

# 사물인터넷 테스트 프레임워크

박현철, 김희창, 주호택, 송재승  
세종대학교

## 요약

사물인터넷 (Internet of Things) 이란 통신 기능이 있는 사물들을 (주변의 정보를 측정할 수 있는 센서, 사물에 대한 제어를 하는 액츄에이터) 인터넷에 연결하여 보다 스마트한 서비스들을 손쉽게 빠르게 만들어 사용자들에게 제공할 수 있도록 해주는 기술을 말한다. 스마트 시티, 스마트 공장, 스마트 홈 등 다양한 분야에서 사물인터넷 기술을 활용하여 서비스를 만들어 내고 있으며, 앞으로 관련 산업 및 시장 규모는 지속적으로 증가되어질 것으로 보고되어지고 있다.

서로 다른 제조업체 그리고 다양한 산업 분야에서 만들어지는 사물들이 서로 연결되어 하나의 생태계를 이루기 위해서는, 글로벌 표준에 기반하여 기기들이 개발되어야 하며, 이들 사물에 대한 호환성 및 적합성이 검증되어야 한다. oneM2M (원엠투엠)에서는 글로벌한 표준으로 사물인터넷의 서비스 계층에 대한 표준을 만들고 있다. oneM2M은 릴리즈 1 공통기능에 대한 표준 제정을 마쳤으며, 현재 테스트와 관련하여 상호호환성 및 적합성 테스트를 위한 표준 개발을 진행하고 있다. 본 고에서는 사물인터넷 기기들에 대한 전반적인 테스트 프레임워크로 활용되어질 수 있는 oneM2M 테스트 관련 표준 프레임워크에 대한 내용을 소개한다.

## I. 서론

사물인터넷(Internet of Things - IoT)이란 우리 주변의 다양한 사물들(예를 들어, 정보를 수집하는데 활용되어지는 센서 및 제어를 담당하는 액츄에이터)을 인터넷에 연결하여 사용자들에게 보다 스마트한 서비스를 제공하는 것으로 일반적으로 정의되어지고 있다[1]. 이러한 사물인터넷이 스마트 시티, 스마트 홈, 스마트 공장, 스마트 캠퍼스 등 다양한 분야에서 활성화되면서 사물인터넷 디바이스들의 개발 또한 증가하고 있는 추세이다. Forrester에서는 인터넷에 연결되어지는 사물의 갯수가

2020년까지 2012년의 32배에 증가할 것으로 예측하고 있으며 [2], 시스코는 2018년에 인터넷 트래픽의 50% 이상이 센서 및 액츄에이터와 같은 비PC 기기들로 부터 만들어질 것이며, 매년 사물간 통신량이 84% 정도 증가할 것으로 예측했다[3]. 이렇게 기하급수적으로 증가하는 사물인터넷 기기들은 여러 분야에서 새로운 서비스를 활성화 시켜줄 것으로 예측되고 있지만, 한편으로는 사물들 간의 상호운용성의 부족이 사물인터넷의 발전을 저해할 것으로 ITU 등에서는 경고하고 있다[4].

사물인터넷 생태계는 지금까지 개별 상품들 또는 특정 도메인을 위한 사물들이 개발되어져 왔지만, 점차 상호운용성 기반 하에 모든 사물들이 서로 연결되어져서 서비스가 제공되어지는 시스템 및 솔루션이 개발되어지는 방향으로 진화하고 있다. 사물인터넷 기기들이 글로벌하게 확산이 되기 위해서는 <그림 1>에서와 같이 새로운 기술, 상품, 그리고 솔루션들이 국제 표준에 따라 개발되어져야 하며, 개발된 사물들에 대한 테스트가 이루어진 뒤, 최적화/기능개선 등의 내부 프로세스를 거쳐 시장에 출시가 되어야 한다. 고품질의 서비스를 실제 시장에 제공하기 위해서는 각 단계에 걸쳐 엄격한 테스트가 이루어져야 한다.

글로벌 IoT 표준을 만들고 있는 oneM2M에서는 IoT 디바이스의 전 주기에 걸쳐 테스트가 수행되어질 수 있도록, 공통 기능들에 대한 테스트 요구사항 도출에서부터 실제 테스트 케이스 개발에 이르기까지 전 주기에 걸친 사물인터넷 테스트 프레임워크에 대한 표준을 개발중에 있다.

본 고에서는 먼저 oneM2M에서 개발되어지고 있는 사물인터넷 테스트 프레임워크에 대해서 살펴보고 (II장), 이어서 oneM2M 상호운용성 테스트(III 장)과 oneM2M 적합성 테스트(IV 장)에 대한 소개를 하고, 마지막으로 추후 테스트 관련 표준

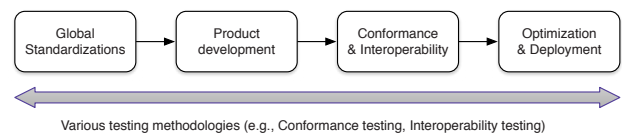


그림 1. 사물인터넷 개발 주기 및 테스트

의 진행 방향에 대해서 논하고자 한다 (V 장).

