

사물인터넷을 위한 IETF 표준화 기술 동향

윤주상, 최영환*, 홍용근*
 동의대학교, *한국전자통신연구원

요약

최근 정보통신 기술의 발달로 인해 모든 사물과 정보를 인터넷과 연결하는 사물인터넷과 관련된 여러 기술이 개발 중이다. 이는 시공간을 초월한 사물, 인간, 서비스가 인터넷을 통해 연결되는 초 연결 사회의 핵심 기술이다. 이와 관련해서 최근 IETF 표준단체에서는 저전력 손실 네트워크를 구성하는 자원 제약적 디바이스를 인터넷에 연결하기 위한 여러 표준기술 개발이 진행 중이다. 본고에서는 이와 관련해서 IETF 에서 개발 중인 사물인터넷 표준화 기술 동향을 알아본다.

I. 서론

지금까지 인터넷 환경에서 인간은 정보 및 데이터 생산의 주체였으며 소비자로서 역할을 해왔다. 또한 인터넷은 생산된 정보를 공유하는 목적에서 관련 기술들이 최적화 되어있다. 하지만 최근 인터넷은 인간이 생산한 정보의 공유뿐만 아니라 사물 또는 사물이 생산한 정보를 인터넷에 연결함으로써 다양한 서비스를 창출하는 수 있는 환경으로 진화하고 있다. 이를 우리는 사물인터넷 (Internet of Things)이라 한다. 이와 관련해서 최근 여러 표준단체에서는 사물에 의해 생산 또는 얻은 정보를 인터넷을 통해 유저에게 제공할 될 있는 여러 인프라 기술이 활발히 개발 중이다. 특히, 현재 개발 중인 사물간(M2M: Machine to Machine) 통신/서비스 기술과 저전력 손실 네트워크(LLN: Low-Power and Lossy Network) 기술은 사물인터넷 기술 개발의 핵심 요소 기술로 활용 중이다.

지금까지의 사물인터넷 기술 및 서비스는 서비스 목적에 따라 상이한 단말 및 서비스 플랫폼이 개발되었다. 이로 인해 서로 호환성이 보장되지 않았으며 이는 글로벌 사물인터넷 구축에 제한적 요소로 작용하였다[1]. 이를 극복하기 위해 사물인터넷 표준기술은 ETSI, 3GPP, ISO/JTC1 및 ITU-T 등 개별적으로 진행되었던 글로벌 표준기술이 2012년 1월 oneM2M 출범 이후

사물인터넷 관련 국제 공통 표준기술 개발이 시작되었다[2].

IETF 표준 단체에서는 무선 자원 제약적 노드(wireless resource constrained node)로 구성된 저전력 손실 네트워크(LLN)를 사물인터넷 접속 네트워크 환경으로 인식하고 LLN 내에서 사용될 사물인터넷 표준기술을 중점적으로 다루고 있다 [3]. 이는 IETF표준 단체가 사물인터넷 환경 구축에 필요한 기술을 코어 네트워킹 기술보다 접속 네트워킹 기술에 초점을 맞추고 있다고 볼 수 있다. 또한, 사물인터넷 디바이스는 크기, 파워 및 컴퓨팅 능력에서 제약적 조건을 가지고 있기 때문에 이를 고려한 경량화된 네트워크 프로토콜 표준기술에 관한 개발을 고려 중이다.

본고에서는 IETF 내에서 사물인터넷 표준기술을 다루고 있는 lwig(Light-Weight Implementation Guidance), 6TISCH(IPv6 over the TSCH mode of IEEE 802.15.4e), 6lo(IPv6 over networks of resource-constrained nodes), CORE Constrained RESTful Environments) WG 의 표준화 기술 동향을 알아본다.

