

## 사물인터넷 표준 CoAP 기술 및 구현 동향

고석갑\* 오승훈\* 손승철\* 이병탁\*\*

최근 사물인터넷 기술에 대한 기대와 관심이 고조되고 있는 가운데, 인터넷 표준화 단체인 IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 다양한 노드를 수용할 수 있는 웹 기술 대응 프로토콜인 CoAP(Constrained Application Protocol)을 제정하고 있다. 본 고에서는 CoAP 프로토콜의 개요와 구현 현황, ETSI의 상호운용성 시험 현황에 대해 살펴본다.

### 목 차

- I. 서 론
- II. CoAP 기술 및 표준화 동향
- III. CoAP 구현 동향
- IV. ETSI CoAP 상호운용성 시험
- V. 결 론

\* 한국전자통신연구원 관계디바이스실/선임연구원  
\*\* 한국전자통신연구원 관계디바이스실/책임연구원

### I. 서 론

사물인터넷(Internet of Things: IoT)이란, 컴퓨터뿐만 아니라 다양한 사물, 데이터와 서비스 등 모든 것을 인터넷에 연결하여 정보를 교환할 수 있도록 하는 기술 및 서비스를 말한다. 사물인터넷을 통해 다양한 서비스가 만들어지고, 새로운 시장과 수익이 창출될 것으로 기대되고 있다. 특히, 미래창조과학부가 2014년 4월에 사물인터넷 육성 기본 계획안을 발표하면서 사물인터넷 기술에 대한 기대와 관심이 고조되고 있다.

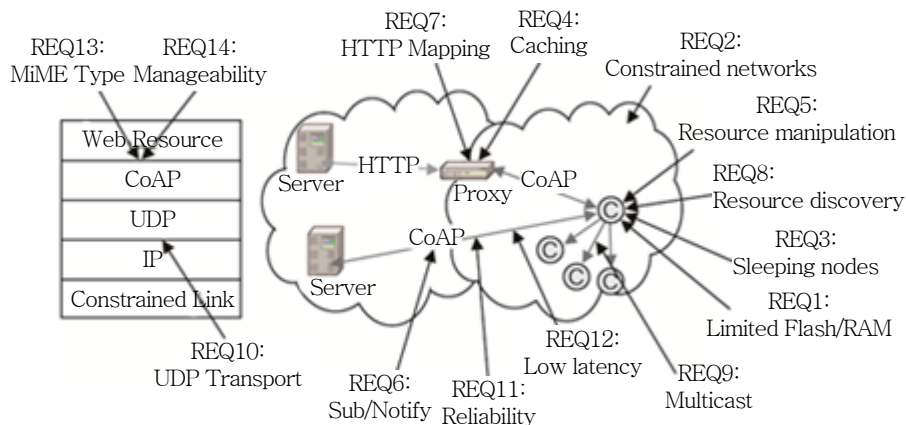
사물인터넷은 다양한 기기가 서로 연결되는 네트워크이다. 거기에는 컴퓨터와 스마트폰처럼 높은 처리용량과 메모리를 가지

고 있는 노드도 있지만 센서와 같이 작은 메모리와 낮은 처리 성능을 가진 노드들도 인터넷에 연결된다. 이에 인터넷 표준화 단체인 IETF 는 다양한 노드를 수용할 수 있는 사물인터넷 프로토콜을 만들기 시작하였고, 그 중 하나가 기존의 HTTP 웹 프로토콜에 대응되는 CoAP(Constrained Application Protocol) 프로토콜이다. CoAP 프로토콜 중 핵심 부분은 이미 표준화 완료 단계에 있으며, 부가 확장 및 보안 부분은 빠르게 표준화가 이루어지고 있고, 많은 유명 업체에서 CoAP 구현을 완료하여 상용화를 진행하고 있다. 유럽 통신 표준 단체인 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)에서는 CoAP Plugtest 라는 상호운용성 시험을 개최하여 구현 업체 간의 연동 시험 및 시장 활성화에 기여하고 있다. 본 고에서는 이러한 CoAP 프로토콜의 개요와 구현 현황, ETSI 의 상호운용성 시험 현황에 대해서 각각 살펴본다.

