TC	BI TC
Create a new entity	1	4
Append entity attributes	1	4
Query entities with specific type	1	2
Query an entity with specific id	2	3
Query temporal evolution of entities with specific type	1	2
Query temporal evolution of entity with specific id	2	4
Update all attributes of entity with specific id	1	5
Update partially an attribute of entity with specific id	1	5
Delete an entity with specific id	1	3
Delete specific attribute	1	-
<b>Total Test Case(44)</b>	<b>12</b>	<b>32</b>

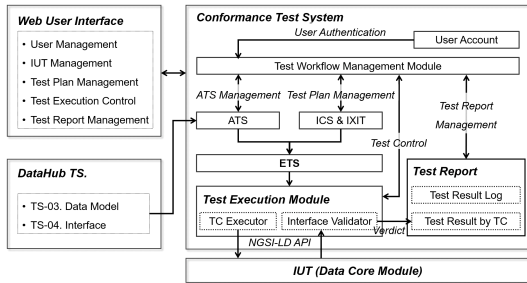


그림 7. 시험장비 시스템 구성도  
Fig. 7. Structure of Conformance Test System

하는데, 각 시험항목별 판정결과는 시험규격에 명시된 판정 기준을 반영한다. 이렇듯 시험장비는 검증 모듈을 통해 시험대상의 응답을 관찰하고 분석함으로써 규격을 충실히 반영하였는지 검증한다. 이외에도 시험업무 관리 모듈 통해 시험원이 시험실행을 직접 제어하고 결과를 검토할 수 있도록 로그데이터 제공 기능을 포함해야 한다.

3.4 유효성 검증

본 연구에서는 시험대상의 기술 적합성 검증뿐만 아니라 시험규격의 명확한 정의 및 시험장비의 유효성 확보를 위해 유효성 검증 방법 및 절차를 정의하였다. 시험규격은 기술규격을 준용하여 시험 구조 및 절차가 정의되며, 시험장비는 시험규격을 기반으로 시험대상의 적합성을 판정하기 위해서 개발되었다. 제시된 유효성 검증 과정은 시험규격의 애매모호성 (ambiguity) 해결, 시험장비의 시험규격 준용 여부 및 완결성 확보, 시험 대상의 기술 적합성 여부 확인을 통한 완성도 보장의 근거로 활용될 수 있다. 특히, 본 연구 과정에서 도출된 시험규격 및 시험장비는 향후 실증도시에 적용될 데이터 허브의 인터페이스 적합성 시험에 활용될 예정이므로, 잘 정의된 유효성 검증 절차가 필수적으로 요구된다. 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.
- 시험운영: 시험대상의 시험계획을 기반으로 시험규격의 애매성(Ambiguity)을 발견 및 수정하고(필요에 따라 기술규격 개발 수정), 시험장비의 시험규격

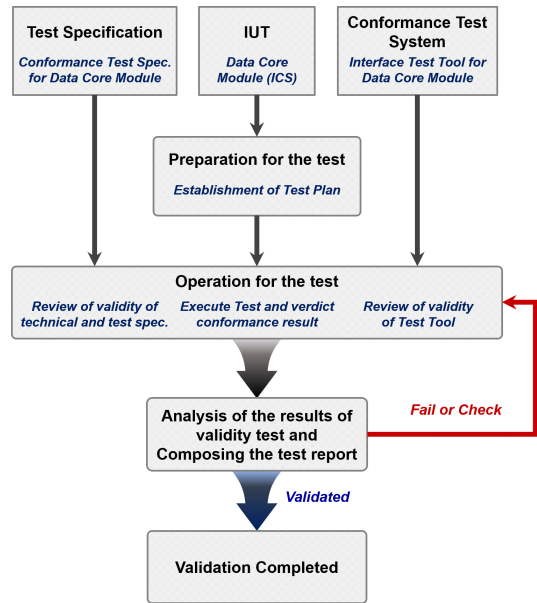


그림 8. 유효성 검증 절차  
Fig. 8. Process of Validation Test

- 및 기술 적합성 여부, 정상 동작 등을 확인한다.
- 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 유효성 및 인터페이스 적합성 검증 절차를 통해 도출된 시험 결과를 분석하고, 이슈사항을 논의한다. 시험 결과는 시험규격에서 정의한 판정 기준에 따라 다음 3가지 결과로 분류된다.

- 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 결과

를 ‘검토필요(Check)’로 나타낸다.