II. IETF 사물인터넷 표준화 기술 현황

최근 IETF에서는 <그림 1>과 같은 사물인터넷 환경을 고려한 여러 WG이 활동 중이며 각 WG 별로 다양한 표준기술이 개발

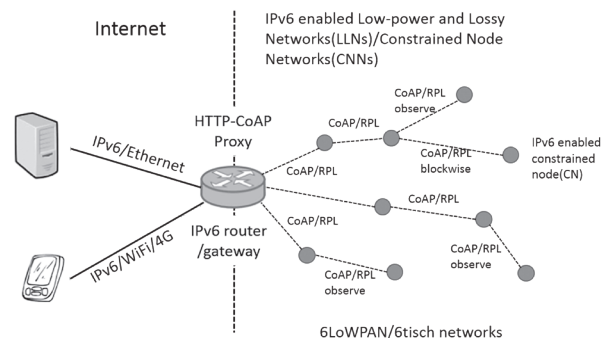


그림 1. IETF 관점에서의 사물인터넷 환경

중이다. 본고에서는 관련 표준기술을 개발 중인 Iwlg, 6TISCH, 6lo, CORE WG 등을 중심으로 사물인터넷 표준기술 현황을 살펴본다.

1. Iwlg WG 표준기술 현황

IETF Iwlg WG은 2011년 3월 80차 회의부터 WG으로 채택되어 관련 표준기술이 논의 중이다. 이 WG에서는 사물인터넷에 연결되는 디바이스가 공통적으로 통신 기능을 탑재하고 있으며 기존 디바이스에 비해 아주 작은 사이즈로 구현될 것으로 예상하고 있으며 이런 작은 디바이스는 하드웨어 성능에 따라 다양한 형태의 디바이스가 존재할 것으로 가정하고 있다. 특히, 사물인터넷 디바이스가 작게 구현되기 때문에 사용 가능한 메모리 사이즈가 제한적이다. 따라서, TCP/IP 스택 코드를 디바이스 내에 그대로 구현하기가 쉽지 않다. 또한, 컴퓨팅 파워, 배터리 용량, 통신 용량도 제한적이다. 따라서 Iwlg WG에서는 이런 제한적 요소들을 극복할 수 있는 자원 제약적 디바이스에 최적화된 통신 프로토콜의 필요성을 인식하고 기존 인프라를 통해서도 원활한 통신 서비스를 제공받을 수 있는 경량화가 가능한 통신 프로토콜 구현에 대한 가이드라인 표준화를 추진 중이다.

Iwlg WG은 지금까지 구현된 디바이스간 상호 정보 교환이 가능한 경량화된 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 practice결과를 정리하여 사물인터넷과 관련된 통신프로토콜 구현 가이드라인 문서 (Guidance for Light-Weight Implementations of the Internet Protocol Suite, draft-ietf-lwlg-guidance-03)[4]를 만들고 있다. 현재까지 이 문서는 WG 문서로 채택되어 작업이 진행 중이지만 추가적 이슈가 없어 문서 업데이트가 진행되고 있지 않은 상태이다.

최근 열린 IETF 90차 회의까지 Iwlg WG에서 다루어진 표준기술 문서 중 “Terminology for Constrained Node Networks”만 RFC7228[5]로 제정 완료되었다. 이 문서는 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. RFC7228에서는 CN을 사이즈, 무게 및 에너지와 같은 제약적 특징을 가지

고 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 Iwlg WG에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 표준기술을 개발해 왔다. 추가적으로 CNN은 CN으로 구성된 네트워크로 정의하고 있으며 RFC7102[6]에 정의된 저전력 손실 네트워크와 RFC4919[7]에 정의된 LoWPAN/6LoWPAN을 CNN의 예로 기술하고 있다. 이 점은 IETF에서 사물인터넷 환경에 대한 표준기술 개발 범위를 저전력 손실 네트워크로 한정하고 있다는 것을 시사하는 바이다. 추가적으로 2014년 7월 IETF 90차 회의까지 논의 중인 Iwlg WG 문서는 아래와 같다.

- Building Power-Efficient CoAP Devices for Cellular Networks (draft-ietf-lwlg-cellular-01)[8]
- CoAP Implementation Guidance (draft-ietf-lwlg-coap-01)[9]
- Energy Efficient Implementation of IETF Constrained Protocol Suite (draft-ietf-lwlg-energy-efficient-01)[10]
- A Hitchhiker’s Guide to the (Datagram) Transport Layer Security Protocol for Smart Objects and Constrained Node Networks (draft-ietf-lwlg-tls-minimal-01)[11]

“Building Power-Efficient CoAP Devices for Cellular Networks”문서는 이동통신망 기반 CoAP 디바이스의 파워 사용에 대한 효율적 방법과 가이드라인을 제시하는 문서이다. 또한 “Energy Efficient Implementation of IETF Constrained Protocol Suite” 문서는 CN에서 cross layer를 고려한 효율적 에너지 사용 방법에 대한 구현 방법 및 가이드를 제시한 문서이다.