## 11. CoAP 기술 및 표준화 동향

최근 사물인터넷 시대의 도래에 따라, 다양한 센서 노드 및 각종 장치, 기기 간에 상호통신할 수 있는 가벼운 공통 프로토콜이 필요하게 되었다. 사물인터넷 관련 표준화로는 ITU 및 ETSI 가 서비스 모델, 서비스 연동 등 큰 그림을 담당하고 있으며, IETF 에서 IP 기반 프로토콜 표준화를 주도하고 있다. 그 밖에 IPSO(Internet Protocol of Smart Objects), OMA 등 기관에서도 사물인터넷 관련 표준 적용을 지원하고 있다.

IETF CoRE 워킹그룹에서는 사물인터넷 노드 사이에 통신할 수 있는 CoAP 을 개발하

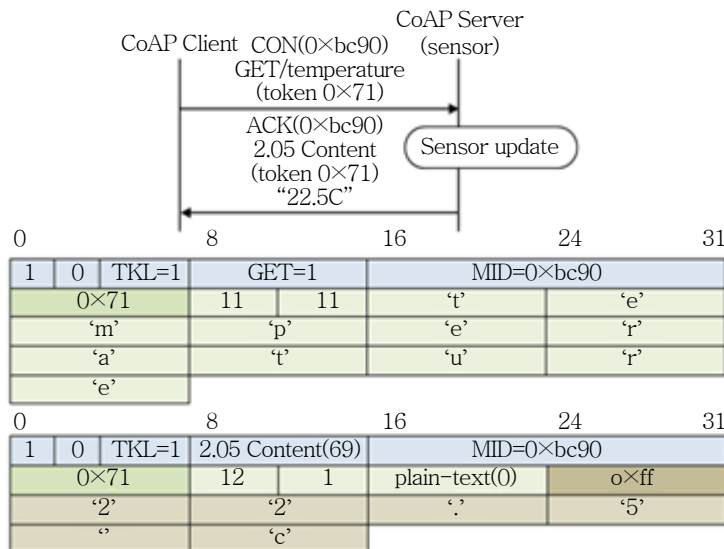


(그림 1) IETF CoRE WG 표준화 범위

고 있다. (그림 1)은 CoRE 워킹그룹의 표준화 범위를 나타내고 있으며, 노드 및 네트워크의 제약사항에 관한 정리, 리소스 등록 및 탐색, 신뢰성 있는 전달, 이벤트 통지, 멀티캐스트, 프록시, 메시지 포맷, 보안 등을 고려하고 있다.

CoAP 프로토콜은 기본적으로 IP 계층 위에 UDP 전송 계층을 가정하고 있지만, 하위 계층과 독립적으로 설계되어 다른 네트워크 계층 및 전송 계층에서도 동작할 수 있다. (그림 2)는 CoAP 에서 제공하는 메시지 포맷의 예를 보인다. CoAP 은 기본적으로 작은 메시지 크기 및 쉬운 인코딩·디코딩을 위해 바이너리 인코딩 방식을 사용한다. CoAP 은 확인(acknowledgement) 메시지를 받아야만 재전송을 멈추는 확인형(confirmable) 메시지와 응답이 안와도 상관없는 비확인형(Non-confirmable) 메시지를 선택적으로 지원한다. 또한, CoAP 클라이언트가 CoAP 서버(센서노드)를 주기적으로 조회하는 폴링(Polling) 방식 외에 추가로 이벤트가 발생할 경우에 바로 CoAP 서버(센서노드)가 CoAP 클라이언트로 메시지를 전송하는 푸시(push)방식도 지원한다. CoAP 에서는 이를 Observe 확장이라고 한다. CoAP 에서는 요청 메시지에 따른 즉시 응답이 곤란한 경우, 지연된 응답 기능이 가능하고, 그 밖에 CoAP 서버가 제공하고 있는 목록을 확인할 수 있는 링크 포맷 기능, 큰 데이터를 나누어서 전송할 수 있는 블록단위 전송 기능, 보안 기능 등이 있다[1].

