

IETF에서의 사물인터넷 기술 표준화 현황

홍용근 TTA 사물인터넷 네트워킹 PG(SPG 12) 의장
ETRI 표준연구센터 선임연구원

1. 머리말

1960년~1970년대 미국 국방부 산하의 ARPA (Advanced Research Projects Agency) 주도로 군사적, 학술적 목적으로 연구가 시작된 인터넷 (Internet)은 1990년대 WWW(World Wide Web) 및 초고속 인터넷 등장으로 일반인들도 생활 일부분으로 사용하는 아주 친숙한 용어가 되었다. 이러한 인터넷은 2000년대 광대역/모바일 기술의 도움으로 PC뿐만 아니라 스마트폰, 스마트패드 등이 연결되는 변화를 거쳐서 2010년 전후에는 사람이 사용하는 기기뿐만 아니라 다양한 디바이스(사물)도 인터넷에 연결되는 사물인터넷(IoT, Internet of Things)의 시대로 접어들었다.

현재 인터넷에 연결된 사물은 향후 연결 가능한 사물의 1% 미만으로 추측되고 있으며, 연결 확대 과정에서 공공/산업/개인 등 모든 분야에서 파괴적 혁신을 유발하여 신산업 창출, 생산성·효율성

제고, 사회현황 해결 및 삶의 질 향상 등을 가져올 것으로 예상된다[1][2]. 그동안 인터넷 기술은 원래 만들어진 목적에서 벗어나 다양한 요구를 수용하기 위하여 계속 발전 및 진화의 과정을 거쳐 왔다. IPv4 인터넷 주소 부족문제를 해결하기 위하여 IPv6가 2000년 초반에 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 새로 만들어졌고, 인터넷 단말의 이동성 지원을 위하여 Mobile IPv6와 Proxy Mobile IPv6가 만들어졌다. 새로운 사물인터넷의 특성에 따른 요구사항을 만족하기 위하여 IETF에서는 2013년부터 본격적으로 새로운 워킹그룹(Working Group)이 만들어지면서 사물인터넷을 지원하기 위한 표준화 활동이 본격적으로 시작되었다. 본 고에서는 인터넷 프로토콜을 개발하는 IETF에서 진행하는 사물인터넷 기술의 표준화 현황을 살펴보고 인터넷에 기반한 사물인터넷을 전망하고자 한다.

2. IETF 표준화 기구 소개

2.1 IETF 소개

IETF는 인터넷 자체와 인터넷 관련 기술의 공학적인 측면과 기술적인 측면에서의 발전에 기여하는 사람들로 자생적으로 만들어진 그룹으로서, IETF의 기본 목표는 인터넷 관련 표준을 만드는 것이다. IETF의 목표는 다음과 같다[3].

- 인터넷에서의 운영상과 기술상에서의 문제점을 파악하고, 해결책을 찾아간다.
- 인터넷에서의 기술적인 문제점을 해결하기 위해서 프로토콜의 발전과 사용 그리고 구성을 명시한다.
- 인터넷에서의 프로토콜의 표준화와 프로토콜의 사용에 관련된 사항에 대해 IESG(Internet Engineering Steering Group)에게 권고안을 만든다.
- IRTF(Internet Research Task Force)에서 폭 넓은 인터넷 단체로 기술 이전을 돕는다.
- 장비제조업체나 사용자, 연구자, 정부관계자 그리고 망 관리자 사이의 정보 교환을 목적으로 포럼을 만든다.

2.2 IETF에서의 IoT 관련 워킹그룹

IETF에서는 원래 TCP/IP 프로토콜 스택을 가진 인터넷 디바이스가 인터넷에 연결되는 것을 기본 가정으로 하고 있다. 이러한 기본 가정 위에서 2010년 77차, 78차, 79차 IETF 회의 때 정식 표준을 만드는 워킹그룹 이전의 BoF(Birds of Feather) 회의가 3번 열렸지만, IoT에 대한 명확한 이해와 공통적인 정의가 마련되지 못해 후속 작업으로 연결되지 못하였다. 그러다가 2011년 80차 IETF 회의 때 IETF

상위 기관인 IAB(Internet Architecture Board)와 IETF가 공동으로 'Interconnecting Smart Objects with the Internet Workshop' 워크숍과 컨퍼런스를 열어 어느 정도의 공통적인 이해를 마련할 수 있었다[4]. 이후 6LoWPAN, roll, core 워킹그룹을 중심으로 IoT 관련 표준화 활동을 진행하다가 2013년 이후 6lo, 6tisch, dice, ace 등의 워킹그룹이 새로 신설되어 IETF에서 IoT 관련 표준화 활동이 본격적으로 시작되었다.