추가적으로 현재 개인 문서 상태인 “Minimal ESP”[12]를 WG 문서로 채택하기 위한 요청이 90차 회의에 있었으나 다음 회의로 미루기로 결정되었다. 마지막으로 90차 회의 결과를 통해서 보면 본 WG에서 개발할 더 이상의 새로운 이슈가 없다 판단하여 현재 개발 중인 WG 문서를 마무리하고 본 WG은 더 이상 관련 기술을 개발하지 않기로 결정되었다.

2. 6tisch WG 표준기술 현황

IETF 6tisch WG은 2013년 07월 87차 IETF 회의에 BoF

로 시작하여 2013년 11월 88차 회의에서 WG 회의가 개최되었다. 6tisch WG은 최근 산업자동화를 위해 만들어진 IEEE 802.15.4e Timeslotted Channel Hopping(TSCH) 기술을 활용하여 산업영역에서 IPv6가 적용된 IEEE 802.15.4e TSCH 기반 저전력 손실 네트워크(LLNs) 구축을 위한 표준기술 개발에 초점을 맞추고 있다. 과거IETF에서의 LLNs과 관련된 표준 기술들은 6LoWPAN, ROLL 및CORE WG들에서 개발해 왔다. 개발된 프로토콜 스택들은 IPv6 adaptation layer, routing protocol, web transfer protocol 등을 포함하여 다양한 계층에서 개발이 이루어져 왔다. 이와 유사하게 본 WG에서는 IEEE 802.15.4e TSCH기반 LLNs 환경에 필요한 다양한 계층의 프로토콜을 표준기술을 개발 중이다. 특히, 6tisch WG에서 개발하려는 “IPv6 over TSCH” 기술들은 산업계 표준에 IPv6를 적용하기 위함과 동시에 IT(Information Technology)를 OT(Operations Technology)에 결합하는 기술이라 할 수 있다.

IEEE 802.15.4e TSCH 기반 네트워크를 형성하는 노드는 Time Division Multiple Access(TDMA) schedule를 통해서 통신이 이루어진다. 따라서 timeslot은 이웃 노드들 간 통신을 위해 자원 할당을 위한 자원 단위를 제공한다. 이를 위해 데이터 전달 과정에서 미리 예측된 전송 방법에 따라서 timeslot을 할당할 경우 높은 네트워크 성능을 보장 할 수 있다. 따라서 이를 위해 네트워크 내 timeslot을 할당하기 위한 스케줄링 방법이 프로그램화 되어야 한다. 이는 IEEE 802.15.4e TSCH 기반의 CNs(constrained nodes)의 idle listening을 줄일 수 있으며 노드의 전원 수명을 연장 할 수 있다. 또한 채널 호핑은 멀티 경로로 설정된 단대단 데이터 전송 신뢰성을 높일 수 있다. 이런 IEEE 802.15.4e TSCH 기술의 장점을 살려 LLNs에서 delivery ration, jitter, latency 등과 같은 응용 요구사항을 보장할 수 있는 IEEE 802.15.4e TSCH 기반 IPv6-enabled MAC LLNs을 만드는 것을 WG 목표로 설정하고 관련 표준기술을 개발 중이다.

본 WG에서는 아래와 같이 3개의 워크 아이템 [13]을 채택하고 있다.

- 6TiSCH 네트워크를 정의하는 “6TiSCH architecture”
- 6TiSCH 네트워크를 형성하는 노드의 관리 요구사항을 포함한 “Information Model”
- RPL 및 TSCH schedule을 이용하여 6TiSCH 네트워크를 형성하는 방법을 정의한 “Minimal 6TiSCH Configuration”

현재 워크 아이템과 관련해서 개발되고 있는 WG 문서는 다음과 같다.