최근 2014 년 3 월 런던에서 IETF 89 차 회의가 개최되었다. CoRE 워킹그룹 관련하여



(그림 2) CoAP 메시지 포맷

CoAP 프로토콜 기고서 18 버전[2]이 RFC 편집자 큐에서 작업 중으로 곧 RFC 로 발행 될 예정이다. 그 외에도 Blockwise Transfer in CoAP[3], Observing Resources in CoAP[4], Group Communication for CoAP[5], Best Practices for HTTP-CoAP Mapping Implementation[6], CoRE Link Collections in JSON[7], CoRE Interface[8] 문서들이 IESG 차원에서 논의되고 있다. 이번 회의의 주된 이슈 중 하나는 Observation Cancellation 관련된 방법을 어떤 것으로 할 것인가에 대해 많은 논의가 있었다. RESTful 한 설계철학과 CoAP 의 목적에 대한 대립점이 있어 결정에 어려움이 있었다. 몇 가지 대안 중에 Observe 옵션에 '0'이 아닌 값을 넣어 GET 요청메시지를 보내는 것으로 캔슬 기능을 하는 것이 유력하게 논의되고 있는 상태이다.

그 밖에 IETF 89 차 회의에서는 많은 사물인터넷 관련 미팅이 열렸다. ACE (Authentication and Authorization for Constrained Environments) BoF 그룹은 아직 워킹그룹으로 승인되기 전단계로 사물인터넷에서 인증 및 접근 제어 관련 표준을 제정하는데 목적이 있다[9]. DICE(DTLS in Constrained Environments) 워킹그룹에서는 사물인터넷을 위한 DTLS 프로파일을 표준화하는 워킹그룹으로 CoAP 에서의 보안 부분을 보강하는 역할을 하고 있다[10].

### III. CoAP 구현 동향

많은 국내외 업체 및 기관들이 CoAP 프로토콜을 구현하고 시장에 진출하고 있다. 본고에서는 ETSI CoAP Plugtest 참석 업체를 대상으로 구현 동향을 살펴본다.

ARM 의 경우, 2013 년부터 본격적으로 사물인터넷 시장에 뛰어들기 시작하였으며, 그동안 스마트폰에 ARM 프로세서 기술이 많이 퍼졌듯이 사물인터넷 시대에서도 ARM 기술을 다양한 기기에 넣겠다는 전략을 가지고 있다. ARM 의 사물인터넷 전략은 개방형 개발 플랫폼인 ARM mbed 과 사물인터넷 표준 솔루션 등이 있으며, 여기에 자사의 하드웨어가 포함된 레퍼런스 플랫폼을 제공하고, 미들웨어 및 클라우드 서비스 기술이 포함된 소프트웨어 플랫폼 기술을 포함하고 있다. ARM 은 센시노드 인수를 통해 사물인터넷 솔루션과 IETF CoAP 을 포함한 국제 사물인터넷 표준화 활동에도 참여하여 자신들의 기술을 표준화에 반영하고 있으며, 자사의 솔루션에도 표준내용을 먼저 구현하여 기능을 넣고 있다.

독일 Bremen 대학 TZI 의 Carsten Bormann 은 IETF CoAP 워킹그룹 좌장으로써 표준화에 주도적인 활동을 하고 있으며, CoAP 오픈 소스인 libcoap 라이브러리를 개발하고 있다. 이처럼 TZI 는 학계 연구소 차원에서 표준화와 CoAP 및 사물인터넷 기술 보급에 관심을 가지고 활동하고 있다.

벨기에의 산·학 협력 촉진을 통한 ICT 서비스 및 사업화 진흥을 위해 설립된 창업 컨설팅 및 투자 전문기관인 iMinds 에서도 사물인터넷 및 CoAP 기술 구현에 참여하고 있다. 여기에서는 다양한 규모, 형태의 실제 네트워크 장비와 단말들을 구비해 놓고 ICT 솔루션이나 상품의 창업자를 돕기 위해 개발과 시험을 진행하고 있으며, 총 13 개의 최신 트렌드 프로젝트를 수행하고 있다. 그 중 임베디드 서비스를 타겟으로 하는 창업자를 위해 CoAP 프로젝트를 구성하고 직접 구현하면서 플랫폼을 제공하고 있다.