IETF에서는 TCP/IP 프로토콜 스택과 기술 범주 기준으로 Application Area, General Area, Internet Area, Operation and Management Area, Real-time Applications and Infrastructure Area, Routing Area, Security Area, Transport Area 등 8개의 area가 있다. 보통 인터넷 기술은 특정 area에 속하는 것이 보통이지만, IoT는 다양한 기술과 관련이 되어 있어, 여러 개의 area에 IoT 관련 워킹그룹이 존재한다. 현재 IETF에서의 IoT 관련 워킹그룹은 다음과 같다.

- 6LoWPAN(IPv6 over Low power WPAN) WG: IETF Internet area(현재 활동 종료)
- 6lo(IPv6 over Networks of Resource-constrained Nodes) WG: IETF Internet Area
- 6tisch(IPv6 over the TSCH mode of IEEE 802.15.4e) WG: IETF Internet Area
- roll(Routing Over Low power and Lossy networks) WG: IETF Routing area
- core(Constrained RESTful Environments) WG: IETF Application area
- lwig(Light-Weight Implementation Guidance) WG: IETF Internet area
- dnssd(Extensions for Scalable DNS Service

Discovery) WG: IETF Internet area

• ace(Authentication and Authorization for Constrained Environments) WG: IETF Security area

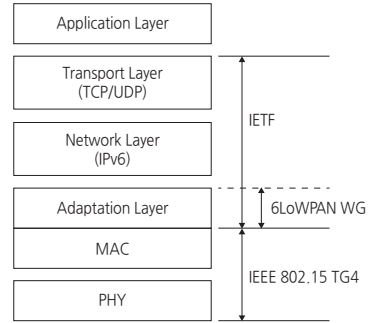
• dice(DTLS In Constrained Environments) WG: IETF Security area

3. 사물인터넷을 위한 인터넷 기술 요구사항

IETF에서 IoT 관련 기술적인 이해를 하기 위해서는 지금은 워킹그룹 활동을 종료하였지만, 6LoWPAN 워킹그룹을 활동을 먼저 살펴봐야 한다. 6LoWPAN 워킹그룹에서 만든 여러 RFC 및 기술은 그 이후 6lo, 6tish, core 워킹그룹에 계속 영향을 미치기 때문이다. 2장에서 잠시 언급을 하였지만, 원래 IETF에서는 인터넷에 연결되는 디바이스는 TCP/IP 프로토콜 스택을 완전히(full) 갖춘 디바이스를 가정하고 있다. 하지만 2011년 IETF와 IAB의 워크숍을 통하여 IoT 디바이스(2011년 워크숍에서는 Smart Objects로 지칭)는 현재 인터넷에 연결되는 TCP/IP 프로토콜 스택을 완전히 갖춘 디바이스뿐만 아니라 RAM, ROM, CPU, 배터리 등의 여러 물리적 조건에서 제약이 많은(constrained) 디바이스(즉, TCP/IP 프로토콜 스택을 완전히 갖추지 못한 디바이스)도 포함한다고 결정하였다. 그 이후, IETF에서는 현재 인터넷에 연결되는 인터넷 디바이스보다 여러 물리적 조건에서 제약이 많은 IoT 디바이스를 연결하기 위하여 많은 표준화 활동을 진행하고 있다.

2005년 6LoWPAN 워킹그룹이 만들어질 때도 IEEE 802.15.4 기반의 센서(Sensor) 네트워크에 TCP/IP 프로토콜 스택을 운용하는 것은 부적절하다는 반대 의견도 있었으나, 최소한의 기능만을

가진 TCP/IP 프로토콜 스택을 센서 네트워크에 적용하여 동작할 수 있음이 확인되었다. [그림 1]은 6LoWPAN 워킹그룹에서 진행된 표준 기술의 범위를 표현한 것이다[5].



[그림 1] 6LoWPAN 기술 범위

사물인터넷을 위한 인터넷 기술 요구사항은 다음과 같이 정리될 수 있다.