- Terminology in IPv6 over the TSCH mode of IEEE 802.15.4e (draft-ietf-6tisch-terminology-02)[14]
- Using IEEE 802.15.4e TSCH in an LLN context: Overview, Problem Statement and Goals (draft-ietf-6tisch-tsch-01)[15]
- An Architecture for IPv6 over the TSCH mode of IEEE 802.15.4e (draft-ietf-6tisch-architecture-03)[16]
- Minimal 6TiSCH Configuration (draft-ietf-6tisch-minimal-02)[17]
- 6TiSCH Operation Sublayer (6top) Interface(draft-ietf-6tisch-6top-interface-01)[18]
- 6TiSCH Resource Management and Interaction using CoAP (draft-ietf-6tisch-coap-01)[19]

우선, “Terminology in IPv6 over the TSCH mode of IEEE 802.15.4e” 문서를 통해 6tisch 관련 기술에서 사용될 용어를 정의하였으며 “Using IEEE 802.15.4e TSCH in an LLN context” 문서를 통해 6tisch 네트워크에서 IEEE 802.15.4e TSCH MAC프로토콜이 사용되는 경우의 네트워크 환경 및 문제점등을 기술하였다. 또한 “An Architecture for IPv6 over the TSCH mode of IEEE 802.15.4e”문서를 통해 WG에서 다루고자 하는 표준기술의 참조 모델로 사용되는 6tisch 아키텍처를 정의하고 있는 중이다.

6tisch 아키텍처는 <그림 2>와 같다. <그림 2>에 도시된 것처럼 IEEE 802.15.4e TSCH 기반 LLN네트워크를 참조 모델로 설정하여 이 범위 내에 필요한 표준기술을 개발하고 있다. 가정된 LLN에서 각 디바이스들은IPv6 통신을 위해 RFC6282에 정의된 6LoWPAN Header Compression 방법을 사용하고 RFC6775에 정의된 6LoWPAN Neighbor Discovery 기술을 통해 이웃노드를 찾고 라우팅 프로토콜로 RPL[20]을 사용하는 것으로 가정하고 있다.

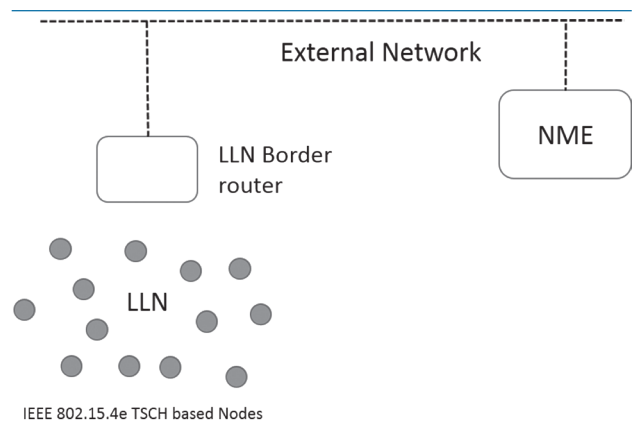


그림 2. 6tisch 아키텍처 모델

IEEE 802.15.4e TSCH 기반 디바이스는 TDM 방식을 사용하기 때문에 각 노드들간 시간 동기화가 중요하다. 따라서 RPL root를 기준으로 시간 동기화를 맞추고 RPL DODAG(Destination Oriented Directed Acyclic Graphs) 기반 경로 설정 동작이 이루어진다. 추가적으로 6tisch WG 에서는 추후 <그림 3>에 도시된 것처럼 멀티 LLN으로 구성된 확장 네트워크 모델을 고려 중이며 이와 관련된 기술들에 대한 확장 계획을 가지고 있다. 서버 네트워크 형태의 LLN은 유선 또는 무선 백본망을 통해 상호 연결되며 시간 동기화가 가능한 멀티 LLN으로 이루어진다. 여기서 백본망은 ND 기술 [RFC486, RFC4862]이 동작하는 IPv6 네트워크이다.