중국의 가장 큰 네트워크 장비 및 IT 업체인 화웨이도 최근 M2M 및 사물인터넷 시장에 진출하고 있다. 아직 CoAP 구현은 늦게 시작한 편이지만, 다양한 응용에 적용을 계획하고 있다.

히타치 중국 연구소의 경우, 스마트 시티를 미래의 큰 비전으로 보고 있으며, 그 실현을 위해 사물인터넷 통신 시스템을 구현하고 있다. 다양한 형태로 연결되는 게이트웨이를 M2M 플랫폼과 연계하고 있으며, 응용계층이 지원하는 프로토콜로 CoAP 과 HTTP 를 채택하였다. 표준화에도 깊숙이 참여하여 사물인터넷 플랫폼 제공을 목표로 가지고 있다.

취리히 연방 공과대학의 ETH 에서는 CoAP 표준화 활동 및 사물인터넷 기술과 관련된 연구 및 구현을 진행하고 있으며, 비록 상용 제품은 없으나 수준 높은 CoAP 구현 소프트웨어 기술을 보유하고 있다.

국내에서도 대학교 및 ETRI 를 중심으로 CoAP 을 구현하고 있다. ETRI 는 소형 센서 노드 등 다양한 기기에 이식할 수 있도록 경량화된 CoAP 소프트웨어를 개발하여 중소기업 대상으로 기술이전을 진행중이다. 특히, ETRI CoAP 은 IP 프로토콜 지원뿐만 아니라, Zigbee MAC/PHY, RS-485 와 같이 IP 프로토콜을 사용하기 어려운 통신 인터페이스를 지원하기 위한 유연한 구현 구조를 가지고 있으며, 기술이전을 통해 KT 빌딩관제 시스템 과 스마트 강의실 구축 사업에 적용하는 등 CoAP 기술을 전파하고 관련 시장 활성화에 기여하고 있다[11].

그 밖의 많은 업체 및 기관들이 C, Objective-C, C++ , Java, Python, nesC/C, Javascript,

Go 등 다양한 프로그래밍 언어와 플랫폼용으로 CoAP 을 구현하고 있다. 이러한 내용들은 위키페디아의 CoAP 페이지[12]에 정리되어 있다.

## IV. ETSI CoAP 상호운용성 시험

### 1. ETSI CoAP Plugtest

유럽 통신 표준화 기관인 ETSI 는 영국 런던에서 2014 년 3 월 7 일부터 9 일까지 “CoAP#4 Plugtest”(제 4 차 CoAP Plugtest) 행사를 개최하였다. 이 행사는 ETSI 가 주관하고 IPSO 가 후원하는 국제 표준화 상호연동시험 행사로서 사물인터넷 핵심 프로토콜인 IETF CoAP 및 6LoWPAN(IPv6 over Low-power Wireless Personal Area) 네트워크 기술과 OMA LWM2M(Open Mobile Alliance Lightweight M2M)은 상호 연동 시험을 수행하였다. 이 행사는 IETF 89 차 회의일정과 연계하여 진행되고, 회의 결과 일부를 Plugtest 에 반영하여 상호운용성을 시험해보기도 하였다.

IETF CoAP 시험에서는 CoRE 기본 프로토콜뿐만 아니라 Block 및 Observe, Link 의 확장 프로토콜과 DTLS(Datagram Transport Layer Security) 보안 인증 시험도 포함하여 총 56 개의 시험항목으로 진행되었다. 6LoWPAN 시험은 2013 년 베를린 시험에서 작성한 상호운용성 시험 절차를 갱신하여 총 29 개 항목으로 시험하였으며, LWM2M 시험은 OMA 에서 작성한 “An Enabler Test Specification of LWM2M” 문서를 기준으로 총 16 개 항목을 시험하였다. ETSI 에서는 행사를 주최하고, 시험장소 및 위키페이지, 세부 시험 일정 관리, 시험 결과 보고 도구, 네트워크 등을 제공하였다.