- 저전력 무선 네트워크(IEEE 802.15.4 Low-Rate WPAN, IEEE 802.15.1 Bluetooth, NFC, Z-wave 등)에 어떻게 하면 인터넷 프로토콜(IPv4, IPv6)을 전송할 것인가?(관련 워킹그룹: 6LoWPAN, 6lo, 6tisch)
- 물리적으로 제약이 많은 IoT 디바이스에 어떻게 하면 기존의 TCP/IP 프로토콜 스택을 간단하게 하여 동작하게 할 것인가?(관련 워킹그룹: lwig)
- 물리적으로 제약이 많은 IoT 디바이스 간에 어떻게 하면 패킷 전달을 위한 라우팅 경로를 최적화하여 전달할 것인가?(관련 워킹그룹: roll)
- 물리적으로 제약이 많은 IoT 디바이스의 서비스를 위하여 어떻게 응용 계층의 프로토콜을 지원할 것인가?(관련 워킹그룹: core)
- 한 서브 네트워크 범위를 벗어나는 인터넷 디바이스 서비스를 어떻게 하면 탐지(discovery)할 것

인가?(관련 워킹그룹: dnssd)

- 물리적으로 제약이 많은 IoT 디바이스에 어떻게 보안 기능을 제공할 것인가?(관련 워킹그룹: dice, ace)

4. IETF에서의 IoT 기술 표준화 현황

4.1 6Lo 워킹그룹 표준기술 현황

6LoWPAN 워킹그룹은 IEEE 802.15.4 무선 기술 위에서 IPv6를 전송하는 것을 목적으로 하고 있으나, WPAN 기술인 IEEE 802.15.4 무선 기술이 시장에서 IEEE 802.11 WPAN 기술과 IEEE 802.15.1 블루투스 기술보다 영향력이 약해짐에 따라 6LoWPAN WG에서 만든 표준에 대해서 우려가 제기되었다. 2013년 87차 IETF에서 처음으로 6Lo BoF가 열렸고 88차 IETF 회의에서 정식 워킹그룹으로 활동을 시작하였다[6].

6Lo 워킹그룹의 목적은 6LoWPAN 워킹그룹과 비슷하게 저전력 무선 네트워크 위에 IPv6 전송을 제공한다는 측면에서는 비슷하지만, 6LoWPAN 워킹그룹이 IEEE 802.15.4이라는 특정 무선 기술만 고려하다 보니 IEEE 802.15.4 무선 기술이 시장에서 크게 성공하지 못하였고 그에 따라 6LoWPAN 표준기술도 활용이 떨어지는 것을 보고, 다음과 같은 다양한 무선 기술 위에서 IPv6 전송을 목표로 하고 있다.

- Bluetooth(IEEE 802.15.4)
- Z-wave(ITU-T G.9959)
- 3GPP DECT-ULE
- BACnet
- NFC

6Lo 워킹그룹의 주요 표준화 개발 범위는 다음과 같다.

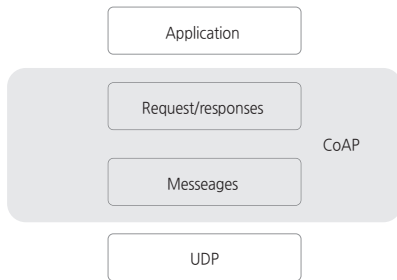
- 6LoWPAN 기술(RFC 4944, RFC 6282, RFC 6775) 기반 자원 제약적인 노드의 네트워킹을 위한 IPv6-over-foo adaptation 계층 표준 규격 개발
- Adaptation layer의 기본 모니터링 기능 및 문제 해결을 위한 정보 및 데이터 모델(예를 들어, MIB 등) 규격 개발
- 헤더 압축 기술 적용을 위한 adaptation layer 규격 개발
- 기존 IETF 기술 규격을 위해 필요한 관리 및 정보 문서 규격 개발

6Lo 워킹그룹의 작업 범위 중에서 IPv6-over-foo adaptation 계층 표준 규격과 관련하여 개발 중인 표준기술은 다음과 같다.