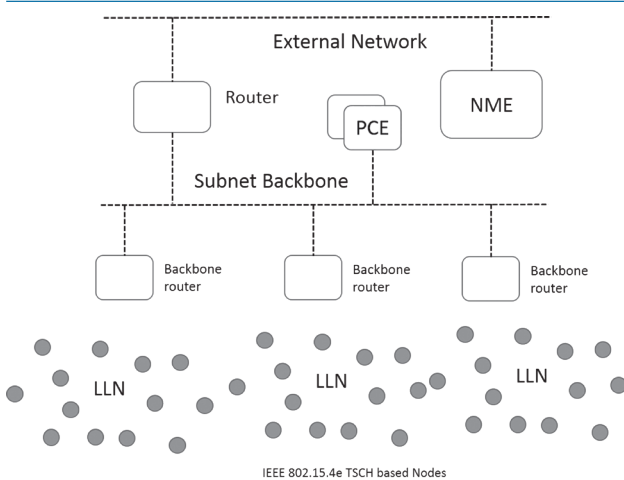


그림 3. 확장된 6tisch 아키텍처 모델

IEEE 802.15.4e TSCH 기반 LLN 내 디바이스의 6tisch 스택은 <그림 4>과 같다.

PCEP	CoAP		PANA	6LoPAN	RPL
PCE	DTLS			ND	
TCP	UDP		ICMP		RSVP
IPv6					
6LoWPAN HC					
6top					
IEEE802.15.4e TSCH					

그림 4. 6tisch 스택

<그림 4>에 도시된 것처럼 응용프로토콜은 CoAP, 6LoWPAN ND, RPL, DTLS 등이 사용되고 전송프로토콜은 TCP/UDP 등이 사용되도록 정의하고 있다. 또한 IPv6 데이터 전송은 RFC6282에 정의된 6LoWPAN HC를 이용하며 LLC (Log-

ical Link Control)는 본 WG에서 개발하고 있는 6top(6TiSCH Operation sublayer)이 사용된다. 6top은 [draft-ietf-6tisch-6top-interface-01] 문서[18]를 통해서 개발 중이다. 특히, 6top은 IEEE 802.15.4e TSCH 의 성능에 영향을 주는 TSCH 스케줄 관리 및 모니터링 역할을 수행한다. 따라서 외부 관리 요소를 통해 schedule cells, slotFrames를 관리하기 위한 관리 인터페이스를 제공하는 표준기술이다. 또한 모니터링 기능을 통해 cell 성능을 모니터 하고 TSCH 스케줄에서 cell을 이동시키는 기능도 함께 포함하여 개발 중이다.

“Minimal 6TiSCH Configuration” 문서는 위에 기술된 3번째 워크 아이템에 관한 표준기술 문서이다. 이 문서는 IEEE 802.15.4e TSCH 을 운용하기 위해 필요한 최소 기능인 Minimal Schedule Configuration, Beacons Configuration/ Content, Acknowledgment, Neighbor information, Queues/Priorities, RPL on TSCH 등을 정의하고 있다. 스케줄 설정(Schedule Configuration)은 slotframe, cell option, retransmission, time slot timing 등 스케줄 설정에 필요한 요소들의 기능을 정의하고 있다. Beacons Configuration/Content는 Beacon 동작 설정과 메시지 내용을 정의하고 있으며 Acknowledgment 방법에서는 링크계층의 신뢰성 보장을 위한 ACK/NACK 메시지 전달 방식을 정의하고 있다. 마지막으로 이웃 노드 테이블 기반 이웃 노드 정보 관리 방법, 큐 및 스케줄링 우선순위 관리 방법, TSCH 위에서 RPL 설정 방법 등을 본 문서를 통해 개발 중이다.

마지막으로 “6TiSCH Resource Management and Interaction using CoAP”문서는 TSCH 스케줄 제어 및 변경에 관한 파라미터를 모니터링하기 위해 상위 계층과 6top 계층과의 상호작용에 관한 방법을 정의하고 있다. 뿐만 아니라 CoAP을 이용한 6top과 상위계층과의 통신 방법을 개발 중이며 6TiSCH 자원 타입, CoAP을 위한 데이터 모델, 6TiSCH 자원관리를 위한 CoAP 동작 방법 등을 함께 정의하고 있다.