본 행사에는 ARM, Ericsson, ETH Zurich, ETRI, Huawei, RIOT/INRIA, TZI/Bremen 대학, Hitachi, iMinds, Open Mobile Alliance, Carnegie Mellon University 의 11 개 업체 및 기관에서 20 여명이 참석하였다.

### 2. 시험 내용

CORE 그룹의 시험항목들은 IETF CoRE 워킹그룹 드래프트 문서인 draft-ietf-core-coap-18 을 기준으로 하고 있다. 이 문서는 기본 CoAP 프로토콜의 메시지 포맷, 절차, 옵션 항목, 파라미터 등을 다루고 있는 기본적인 표준 문서이다.

LINK 그룹의 시험항목들은 RFC 6690 Core Link Format 문서를 기준으로 작성되어 있으며, CoAP 서버가 제공 및 관리하는 리소스 리스트 및 속성을 확인할 때 사용하는 프로토콜로 디렉토리 정보를 제공하는 것과 유사하다.

BLOCK 그룹의 시험항목들은 draft-ietf-core-block-14 문서를 기준으로 작성되어 있다. 이는 큰 크기의 페이로드를 전송할 때, 블록 단위로 나누어서 전달할 수 있게 하는 확장 표준이다.

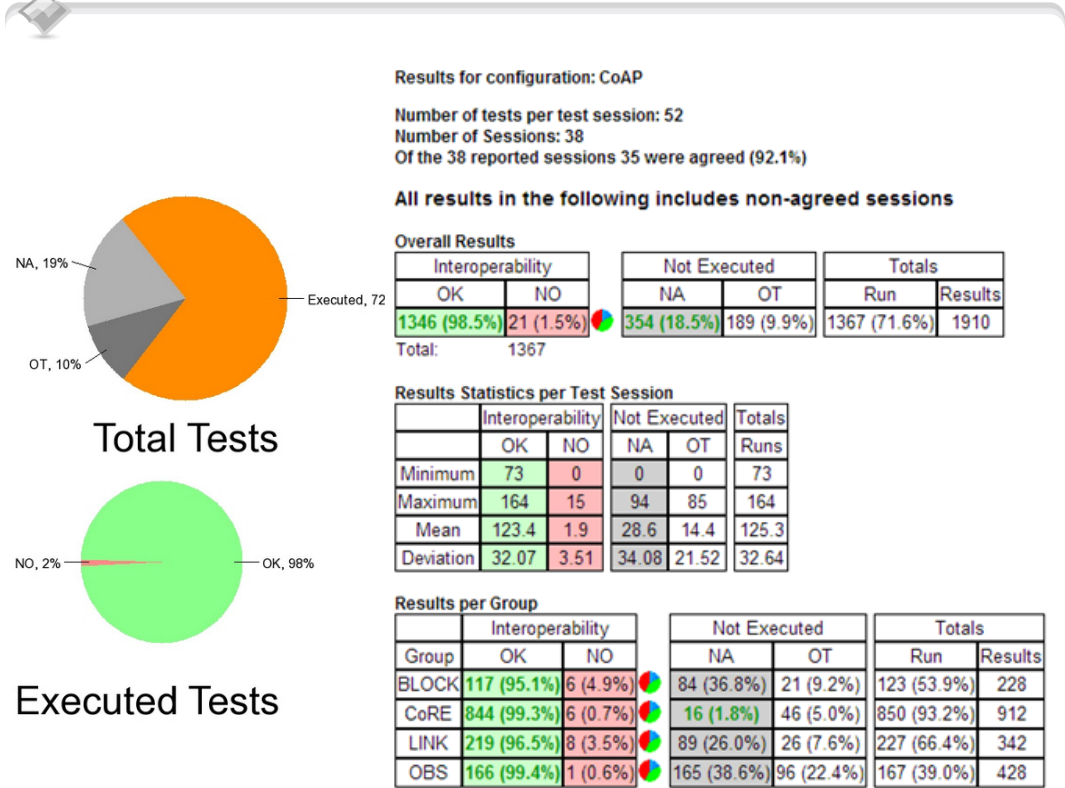
OBS 그룹의 시험항목들은 draft-ietf-core-observe-12 문서를 기준으로 작성되어 있다. 이는 센서 노드와 같은 CoAP 서버가 그 내용이 갱신될 때마다 데이터를 통보하는 모델을 지원한다. 이 기법을 통해 매번 CoAP 서버를 폴링하지 않고도 빠르게 변경된 데이터를 수집할 수 있으며, 네트워크 트래픽 및 전송 전력도 절약할 수 있다.