- Transmission of IPv6 over MS/TP Networks(draft-ietf-6lo-6lobac-00)
- Transmission of IPv6 Packets over BLUETOOTH(R) Low Energy(draft-ietf-6lo-btle-02)
- Transmission of IPv6 Packets over DECT Ultra Low Energy(draft-ietf-6lo-dect-ule-00)
- Transmission of IPv6 packets over ITU-T G.9959 Networks(draft-ietf-6lo-lowpanz-05)
- Transmission of IPv6 Packets over Near Field Communication(draft-hong-6lo-ipv6-over-nfc-02)
- 6LoPLC: Transmission of IPv6 Packets over IEEE 1901.2 Narrowband Powerline Communication Networks(draft-popa-6lo-

4.2 core 워킹그룹 표준기술 현황

core 워킹그룹에서는 메모리, 에너지, 성능 등에 제약이 있는 네트워크 환경에서 사용 가능한 웹 기반 응용 프로토콜로 CoAP(Constrained Application Protocol)[7]을 개발해 왔다. CoAP은 전송계층 프로토콜로 UDP 사용을 채택하고 있으며 서버/클라이언트 방식으로 이벤트 메시지를 전달하며 송수신을 위해 비동기적 전송 방식을 가지고 있다. [그림 2]에 도시된 것처럼 CoAP은 응용계층과 전송계층 사이에 Request/Response 계층, Message 계층을 구분해서 구현하고 있으며 신뢰성 메시지 전송뿐만 아니라 비신뢰적 메시지 전송 방식을 모두 가지고 있다.



[그림 2] CoAP 프로토콜 스택

CoAP 개발 현황은 2013년 7월 최종 승인된 이후, 현재 RFC 7252로 제정 완료되었다. 또한 제약적 웹 서버에 의해 사용될 링크 포맷으로 노드 자원, 속성 및 링크 사이에 관련된 속성들을 표현한 Web Linking을 정의한 문서로서 ‘Constrained RESTful Environments(CoRE) Link Format’ 문서를 2012년 8월 RFC 6690로 제정 완료하였다[8]. 그 외, 빌딩자동화와 같은 환경에서 제약적 노드를 그룹으로 제어/관리하는데 사용될 ‘Group Communication

for CoAP’ 문서[9]와 서버 자원 변화를 클라이언트들에게 전송하는 기술인 ‘Observing Resources in CoAP’ 문서[10]는 현재 인터넷기술조정 그룹에서 검토 중이다. 추가적으로 현재 개발 진행 중인 다른 WG 문서는 다음과 같다.

- Blockwise transfers in CoAP(draft-ietf-core-block-15)
- Guidelines for HTTP-CoAP Mapping Implementation(draft-ietf-core-http-mapping-04)
- Representing CoRE Link Collections in JSON(draft-ietf-core-links-json-02)

4.3 lwig 워킹그룹 표준기술 현황

lwig 워킹그룹은 인터넷에 연결되는 디바이스를 간단(light-weight) 하게 만들기 위하여 진행되고 있는 current practice 결과를 정리하여 implementation guidance을 만드는 것을 목표로 한다. 원래 2011년에 중국 주도로 lwig 워킹그룹을 만들 당시, 중국 측은 기존의 TCP/IP 프로토콜을 light-weight하게 새롭게 만드는 작업을 제안하였지만, IETF에서는 충분한 공감대와 분석 작업 없이 새로운 IP 프로토콜과 TCP/UDP 프로토콜을 만드는 것에 대하여 우려가 많아, 결국은 그 전 단계로 current practice 결과를 정리하고 implementation guidance 문서를 만드는 것으로 조정해서 작업이 시작되었다[11].

lwig 워킹그룹에서는 지금까지 구현된 디바이스 간 상호 정보 교환이 가능한 경량화 된 IP스택 구현 정보 수집에 목적을 두고 있다. 특히 IPv4, IPv6, UDP, TCP, ICMPv4/v6, MLD/IGMP, ND, DNS, DHCPv4/v6, IPsec, 6LoWPAN, CoAP,


RPL, SNMP, NETCONF protocols의 경량화 방법을 다루고 있다. 따라서 지금까지 개발된 경량화 프로토콜 구현 방법의 current practice 결과를 정리하여 사물인터넷과 관련된 통신프로토콜 구현 가이드라인 문서(Guidance for Light-Weight Implementations of the Internet Protocol Suite, draft-ietf-lwig-guidance-03)[12]를 만들고 있다. 현재까지 이 문서는 WG 문서로 채택되어 작업이 진행 중이지만 추가적 이슈가 없어 문서 업데이트가 진행되고 있지 않은 상태이다.