최근 열린 90차 회의에서는 TSCH에서 사용되는 cell에 대한 재정의 논의가 있었으며 cell 그룹으로 정의된 chunk 개념이 새롭게 소개되었다. 또한 RPL 사용에 관한 L3 bundle에 대한 기술적 이슈가 논점이 되었다. 그 외에 WG 문서에 대한 업데이트가 진행되었다.

3. 6lo WG 표준기술 현황

IETF 6lo WG은 6LoWPAN WG 이후 다양한 종류의 자원 제약적 저전력 무선 통신 디바이스에 IPv6 를 적용하기 위한 표준 기술을 개발하는 목적에서 만들어졌다.

과거 6LoWPAN WG은 2.5 계층에서 IEEE 802.15.4 기반 무선 센서 네트워크에 IPv6를 지원하기 위한 표준기술을 개발하였다. 특히, 저전력, 20~ 250kbps의 데이터 전송률, 저용량 메모리와 낮은 프로세서 능력을 가진 센서 노드를 대상으로 하였다. 따라서 6LoWPAN WG에서는 IEEE 802.15.4 의 느린 데이터 전송속도(250kbps/2.4GHz, 40kbps/915MHz, 20kbps/868MHz)를 고려해서 헤더 사이즈가 큰 IPv6 패킷을 효율적이고 안전하게 전달하기 위한 기술과 함께 이웃 노드를 검색하기 위한 ND(Neighbor Discovery) 기술을 핵심 기술로 개발하였다. 하지만 IEEE 802.15.4 기반의 센서 네트워크 응용이 시장의 주목을 받지 못하면서 Zigbee 기술 뿐만 아니라 6LoWPAN 기술도 시장에서 성공적이지 못했다.

최근 사물인터넷 구축을 위해 IPv6 기술이 핵심 기술로 부상하면서 통신 기능을 갖춘 다양한 기기들을 IPv6를 통해 기기간 연결성을 보장하기 위한 요구사항이 생겼고 이를 위해 6lo WG에서는 다양한 종류의 저전력 무선 기술을 기반으로 하는 자원 제약적 기기들 간의 IP 통신이 가능한 IPv6 적용에 관한 표준기술 개발을 목표로 만들어졌다. 6lo WG은 2013년 11월 87차 회의에서 6LoWPAN WG 을 이어 받아 공식적으로 신설되었으며, 주요 표준화 개발 범위는 아래와 같이 설정하였다.

- 6LoWPAN 기술(RFC4944, RFC6282, RFC6775) 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

위의 작업 범위 중에서 IPv6-over-foo adaptation 계층 표준 규격과 관련하여 개발 중인 표준기술은 아래와 같다.

- Transmission of IPv6 over MS/TP Networks (draft-ietf-6lo-6lobac-00)[21]
- Transmission of IPv6 Packets over BLUETOOTH(R) Low Energy (draft-ietf-6lo-btle-02)[22]
- Transmission of IPv6 Packets over DECT Ultra Low Energy (draft-ietf-6lo-dect-ule-00)[23]
- Transmission of IPv6 packets over ITU-T G.9959 Networks (draft-ietf-6lo-lowpanz-05)[24]
- Transmission of IPv6 Packets over Near Field Communication (draft-hong-6lo-ipv6-over-nfc-02)[25]

- 6LoPLC: Transmission of IPv6 Packets over IEEE 1901.2 Narrowband Powerline Communication Networks (draft-popa-6lo-6loplc-ipv6-over-ieee19012-networks-00)[26]

특히, 현재 개발 중인 문서들 중 한국의 ETRI 표준연구센터에서는 NFC 디바이스에 IPv6 기술을 적용하기 위한 adaptation layer 문서를 90차 회의에서 발표하였고 신규 표준화 아이템 채택에 대한 의견 합의가 이루어졌다. 이 기술은 NFC의 Peer-to-Peer 모드를 기반으로 동작 한다. NFC는 현재 대부분의 휴대폰에 탑재되어 있으며 다른 저전력 무선기술에 비해 응용서비스 개발이 용이할 것으로 보고 있다. 따라서 사물인터넷 응용 서비스에 빠르게 사용될 것으로 예상하고 있다.