DTLS 그룹의 시험항목들은 draft-ietf-core-coap-18 에 정리된 내용을 기준으로 하며, 그 세부적인 규격은 RFC 6347 Datagram Transport Layer Security Version 1.2 및 RFC 6655 AES-CCM Cipher Suites for Transport Layer Security(TLS), draft-mcgrew-tls-aes-ccm-ecc-06 AES-CCM ECC Cipher Suites for TLS, draft-ietf-tls-oob-pubkey-07 Out-of-Band Public Key Validation for Transport Layer Security 이다. IETF DICE 워킹그룹에서 관련 프로파일을 정리하고 있는 단계로 아직 많은 부분이 논의되고 있다.

### 3. 시험 환경 및 진행

시험환경은 ETSI CTI 가 IPv6, IPv4 사설 네트워크로 구성하였고, 이더넷 유선망을 기본으로 하고 있다. 내부망에 DHCP 및 DNS 서버를 구축하였고, NAT(Network Address Translation) 장비를 이용하여 인터넷 액세스가 가능하도록 하였다. 각 참가 업체에게 서버넷을 할당하고, 테스트에 사용되는 CoAP 서버들별로 IP 주소를 할당하고 DNS 이름을 지정해 두었다.

시험은 일정 스케줄에 의해 2 개 참여 업체씩 짝을 이루어 서로 클라이언트-서버 역할을 바꿔 가며 시험을 수행하고, 한 업체는 보통 하루에 3 개 업체와의 시험을 하게 된다. 시험이 끝나면 시험결과를 상호 동의 과정을 거쳐 온라인으로 입력한다. 시험결과 통계는 다른 업체 간의 시험 결과는 볼 수 없고, 자신의 시험 결과와 전체 시험결과 통계만을 확인할 수 있다.



(그림 3) ETSI CoAP#4 Plugtest 시험결과

#### 4. 시험 결과

(그림 3)은 모든 참석 업체의 CoAP Plugtest 시험 종합결과를 나타낸다. 총 38 개의 세션이 있고, 세션당 52 개의 테스트 항목이 있다. 전체 시험 항목 중 71.6% 수행을 하여 시험한 항목 중 98.5%가 OK로 집계되었다. 이는 매우 높은 상호운용성을 가지고 있으며, CoAP 프로토콜 규격의 완전성 및 각 업체 및 기관의 구현물의 완성도가 높다는 것을 확인할 수 있다.

세부결과를 보면, CoRE 그룹의 경우, 전체 시험항목 중에 93.2%는 대부분의 시험항목을 수행하였으며, 호환성도 99.3%로 매우 높은 결과를 보였다. CORE 그룹의 시험항목은 CoAP의 기본적인 기능을 포함하고 있어 대부분의 업체들이 잘 구현하였기 때문에 높은 상호운용성 결과를 얻었다. LINK 그룹의 경우, 66.4%의 시험이 수행되었으며, 다양한 조건으로 리소스 리스트를 탐색하는 기능이 있다. 이러한 부분들이 충분히 구현되지 않은 업체들이 많았기 때문에 시험 시행률이 다소 낮았다. BLOCK 그룹의 경우 53.9%의 시험이



수행되었으며, 일부 업체에서는 BLOCK 기능의 중요도를 다소 낮게 보고 있어 완전하게 구현되지 않는 항목들이 있었기 때문에 시험 시행률이 낮게 나왔다. OBS 그룹의 경우, 39.0%의 시험을 수행하였다. 아직 완전히 구현하지 않은 업체가 많은 관계로 시험 시행을 낮았지만, 구현한 업체 간의 상호운용성은 99.4%로 높게 나타났다. 특히, OBS 그룹에는 새롭게 Observe CANCEL 기능에 대한 시험항목이 행사기간 중에 추가되었으며, 많은 업체들이 짧은 시간 내에 구현하여 정상동작을 확인하기도 하였다.