RFC 7228로 작업이 완료된 'Terminology for Constrained Node Networks' 표준[13]은 사물인터넷 디바이스 내에 사용 가능한 자원 및 성능 등을 기준으로 디바이스 타입을 정의하고 있으며 또한, 네트워크 용어도 새롭게 정의하고 있다. 특히 제약적 요소를 가진 사물인터넷 디바이스를 Constrained Node(CN)로 용어 정의를 하고 있으며 이런 제약적 노드로 구성된 네트워크 모델을 Constrained Node Network(CNN)으로 용어 정의를 하고 있다. RFC 7228에서는 CN을 사이즈, 무게 및 에너지와 같은 제약적 특징을 가지고 있으며 파워, 메모리, 프로세스 자원 사용에 대한 제한적 요소를 가지고 있기 때문에 CN은 인터넷 노드와 다르게 기존 인터넷 프로토콜 스택을 그대로 탑재할 수 없으며 유니캐스트 서비스만을 통해 데이터를 전달할 수 있다고 정의하고 있다. 또한 CN은 사용 가능한 에너지 제한으로 인해 자주 sleepy 상태로 전환되는 문제점을 가지고 있다. 따라서 Iwig 워킹그룹에서는 이와 같은 문제점들 해결하기 위한 표준기술을 개발해 왔다.

5. 맺음말

본 고에서는 IETF에서의 사물인터넷 관련 표준

화 기술 현황에 대해서 살펴보았다. 최근 IETF에서는 전통적인 TCP/IP 프로토콜 스택에서 벗어나 다양한 물리적인 제약조건을 가진 디바이스들도 인터넷에 연결할 수 있는 기술 개발을 통해 사물인터넷을 구축하려 하고 있다. 이를 위해 IETF에서는 6LoWPAN, 6lo, 6tisch, core, roll, lwig, dice, ace 등 여러 워킹그룹을 통하여 관련 표준기술을 개발 중에 있다. 지금도 IETF에서 IoT 관련 워킹그룹의 수는 많지만, 앞으로 그 수는 더 늘어날 것으로 전망되며 관련 표준기술 개발도 더 활발해질 것으로 예상된다.

지금까지 IETF에서는 인터넷 기술의 개발 및 보완을 통하여 지금까지 새로운 요구사항을 만족시키며 성공한 기술로 평가받고 있다. 하지만 무수히 많은 디바이스가 인터넷에 연결되고 많은 양의 데이터 처리가 요구되는 사물인터넷과 관련된 새로운 요구사항을 만족시키기는 쉽지 않을 것이다. 지금까지 진화되어온 인터넷이 사물인터넷을 맞아 또 어떤 새로운 모습으로 변화될지 지켜보는 것은 무척 흥미로운 관찰이 될 것이다. 

[참고문헌]

- [1] 인터넷신산업육성 방안, 미래창조과학부, 2013. 6.
- [2] 사물인터넷 기본계획, 미래창조과학부, 2014. 5.
- [3] <http://www.ietf.org/>
- [4] Bernard, A. and Hannes, T., 'Report from the Smart Object Workshop,' IETF RFC 6574, April 2012.
- [5] <http://www.ietf.org/wg/concluded/6lowpan.html/>
- [6] <http://datatracker.ietf.org/wg/6lo/documents/>
- [7] Shelby, Z, Hartke K. and Bormann C., 'The Constrained Application Protocol(CoAP),' IETF RFC 7252, June 2014.
- [8] Shelby, Z., 'Constrained RESTful Environments(CoRE) Link Format', RFC 6690, August 2012.
- [9] Rahman, A. and E. Dijk, 'Group Communication for CoAP,' IETF Internet Draft, draft-ietf-core-groupcomm-24, September 2014.

[10] Hartke, K., 'Observing Resources in CoAP,' IETF Internet Draft, 'draft-ietf-core-observe-14,' June 2014.

[11] <http://datatracker.ietf.org/wg/lwig/documents/>

[12] Bormann, C, 'Guidance for Light-Weight Implementations

of the Internet Protocol Suite,' IETF Internet Draft, draft-ietf-lwig-guidance-03, February 2013.

[13] Bormann, C et al., 'Terminology for Constrained Node Networks,' IETF RFC 7228, May, 2014.

정보통신 용어해설

ICT 발전지수 ICT Development Index [관리운용]



ITU 회원국 간의 ICT 발전정도를 비교·분석하기 위한 지수.

국가 간 ICT 발전경로, 디지털 격차, 성장 잠재력 등을 평가하는 것이 목적이다. 정보화 사회로 진화하는 단계를 크게 ICT 인프라 접근, ICT 이용, ICT 활용으로 분리하여 IDI 지수를 측정한다. 2008년 지수를 개발한 후 매년 각 국가의 ICT 발전지수(IDI)를 발표하여 ICT 분야의 국가별 발전 정도를 평가하고 있다.