## II. oneM2M 국제 표준 사물인터넷 테스트 프레임워크

국제 표준에 맞추어 개발된 기기 및 소프트웨어에 대한 테스트를 수행하기 위해서는, 테스트와 관련된 공통 언어 정의, 적용 방법론, 절차 등에 대한 표준이 이루어져야 한다. oneM2M에서는 테스트와 관련된 이러한 내용을 테스트 프레임워크 표준 문서에서, oneM2M TS-0015 “Testing Framework”[4], 정의를 하고 있으며, TS-0015는 구체적으로 적합성 (Conformance) 및 상호운용성 (Interoperability) 테스트 전략, 테스트 시스템 및 oneM2M 표준 테스트 규격의 개발을 위한 방법론을 포함하고 있다. 다시 말하면, oneM2M 사물인터넷 테스트는 크게 상호운용성 테스트와 적합성 테스트로 이루어져 있으며 각 테스트와 관련된 표준 문서들이 <표 1>에서와 같이 개발되어지고 있다.

표 1. 테스트 관련 oneM2M 표준

표준번호	제목	설명
TS-0015 [4]	Testing Framework	oneM2M 테스트 프레임워크 정의
TS-0013 [5]	Interoperability Testing	상호운용성 테스트에 대한 정의, 절차 등
TS-0017 [6]	Implementation Conformance Statements	적합성 테스트 가능 체크리스트
TS-0018 [7]	Test Suite Structure and Test Purposes	적합성 테스트를 위한 상세 테스트 목적
TS-0019 [8]	Abstract Test Suite	테스트 케이스들에 대한 실제 표준
TS-0025 [9]	Application Developer Guide	애플리케이션 개발 가이드

TS-0015에 따르면, 앞서 언급되었던 oneM2M 상호운용성 테스트 및 적합성 테스트는 다음과 같이 정의되어진다.

**상호운용성 테스트 (Interoperability Test):** 동일한 표준에 따라 개발되어진 적어도 하나 이상의 서로 다른 제조업체에 의해 개발되어진 사물인터넷 기기들 사이의 종단간 기능을 테스트 할 수 있도록 시나리오 기반으로 테스트 케이스들을 정의한다. 적합성 테스트는 표준에 정의되어진 일반 인터페이스에서 이루어지며 (즉, 테스트를 위해 정의되어진 특별한 인터페이스는 사

용되어지지 않음), 사용자들에게 제공되어지는 기능들을 중심으로 테스트가 정의되어진다. 상호운용성 테스트가 종단간 기능적 인터페이스에서 이루어진다는 것은 상호운용성 테스트 케이스들이 기능적으로 정상적인 행위들에 대해서만 정의를 한다는 것을 의미한다. 즉, 상호운용성 테스트의 경우 비정상적 상황에 대해서는 다루지 않는다.

**적합성 테스트 (Conformance Test):** oneM2M 적합성 테스트는 oneM2M 표준에 따라 구현되어진 사물인터넷 기기들이 oneM2M 표준 문서에 명시되어진 요구사항에 부합하는 지에 대한 테스트를 수행하는 활동을 의미한다. 상호운용성 테스트와는 다르게, 적합성 테스트의 경우 프로토콜 메시지의 상세 값, 포맷, 그리고 메시지 교환 프로시저에 대한 적합성을 테스트한다. 적합성 테스트의 경우 테스트용으로 개발되어진 인터페이스를 활용하여 수행이 되며, 메시지의 내용 등을 상세히 관찰하고 관련 테스트 디바이스들에 대한 제어를 할 수 있도록 정의되어진다. 또한, 적합성 테스트의 경우 적합한 대상 시스템의 행위와 함께 여러 비정상적인 상황에 대한 테스트 케이스를 모두 포함함으로써, 테스트 대상 시스템의 표준 적합성을 상세히 확인할 수 있게 해준다.

상호운용성 테스트와 적합성 테스트에 대한 구체적인 내용은 이후 III, IV 장에서 다루고자 한다.

## III. oneM2M 상호운용성 테스트 (Interoperability Testing)

본장에서는 상호운용성 테스트에 대한 일반적인 설명과 oneM2M 표준에서 상호운용성 테스트가 어떻게 구현되어지고 개발되어지고 있는지, 그리고 상호운용성 테스트의 프로세스에 대한 내용을 설명한다.

<그림 2>에서 보는바와 같이 oneM2M 상호운용성 테스트는 크게 테스트를 위한 시스템 (System Under Test - SUT), 테스트 디바이스 (Device Under Test - DUT) 그리고 테스트 설명 (Test Description)을 메인 컴포넌트로 가지고 있으며, 이러한 컴포넌트들은 테스트 인터페이스 및 드라이버로 연결되어져 실제 상호운용성 테스트가 이루어지게 된다.