ETRI의 시험결과는 전체 시험항목 중 80.0% 시험을 수행하였으며, 시험한 항목 중 99.6%를 OK를 받아 다른 참가업체들에 비해 우수한 상호운용성 결과를 얻어 ETRI의 기술이 세계적으로도 우수함을 확인할 수 있었다.

## V. 결론

사물인터넷은 성장 잠재력이 무궁무진한 분야로 새로운 성장의 원동력이 될 수 있는 분야이다. 다양한 아이디어와 기술 및 서비스가 사물인터넷이라는 이름으로 결합될 것이다. 그런데, 개별적이고 독자적인 방식으로 사물인터넷 서비스를 개발하게 되는 경우, 인터넷의 장점인 다양한 서비스로의 확장이 어렵고, 다른 기기 및 서비스와의 연동이 될 수 없다. 사물인터넷 서비스는 기본적으로 개방성과 표준성을 갖추고 있어야 한다. 그러한 표준 중의 하나가 CoAP 프로토콜이다.

이미 세계적인 업체들은 CoAP과 같은 국제 표준을 준수하여 전세계 시장에 적용될 수 있는 사물인터넷 서비스 및 기기를 개발하고 있다. 국내에도 ETRI를 중심으로 국제 표준 기술을 확보하고 있으며, 최근 IDC 발표에 의하면 대한민국이 G20 국가 중 사물인터넷 지수가 두 번째로 높게 나왔다. 국내외적으로 표준 및 관련 구현 제품들이 상용화 수준까지 구현되어 사물인터넷 시장이 급격하게 커질 것으로 예상된다.

### <참고 문헌>

- [1] 고석갑 외, “IETF CoAP 기반 센서접속 프로토콜 기술 동향”, ETRI, 전자통신동향분석, 2013. 12.
- [2] Z. Shelby, K. Hartke, and C. Borman, “Constrained Application Protocol(CoAP),” draft-ietf-core-coap-18, IETF, Jun. 2013.
- [3] C. Bormann, and Z. Shelby, “Blockwise transfers in CoAP,” draft-ietf-core-block-14, IETF, Oct.



- 2013.
- [4] K. Hartke, "Observing Resources in CoAP," draft-ietf-core-observe-13, IETF, Apr. 2014.
  - [5] A. Rahman, and E. Dijk, "Group Communication for CoAP", draft-ietf-core-groupcomm, IETF, Dec. 2013.
  - [6] A. Castellani, S. Loreto, A. Rahman, T. Fossati, and E. Dijk, "Guidelines for HTTP-CoAP Mapping Implementations", draft-ietf-core-http-mapping-03, IETF, Feb. 2014
  - [7] C. Bormann, "Representing CoRE Link Collections in JSON", draft-ietf-core-links-json-01, IETF, Dec. 2013.
  - [8] Z. Shelby, M. Vial, "CoRE Interfaces", draft-ietf-core-interfaces-01, Dec. 2013.
  - [9] Authentication and Authorization for Constrained Environment(ACE) BoF, IETF, [http://trac.tools.ietf.org/wg/core/trac/wiki/ACE\\_charter](http://trac.tools.ietf.org/wg/core/trac/wiki/ACE_charter)
  - [10] DTLS In Constrained Environments(dice), Working Group, IETF, <http://datatracker.ietf.org/wg/dice/charter/>
  - [11] Non-IP 센서지원 IETF CoAP 기반 센서접속프로토콜, ETRI 기술이전 사이트, [http://www.itec.re.kr/itec/sub02/sub02\\_01\\_1.do?t\\_id=5980](http://www.itec.re.kr/itec/sub02/sub02_01_1.do?t_id=5980)
  - [12] Constrained Application Protocol, Wikipedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Constrained\\_Application\\_Protocol](http://en.wikipedia.org/wiki/Constrained_Application_Protocol)

---

\* 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITP의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.