- 부적합(Fail) : 검증대상에서 명확한 오류가 발견되어 정정 후 재시험이 필요한 경우, 해당 시험항목의 검증 결과를 ‘부적합(Fail)’로 나타낸다.

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 시험장비가 시험규격에서 정의한 시험 사전조건 및 판정기준을 만족하지 못하여 ‘부적합’ 판정이 가장 높게 나타났다. 이에 따라 기술규격 및 시험규격을 검토하여 시험장비의 사전조건과 판정기준을 수정하였다. 그 결과 2차 시험에서는 시험장비를 포함하여 검증대상 3종 모두 ‘부적합’ 항목이 발견되지 않았으나, 시험장비 및 시험대상에 대한 ‘검토필요’ 결과가 1차 시험에 비하여 더 발생한 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 1차 시험의 ‘부적합’ 판정을 받았던 시험항목에서 오류는 제거되었지만 이슈사항은 남아 있어 추가적으로 기술규격 및 준용표준을 검토하고 유효성이 확보될 때까지 검증 시험을 반복 진행해야할 필요성을 보여준다. 그에 따라 NGSI-LD API 규격 및 웹 프로토콜 규격간의 연관 관계를 검토하여, 시험장비의 추상 시험 스위트와 검증 모듈을 추가적으로 수정하였으며, 시험대상에서는 NGSI-LD API 규격의 적합성 여부를 검토하였다. 최종적으로 3차 시험에서는 시험규격, 시험장비, 시험대상의 유효성을 확보하고, 모든 시험항목에 대해서 적합성 검증을 완료하였다.

표 5. 유효성 검증 결과  
Table 5. Validation Result

Test Round	Test Result	The Number of TC		
		Test Spec.	Test System	IUT
1st Test	Validated	36	21	35
	Check	4	3	8
	Fail	4	20	1
2nd Test	Validated	41	34	36
	Check	3	10	8
	Fail	N/A	N/A	N/A
3rd Test	Validated	44	44	44
	Check	N/A	N/A	N/A
	Fail	N/A	N/A	N/A

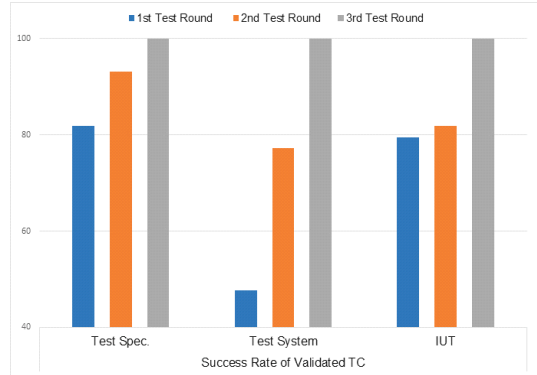


그림 9. 유효성 검증 완료 시험항목 성공률  
Fig. 9. Success Rate of Validated TC

그림 9는 수행된 유효성 검증에서 시험 항목별 성공률을 도식화하였다. 유효성 검증 대상인 시험규격, 시험장비, 시험대상은 3회에 걸친 검증에 따라 적합(Validated) 확률이 증가함을 알 수 있으며, 가장 검토 이슈가 많은 검증대상은 시험장비임을 확인할 수 있다.

## V. 결론

스마트시티 데이터 허브가 실증도시 및 국가 시범 도시에 성공적으로 적용·운영되기 위해서는 다양한 이해관계자에 의해 합의된 표준 개발이 반드시 필요하고, 향후 데이터 허브 기반의 데이터 공유 및 활용을 위해서 기술 적합성 시험검증체계가 반드시 필요하다. 특히, 국내 시장 뿐만 아니라 국외 시장의 요구 사항에 맞추어 데이터 허브 기술이 개발되고 구축·운영되어야 글로벌 확산을 위한 기반이 마련된다. 즉, 현재 개발된 국제표준 기반의 데이터 허브가 향후 데이터기반 스마트시티 활성화에 기본 인프라로 활용되고, 글로벌 협력 및 진출에 스프링보드 역할을 할 수 있을 것이다. 이러한 성공 모델의 견인차 역할을 위해 본 연구에서 도출된 데이터 허브 인터페이스 적합성 시험규격 및 시험장비를 활용하여 실증도시에 적용된 데이터 허브 검증에 적극 활용하고자 한다. 이를 기반으로, 향후 ETSI와 CIM기반 데이터 공유 플랫폼의 인터페이스 시험검증 방안을 공동 개발하여, 국내 기업이 글로벌 진출 시 선도적 기술 적용을 할 수 있도록 지원할 예정이다.