DUT는 소프트웨어와 하드웨어가 결합된 개념으로 oneM2M에서 DUT는 oneM2M에서 정의하고 있는 기능들을 수행하고, 다른 DUT 들과 상호 작용을 하는 테스트의 목적 디바이스이다. SUT는 상호운용성 테스트 환경에서 서로 다른 제조업체들로부터 제공되는 DUT 들을 포함하는 실제 테스트가 일어나는 전체

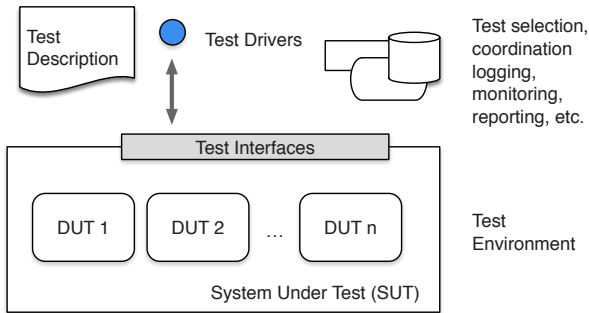


그림 2. oneM2M 상호운용성 테스트 환경

시스템을 의미한다. 테스트 설명(Test Description)은 테스트를 수행하기 위해 필요한 프로시저 및 각 단계의 세부 확인 사항들을 포함하고 있다. 상호운용성 테스트 특성상 이러한 설명들은 사람이 이해할 수 있는 자연어로 명시되어진다. SUT는 테스트 인터페이스를 통해 상호운용성 테스트를 진행한다. 테스트 인터페이스는 테스트 드라이버 (Test Driver)를 통해서 접속되어지며, 테스트를 시작하고 이에 대한 DUT의 행동들을 분석할 수 있는 방법을 제공한다. 상호운용성 테스트에 있어서 테스트 환경은 DUT에 대해서 기능적 수준에서 제어를 할 수 있도록 해주고, DUT의 행동들을 관찰할 수 있는 환경을 제공한다.

상호운용성 테스트 개념에 따라 oneM2M에서는 상호운용성 테스트를 위한 표준 문서인 TS-0013을 개발하였으며, TS-0013에는 SUT 구조에 대한 설명, 테스트 구조 도출, 상호운용성을 위한 DUT의 요구사항 (Interoperable Functions Statement - IFS) 도출, 테스트 표준 구조 정의, 테스트 요구사항에 대한 테스트 설명 (Test Description - TD) 를 포함하고 있다. <그림 3>에서는 oneM2M에서 상호운용성 테스트 관련 표준문서를 개발하는 과정을 보여주고 있다. oneM2M의 기능과 프로토콜들을 정의하고 있는 표준 문서들과 각 분야의 전문가들이 모여 상호운용성 테스트를 위한 일반 시스템 아키텍처(SUT)를 정의하고 (1), 상호운용성 테스트를 위한 여러 기능적 요구사항들을 도출하여 oneM2M 기기들이 지켜야하는 기능(IFS)들을 명시한다 (2). SUT 아키텍처는 DUT와 DUT에의해 구현된 기

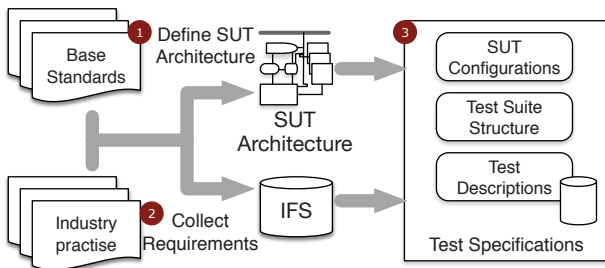


그림 3. 상호운용성 표준개발과정

표 2. 테스트링 관련 oneM2M 표준

Identifier	TD를 구분할 수 있는 ID
Objective	테스트의 목적을 포함하는 간결한 요약으로 테스트 전문가들이 손쉽게 구분할 수 있도록 묘사되어야 한다.
References	해당 테스트와 연관되는 기본 기능 표준의 정확한 위치, 요구사항, 유스케이스를 명시한다.
Applicability	해당 테스트를 수행하기위해 필요되어지는 기능 및 특징들을 나열한다.
Configuration or Architecture	테스팅을 수행하는데 필요되어지는 모든 장치들과 테스트 아키텍처를 상세히 설명한다.
Pre-Test Conditions	SUT에의해 사전에 설정이 되어야 하는 여러 조건들을 명시되어진다. 테스트 시퀀스를 수행하기 위해 반드시 필요한 단계이다.
Test Sequence	테스트를 진행하는 동안 따라야하는 절차와 각 단계에서 확인되어야 하는 내용들을 포함한다. 적합성 테스트에 비해 상대적으로 중요한 내용에 대한 체크만 수행이 되어진다.

능들, DUT들 간의 통신 경로, 그리고 DUT들간에 교환되어지는 데이터 모델, API 등에 대한 정보들을 포함한다. 테스트 전문가들은 SUT 아키텍처와 IFS에 기반하여 상호운용성 테스트를 위한 표준 문서를 개발하게된다 (3). 상호운용성 테스트 문서는 SUT 아키텍처에 대한 설정을 정의하며, 추가로 테스트 스위트 (Test suite)와 테스트 설명 (Test description)이 구체적으로 명시되어진다.

테스트 설명 (TD)는 상호운용성 테스트가 정상적으로 수행되기 위해서 다음과 같은 여러가지 정보들을 포함해야 한다.

- DUT의 설정 정보
- 프로토콜 모니터링과 같은 추가적인 장비
- 초기 테스트 조건
- 정상적인 테스트 이벤트 절차 및 결과

TD는 상세 프로토콜의 적합성을 테스트하지 않고 하나이상의 DUT들이 정상적으로 동작하는지에 중점을 두고 있기 때문에, 특정 기능에 대한 시나리오 기반으로 묘사되어진다. <표 2>에서는 oneM2M 상호운용성 테스트 표준 TS-0013에서 따르고 있는 TD의 구조를 보여준다. 상세 기능들에 대한 실제 TD들은 TS-0013 문서에 포함되어있다.

## IV. oneM2M 적합성 테스트 (Conformance Testing)

본 장에서는 oneM2M 표준 중 적합성 테스트에 대한 개요와

테스팅 실무반에서 개발되어지고 있는 적합성 테스트 관련 표준 현황에 대해서 알아본다.

**적합성 테스트(Conformance Testing)**이란 제품이 특정 표준 프로토콜을 정확히 수행하는 것을 확인하는 테스트 방법이다. 즉, 적합성 테스트는 프로토콜 자체를 위한 명시된 요건을 충족하는 테스트 대상인지 아닌지를 확인한다. 예를 들면, 프로토콜 메시지 내용과 포맷뿐만 아니라 메시지의 허락된 절차를 테스트 하는 것이다.

일반적으로 Conformance Test 표준 문서는 ISO/IEC 9646-1[10]에 서술된 규격에 맞춰 만들어져야 한다. oneM2M 역시 ISO/IEC 9646-1이 제시하는 방법에 따라 적합성 테스트 관련 표준들을 개발한다.

적합성 테스트 표준 개발의 첫번째 단계는 Implementation Conformance Statement (ICS) 라고 불리는 테스트를 위한 특징 및 옵션들을 조사하고 이를 분류하는 표준 문서를 개발하는 것이다. 테스트가 테스트를 하기 위해 필요한 옵션들을 파악하기 위해, 테스트 대상인 Implementation Under Test (IUT)에 의해 제공되는 모든 특징들은 IUT의 제조업체에 의해 ICS 문서에 명시되어야 한다. 이러한 과정을 통해 적합성 테스트를 위한 완전한 범위가 정해지게된다.

다음 단계로는 테스트되어지는 IUT가 참조한 표준 문서로부터 테스트 요구사항을 수집한다. 각각의 요구사항에 대해 하나 이상의 테스트가 도출이 되어지고, 이러한 테스트들은 여러 개의 그룹으로 분류되어진다. 이러한 테스트들의 그룹들은 전반적인 테스트 슈트 (Test Suite)에 대한 구조를 제공한다. 각각 분류되어진 테스트들은 무엇이 테스트 되어야 하는지를 알려주는 테스트 목적 (Test Purpose - TP) 으로 표준에 포함되어진다. 비록, ISO 9646-1 에 구체적으로 명시되어있지 않지만, 대부분의 경우 각각의 TP에 대해서 일치되는 테스트 설명 (Test Description - TD) 를 개발하는 것이 바람직하다. TD는

테스트 대상이 테스트를 통과했는지 실패했는지에 대한 결정을 하는데 요구되는 액션들을 표 형식 등으로 알기 쉽게 설명한다.

마지막으로, 상세 테스트 케이스 (Test Case - TC)가 각각의 TP에 대해서 개발되어진다. 테스트 자동화를 위해 일반적으로 TC들은 TTCN-3와 같은 특정한 테스트 표현 언어를 사용하는데 Abstract Test Suite (ATS) 표준 문서와 결합되어 개발되어진다. ATS와 관련된 Implementation eXtra Information for Test (IXIT) proforma는 oneM2M 전용 장치를 사용하는 프로토콜 적합성 테스트를 돕기 위해 ICS문서와 Test Cases의 보충을 위해 추가로 개발되어져야 한다.

앞에서 설명한 절차에 따라 oneM2M 적합성 테스트 방법론은 다음의 내용들로 이루어진다.

- IUT 선택
- 참조 포인트 선정
- Implementation Conformance Statements (ICS) 표준 개발 (TS-0017[6])
- Test Suite Structure and Test Purpose (TSS&TP) 표준 개발 (TS-0018[7])
- Abstract Test Suite and Implementation eXtra Information for Test (ATS&IXIT) 표준 개발 (TS-0019[8])

oneM2M 적합성 테스트에서 Implementation Under Test (IUT)는 프로토콜을 구현한 개체이며 테스트의 대상이 된다. oneM2M 적합성 테스트 프로세스는 IUT가 oneM2M 기능을 명시한 표준을 제대로 만족하는지를 검증하는데 중점을 두고 수행되어진다. IUT는 일반적으로 SUT의 일부로 구현되어지며, SUT는 테스트를 위해 적어도 하나 이상의 인터페이스를 통해 테스트 시스템에 연결된다. <그림 4>는 oneM2M 도메인에서 통신 계층 구조 관점에서 전체 테스트 시스템이 어떻게 구성되는지를 보여주고 있다. oneM2M은 서비스 계층에 대한 공통 기능을 표준화하고 있으므로, 하위 계층인 액세스 네트워크 기술 및 전송 프로토콜 자체는 IUT에 포함되지 않고, 상위 계층인 서비스 계층의 공통 기능, 관리 기능 그리고 보안 관련된 기능들이 oneM2M의 테스트 대상인 IUT에 포함되어지는 것을 볼 수 있다. oneM2M 아키텍처[11] 내에서 타겟 시스템에 따라서 IUT는 Application Service Node (ASN), Application Dedicated Node (ADN), Middle Node (MN), Infrastructure Node (IN) 이 될 수 있다.