## References

[1] J. H. Kim, S. M. Jeong, and S. Y. Kim, “스



마트시티 데이터 허브 기술과 적용 사례,” *KICS Inf. and Commun. Mag.*, vol. 37, no. 5, pp. 3-10, May 2020.

[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] Technical Subcommittee of Korean Smart City Innovation Growth Engine Project, “*TS-01, Terms and Definitions*,” May 2019.

[4] Technical Subcommittee of Korean Smart City Innovation Growth Engine Project, “*TS-02, Requirements*,” May 2019.

[5] Technical Subcommittee of Korean Smart City Innovation Growth Engine Project, “*TS-03, Data Model*,” May 2019.

[6] Technical Subcommittee of Korean Smart City Innovation Growth Engine Project, “*TS-04, Architecture and Interface*,” May 2019.

[7] Technical Subcommittee of Korean Smart City Innovation Growth Engine Project, “*TR-01, Use Cases*,” May 2019.

[8] F. Roy and J. Reschke, “*RFC 7231-Hypertext Transfer Protocol (HTTP/1.1); Semantics and Content*,” Internet Engineering Task Force (IETF), Retrieved May 20, 2020, from <https://tools.ietf.org/html/rfc7231>

[9] ETSI GS CIM 009 V1.2.2., “*Context Information Management (CIM); NGSI-LD API*,” Retrieved May 15, 2020, from [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_gs/CIM/001\\_099/009/01.02.02\\_60](https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/CIM/001_099/009/01.02.02_60)

[10] ETSI GS CIM 006 V1.1.1., “*Context Information Management (CIM); Information Model (MOD0)*,” Retrieved May 10, 2020, from [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_gs/CIM/001\\_099/006/01.01.01\\_60/gc\\_cim006v010101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/CIM/001_099/006/01.01.01_60/gc_cim006v010101p.pdf)

[11] ISO, JTC, and IEC JTC, “*1, International Standard ISO/IEC 9646-1. Information Technology-Open Systems Interconnection-Conformance testing methodology and framework-Part 1*,” 1994.

[12] TISPAN, ETSI. EG 202 237, “*Methods for*

*Testing and Specification (MTS); Internet Protocol Testing (IPT); Generic approach to interoperability testing*,” 2007.

[13] J. Y. Hwang, A. Aziz, N. Sung, A. Ahmad, F. L. Gall, and J. S. Song, “AUTOCON-IoT: Automated and scalable online conformance testing for IoT applications,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 43111-43121, 2020.

이 정 운 (Jungwoon Lee)



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

<관심분야> 사물인터넷, 스마트시티, 스마트에너지, 정보보안

전 속 현 (Sookhyun Jeon)



2004년 : 한국항공대학교 공학사  
 2006년 : 광주과학기술원 정보통신공학과 공학석사  
 2006년~현재 : 한국정보통신기술협회 정보통신시험인증연구소 책임연구원

<관심분야> 사물인터넷, 스마트시티, 스마트에너지

**김 재 은 (Jaeun Kim)**



2001년 : 고려대학교 공학사  
2003년 : 고려대학교 공학석사  
2004년 : Curitel GSM연구실  
연구원  
2004년~2016년 : 한국정보통신  
기술협회 이동통신시험인증  
팀 책임연구원

2017년~현재 : 한국정보통신기술협회 정보통신시험인  
증연구소 지능정보IoT팀장

2017년~현재 : 사물인터넷융합포럼 융합기술분과 IoT  
시험인증 WG 그룹장

<관심분야> 사물인터넷, 스마트시티, 스마트홈, 스  
마트에너지

**신 현 엽 (Hyeonyeop Shin)**



2018년 : 한국기술교육대학교 공  
학사  
2020년 : 한국기술교육대학교 컴  
퓨터공학과 공학석사  
2020년~현재 : 한국정보통신기  
술협회 정보통신시험인증연  
구소 전임연구원

<관심분야> 사물인터넷, 스마트시티

**최 태 영 (Taeyoung Choi)**



2007년 : 고려대학교 공학사  
2009년 : 서울대학교 공학석사  
2010년~2012년 : LIG Nex1 통  
신연구센터 선임연구원  
2012년~현재 : 한국정보통신기  
술협회 정보통신시험인증연  
구소 책임연구원

<관심분야> 사물인터넷, 스마트시티, Wi-Fi, 무선전  
력전송