ISO에서 정의한 바와 같이 oneM2M에서도 적합성 테스트를 위해서 크게 세 가지 표준 문서를 개발한다: ICS (TS-0017), TSS & TP (TS-0018), ATS (TS-0019).

ICS 표준은 IUT가 지원해야만 하는 여러가지 표준기능들을 도출해내어 명시하며, 전체 oneM2M 테스트 케이스에서 특정

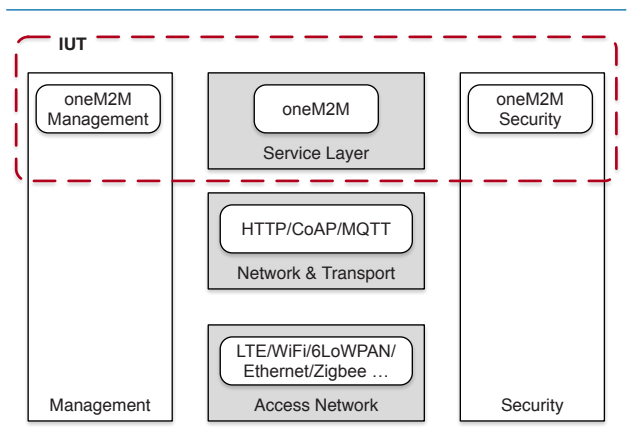


그림 4. oneM2M 아키텍처에서의 IUT 범위

IUT 테스트를 수행하기 위해 필요로 되는 테스트 케이스를 선택하는데 도움을 준다. ICS 표준 문서가 IUT의 여러 기능 및 특징들을 포함하고 있기 때문에, 일반적으로 적합성 테스트를 수행할 때 ICS는 IUT가 지원하는 기능들을 확인하기 위한 프로포마 (Proforma) 처럼 사용될 수 있다. ICS 프로포마의 목적은 oneM2M 디바이스를 개발하여 테스트를 받고자 하는 제조업체로부터 표준화된 방식으로 oneM2M 기기에 대한 정보를 받을 수 있는 방법을 제공하는데 있다. ICS에 포함되는 여러가지 정보들은 일반적으로 ISO/IEC 9646-7[10]에서 권장된 것처럼 타블라 형식으로 제시된다. 결국 제조업체들에 의해 선택되는 ICS 프로포마에 따라서 해당 기능들을 테스트 할 수 있는 테스트 목적들이 선택되어지게 된다.

다음으로 TSS & TP 표준문서 (TS-0018)는 테스트 슈트의 구조 (Test Suite Structure) 와 테스트의 목적 (Test Purpose - TP) 에 대한 표준을 명시한다. TP는 적절하게 묘사되어진 테스트의 목적을 산문 형식으로 표현하는 것이며, oneM2M의 기본이 되는 표준문서들로부터 적합성 테스트를 위한 요구사항을 뽑아내고, 각각의 요구사항 또는 그룹의 요구사항들은 하나의 TP로 묘사되어진다. 일반적으로 테스트의 대상이 되는 표준으로부터 수많은 TP 들이 도출이 되어지게 되며, 이러한 TP들은 구조화된 그룹인 TSS로 분류되어진다.

테스트 엔지니어는 여러 기준들에 따라 TSS를 정의하여 TP 들을 분류할 수 있다. 예를 들어, 분류기준으로 정상적인 행동들을 확인하는 테스트 (Valid behaviour test), 비정상적인 행동들을 확인하는 테스트 (Invalid behaviour test), 시간과 관련된 테스트 (Timer test) 등으로 분류가 가능하다. 예를 들어 테스트 목적은 구조적인 그룹에서 조직되기 위해 필요한데, 이때 그룹에서 테스트 목적들의 조직을 TSS라 부른다. oneM2M에서는 크게 IUT가 제공하게 되는 기능에 따라 “Security”, “Resource Management”, “Device Management”, “Interworking” 등의 그룹으로 (Group) 분류할 수 있으며, 각각의 기능 그룹들은 oneM2M의 리소스 구조에 따라 Application Entity, Container, ContentInstance 등 하부그룹으로 (Sub-Group) 분류되어질 수 있다.

TP(Test Purpose)는 테스트 대상이 되는 IUT에 대하여 예상되는 테스트 동작을 설명해놓은 것이다. TP의 가독성을 높이기 위해서 oneM2M에서는 일반적으로 사용되어지는 다음과 같은 권고를 따라서 TP를 표현한다. 먼저 각각의 TP는 헤더와 테스트 관련 행동들을 표현하는 파트를 포함하는 표 형식으로 표현되어진다. 헤더에는 TP 식별자, TP의 목적 그리고 관련된 ICS 정보가 포함되어진다. 테스트 관련 행동 파트에서는 테스트의 초기 상태, 예상되는 행동들, 그리고 최종 상태를 포함하도록

표 3. Discovery 관련 TP 예제 [7]

TP Id <sup>a</sup>	TPoneM2M/CSE/DIS/BV/001 <sup>a</sup>	
Test objective <sup>b</sup>	Check that the IUT returns successfully a list all discovered resource addresses <sup>b</sup>	
Reference <sup>c</sup>	TS-001: 10.2.6 & TS-004 7.2.3.13 <sup>c</sup>	
Config Id <sup>d</sup>	CF01 <sup>d</sup>	
PICS Selection <sup>e</sup>	PICS_CSE <sup>e</sup>	
Initial conditions <sup>f</sup>	with { the IUT being in the "initial state" <sup>f</sup> and the IUT having registered the AE <sup>f</sup> and the IUT having a resource TARGET_RESOURCE_ADDRESS allowing <sup>f</sup> the AE to perform RETRIEVE operation <sup>f</sup>	
Expected behaviour <sup>g</sup>	Test events <sup>g</sup>	Direction <sup>g</sup>
	when { the IUT receives a valid RETRIEVE request from AE containing: To set to TARGET_RESOURCE_ADDRESS and From set to AE-ID and: FilterUsage set to 1 (Discovery Criteria) and no Content attribute <sup>g</sup>	IUT ← AE <sup>g</sup>
	then { the IUT sends a Response message containing: Response Status Code set to 2000 (OK) and Content attribute containing: URList representation <sup>g</sup>	IUT → AE <sup>g</sup>

하여 테스트 행동을 묘사하며, 이것은 정해진 키워드나 구문을 사용하여 표현되어진다.

oneM2M에서는 적합성 테스트에서 사용되어질 TP를 도출하기 위하여, oneM2M 아키텍처를 참조하였으며[12], oneM2M 노드들이 기본적으로 가지고 있는 Common Service Entity (CSE)의 기본 기능들, 즉 Common Service Functions (CSF) 들에 기반하여 등록 (Registration), 데이터 관리 (Data Management and Repository), 구독 및 공지 (Subscription and Notification), 그룹 관리 (Group Management), 발견 (Discovery), 위치 (Location) 기능들에 대한 TP를 도출해냈다.

TP에서 묘사되어지는 IUT의 특정 요구사항에 대한 행동들은 다음의 가이드라인에 따라 작성되어진다.

- 행동에 대한 묘사는 모호성이 없도록 명시적으로 상세히 작성되어야 한다.
- IUT의 행동들은 외부에서 관찰이 가능한 테스트 이벤트들을 참조해서 작성되어야 한다.
- TP 에서 묘사되는 모든 테스트 이벤트들은 기준이 되는 표준에 이미 언급이 된 절차의 일부여야만 한다.
- 테스트 이벤트를 묘사하는 언어들(단어들을)은 명시적인 단어들(단어들을)을 사용함으로써, 추후 ATS 표준을 개발하는 테스트 전문가들이 임의적으로 해석하는 일이 없도록 해야한다.
- 행동을 나타내는 각각의 테스트 이벤트들은 가능한 하나의 ATS 표현 (예를 들어 TTCN-3 코드)을 도출하는데 사용되어야 한다.

oneM2M에서는 TP의 테스트 행동을 보다 명시적으로 묘사하기 위해서 사전에 정의된 키워드와 법칙을 활용한다. TS-0018에서 사용하는 키워드들은 행동들과 연관된 ‘with’, ‘ensure that’, ‘when/then’, 그리고 이벤트들과 연관된 ‘the IUT’, ‘receives’, ‘sends’, ‘on expiry of’, ‘after expiry of’ 등이 존재한다. 이러한 키워드들은 해당 키워드에 동반되는 행동들을 보다 명확하게 설명하기 위하여, “[”] 와 같은 구분자와 같이 사용되어진다.

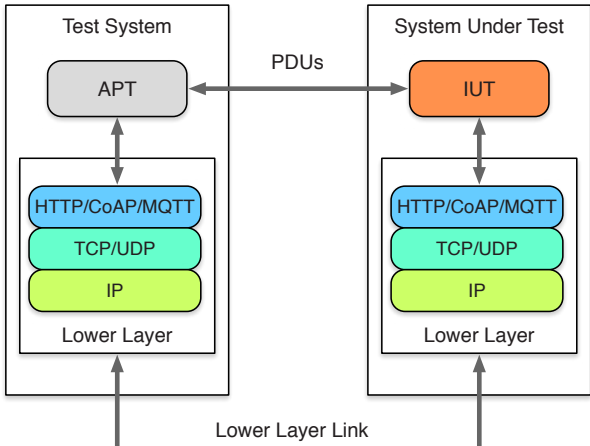


그림 5. oneM2M Abstract Protocol Tester 구조

본 고에서는 oneM2M TS-0018에서 정의하고 있는 여러 TP 들 중 발견 (Discovery) 기능에 대한 TP의 상세 내용을 설명한다. oneM2M의 Discovery 기능은 특정 CSE가 가진 리소스에 대한 검색을 제공해주는 기능이며[12], <표 3>에서는 oneM2M의 Group Discovery기능에 대한 TP의 예제를 보여주고 있다. 해당 TP의 테스트 목적은 IUT가 주어진 요청에 따라 발견된 모든 리소스 주소들의 목록을 성공적으로 반납하는 것을 확인하는 것이며, TP의 식별자로는 “TP/oneM2M/CSE/DIS/BV001”을 할당하고 있으며, 관련된 표준 문서 및 위치, 초기상태와 예상되는 행동으로 테스트 동작들을 나타냄을 보여주고 있다.

마지막으로, oneM2M에서는 TS-0019[8] 표준 문서에서 Abstract Test Suite (ATS)를 명세하고 있다. ATS 문서는 ITU를 테스트 하기 위한 여러 테스트 행동들에 대한 프로세스를 제공하는 Abstract Protocol Tester (APT) 와 TTCN-3 test 아키텍처를 포함한다. APT는 IUT를 oneM2M 프리미티브들을 사용해서 에뮬레이팅 함으로써, 실제 oneM2M 시스템들 간의 동일한 통신 환경을 제공한다. oneM2M 테스트 시스템은 정상적/비정상적 프로토콜 행동들에 대해서 시뮬레이션을 수행하고, 이에 대한 IUT의 반응들을 분석한다. 시스템은 분석 결과에 따라 IUT에 대해 성공 또는 실패의 결과를 선언하게 된다.

<그림 5>에서는 oneM2M의 APT 구조를 보여주고 있다. 테스트 시스템에 위치하여 IUT를 에뮬레이팅하는 APT는 하부 계층에서 제공해주는 통신 프로토콜들을 사용하여 IUT와 연결을 설정하게되며, 이후 IUT들간에 교환되는 oneM2M 표준에 따라 정의되어진 메시지인 Protocol Data Units (PDU)를 IUT와 교환함으로써 다양한 테스트를 수행한다. 테스트 시스템은 PDUs를 통해서 IUT를 트리거하고, 트리거에 대한 IUT의 반응을 분석한다. oneM2M 테스트 환경에서 APT는 oneM2M 기본 표준들에 명시된대로 OSI 어플리케이션 계층의 HTTP, CoAP

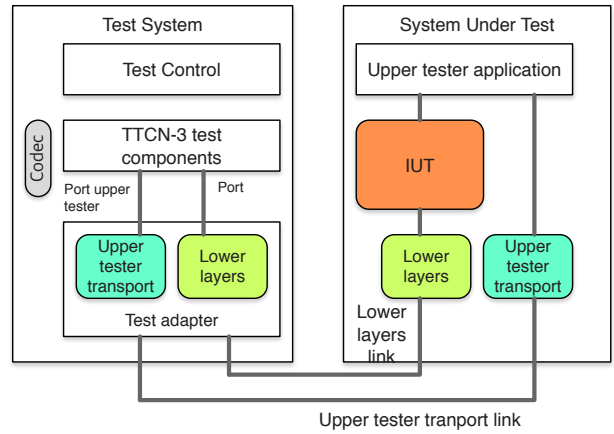


그림 6. TTCN-3 테스트 시스템 아키텍처

또는 MQTT를 사용하며, 전송 및 네트워크 계층의 기술로는 각각 TCP/UDP, IPv4/IPv6 프로토콜을 사용한다.

일반적으로 추상화된 테스트 아키텍처는 다양한 방식의 테스트 기기들과 테스트 표현 언어를 사용해서 구현되어질 수 있다. oneM2M 테스트 프레임워크에서는 컴퓨터 및 통신시스템의 다양한 테스트 케이스들을 명세하기 위해 국제적으로 표준화되어서 사용되어지고 있는 TTCN-3(Testing and Test Control Notation Version 3)를 사용하여 테스트 아키텍처를 구현한다. TTCN-3는 테스트를 위해 테스트 케이스의 행동들을 정형화된 언어로 명시하기 위해 만들어진 국제 표준 테스트 명세 언어이다.

<그림 6>은 oneM2M의 TTCN-3 테스트 시스템 아키텍처를 설명하고 있다. SUT는 크게 테스트의 대상인 “IUT”, 프로토콜 레이어로부터 프리미티브들의 전송과 수신을 시뮬레이션 할 수 있도록 해주는 “Upper tester application”, 테스트 시스템과 물리적인 연결을 설정하는 “Lower layers”, 그리고, 테스트 시스템이 Upper tester application 과 연결되어 TTCN-3 컴포넌트가 제어를 할 수 있도록 하는 역할을 하는 “Upper tester transport” 기능으로 구성되어진다. 테스트 시스템의 경우 테스트 행동들을 제공하는 “TTCN-3 test components”, TTCN-3 내부 데이터 구조와 실제 표준에 따른 데이터 구조간의 인코딩 및 디코딩을 담당하는 “Codec” 기능, TTCN-3 테스트 실행에 대한 관리를 가능하게 해주는 “Test Control”, 그리고, IUT가 제공하는 물리적인 인터페이스와 TTCN-3 메시지를 사용하는 TTCN-3 포트 사이의 인터페이스를 구현하는 “Test Adapter (TA)”로 구성되어진다.

참고로 TTCN-3 테스트 표현 언어는 테스트 케이스의 성공 또는 실패를 정의하는 테스트 행위를 간결하고 명확하면서 정형화된 방식으로 표현하는 방법을 제공한다. 다양한 분야에서 TTCN-3가 테스트 언어로 사용되어지지만, 특히 통신 분

야에서, 3GPP (Third Generation Partnership Program)은 LTE (Long Term Evolution) 및 4G를 포함하여 개발하는 모든 통신 시스템 및 프로토콜에 대한 기기들을 테스트 하는데 TTCN-3가 사용되어지고 있다.

## V. 결론

사물인터넷 생태계는 지금까지 특정 도메인에서의 서비스 제공을 목적으로 개발되어져 오던 방식에서 벗어나, 서로 다른 도메인, 그리고 서로 다른 제조업체로 부터 개발되어지는 사물인터넷 기기들간에도 호환이 되어 상호운용성을 극대화 시키는 방향으로 발전되어지고 있다. 이러한 사물인터넷 기기들 간의 호환성은 하나의 국제 표준에 따라 개발이 되어지고, 이에 대한 테스트가 되어질때 가능하다.

따라서, 사물인터넷 서비스 계층에서의 공통 기능들에 대한 표준을 개발하고 있는 oneM2M의 테스트 실무반에서는 사물인터넷 기기들에 대한 테스트를 수행할 수 있도록 하는 사물인터넷에 적합한 테스트 프레임워크를 정의하고 이에 맞추어 관련된 테스트 표준을 개발하고 있다.

이에 본고에서는 oneM2M에서 진행되고 있는 테스트 관련 표준 규격 개발에 대한 내용을 자세히 알아보았다. oneM2M에서는 국제 사물인터넷 표준 개발 단체로서 사물인터넷분야에서의 사업자, 기기 제조 업체, 서버 장비 업체 및 시험소들이 활용할 수 있는 테스트 프레임워크를 정의하고 상호운용성 및 적합성 테스트에 대한 개발 그리고 실제 테스트에 사용이 되어지는 TTCN-3 기반의 테스트 케이스 개발을 신속히 마무리 하고 이에 대한 제정을 함으로써 사물인터넷 기기들간의 글로벌 호환성을 제공해야 할 것이다.

## Acknowledgement

이 논문은 2015년도 정부 (미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.B0184-15-1003, oneM2M Conformance 테스트 톨 및 QoS 기술 개발)

## 참고 문헌

[1] Song, J., Kunz, A., Schmidt, M., et al.: 'Connecting

and Managing M2M Devices in the Future Internet,' Springer Journal of Mobile Networks and Applications Volume 19 Nov. 1 2014.

[2] Jittender Miglanni's blog on Forrester.com, [http://blogs.forrester.com/jittender\\_miglani](http://blogs.forrester.com/jittender_miglani), Feb. 2015

[3] "The Zettabyte Era - Trends and Analysis", Cisco Systems, June 2014.[online: [http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/VNI\\_Hyperconnectivity\\_WP.html](http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/VNI_Hyperconnectivity_WP.html)]

[4] oneM2M-TS-0015: 'oneM2M Testing Framework', v0.3.0, Mar, 2016.

[5] oneM2M-TS-0013: 'oneM2M Interoperability Testing', v1.0.0, Mar, 2016.

[6] oneM2M-TS-0017: 'oneM2M Implementation Conformance Statements (ICS)', v0.0.3, Mar, 2016.

[7] oneM2M-TS-0018: 'oneM2M Test Suite Structure and Test Purposes (TSS & TP)', v0.0.7, Mar, 2016.

[8] oneM2M-TS-0019: 'oneM2M Abstract Test Suite (ATS)', v0.0.3, Mar, 2016.

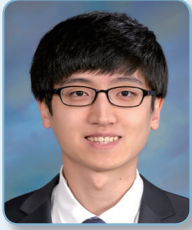
[9] oneM2M-TS-0025: 'oneM2M Application Developer Guide', v1.0.3, Mar, 2016.

[10] ISO/IEC 9646 (all parts): "Information technology - Open Systems Interconnection - Conformance testing methodology and framework"

[11] J. Swetina, G. Lu, P. Jacobs, F. Ennesser, J. Song, "Toward a standardized common M2M service layer platform: Introduction to oneM2M," IEEE Wireless Commun. Mag., vol.21, no.3, pp.20-26, June 2014.

[12] oneM2M-TS-0001: 'oneM2M Functional Architecture', v1.6.1, Jan, 2015.

## 약 력



박 현 철

2015년 남서울대학교 공학사  
2015년~현재 세종대학교 공학석사  
관심분야: 사물인터넷, 테스트, 마이크로프로세서



김 회 창

2016년 한밭대학교 공학사  
2016년~현재 세종대학교 공학석사  
관심분야: 사물인터넷, 시험인증, 테스트, 소프트웨어  
보안



주 호 택

2015년 고려대학교 공학사  
2016년~현재 세종대학교 공학석사  
관심분야: 사물인터넷, 소프트웨어 테스트



송 재 승

1996년 연세대학교 이학사  
2000년 서강대학교 공학사  
2002년 서강대학교 공학석사  
2013년 Imperial College London 공학박사  
2002년~2008년 LG전자 차세대 이동통신연구원  
선임연구원  
2012년~2013년 NEC Europe Ltd. Standards  
Senior Researcher  
2013년~현재 세종대학교 정보보호학과 조교수  
2015년~현재 oneM2M Testing Working Group  
의장  
관심분야: 사물인터넷, 시험인증, 테스트, 소프트웨어  
보안