기타 이슈로는 6LoWPAN Generic Compression of Headers and Header-like Payloads, Definition of Managed Objects for 6LoWPANs, 6LoWPAN Enhancements, 6lo security 등에 관한 표준기술이 논의 중이다. 뿐만 아니라, BT-LE, NFC, LOBAC, PLC, DECT-ULE, TSCH기반의 Industrial, Healthcare, Transportation, Buildings 등과 같은 IPv6 가 적용되는 사물인터넷 응용서비스에 관한 usecase를 6lo WG차원에서 개발하자는 합의가 있었고 이에 관한 표준화가 차기 회의인 91차 회의부터 진행될 예정이다.

4. CORE WG 표준기술 현황

IETF CORE WG에서는 메모리, 에너지, 성능 등에 제약이 있는 네트워크 환경에서 사용 가능한 웹 기반 응용 프로토콜로 CoAP(Constrained Application Protocol)[27]을 개발해 왔다. CoAP 은 전송계층 프로토콜로UDP 사용을 채택하고 있으며 서버/클라이언트 방식으로 이벤트 메시지를 전달하며 송수신을 위해 비동기적 전송 방식을 가지고 있다. <그림 5>에 도시된 것처럼 CoAP 은 응용계층과 전송계층 사이에 Request/Response 계층, Message 계층을 구분해서 구현하고 있으며

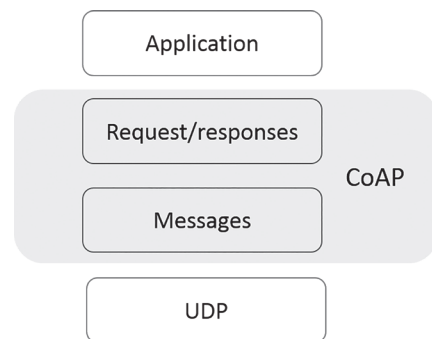


그림 5. CoAP 프로토콜 스택

신뢰성 메시지 전송 뿐만 아니라 비신뢰적 메시지 전송 방식을 모두 가지고 있다.

CoAP 개발 현황은 2013년 7월에 최종 승인된 이후, 현재 RFC 7252로 제정 완료 되었다. 또한 제약적 웹 서버에 의해 사용될 링크 포맷으로 노드 자원, 속성 및 링크 사이에 관련된 속성들을 표현한 Web Linking을 정의한 문서로써 “Constrained RESTful Environments(CoRE) Link Format” 문서[28]를 2012년 8월에 RFC 6690로 제정 완료하였다. 그 외, 빌딩자동화와 같은 환경에서 제약적 노드를 그룹으로 제어/관리하는데 사용될 “Group Communication for CoAP” 문서[29]와 서버 자원 변화를 클라이언트에게 전송하는 기술인 “Observing Resources in CoAP” 문서[30]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)[31]
- Guidelines for HTTP-CoAP Mapping Implementation (draft-ietf-core-http-mapping-04)[32]
- Representing CoRE Link Collections in JSON (draft-ietf-core-links-json-02)[33]

“Blockwise transfers in CoAP” 문서는 펌웨어 업데이트와 같은 큰 데이터를 전송하기 위해 블록단위로 데이터를 전달하는 방법을 정의하고 있으며 현재 문서 상태는 WG 내에서 최종 검토 단계에 있다. “Guidelines for HTTP-CoAP Mapping Implementation” 문서는 HTTP-CoAP protocol translation proxy를 구현하기 위한 참조 모델을 정의하고 있다. 추가적으로 90차 회의에 제출된 문서 중 중요하게 다루어진 내용은 TCP기반 CoAP 기술과 CoAP Endpoint 식별자에 관한 기술이다.

5. IETF 90차 회의에서 사물인터넷 관련 데모 현황

IETF 90차 회의에서는 사물인터넷 표준기술이 주요 이슈로 다루어졌다. 특히 위에 소개한 WG에서 개발 중인 사물인터넷 표준기술이 적용된 데모 및 6TiSCH/6lo/ROLL PlugFest[34]가 있었다. “PlugFest”에서는 현재 개발 중인 6TiSCH 기술 데모를 볼 수 있었다. 뿐만 아니라 “Bits-and-Bites event”[35]에서는 여러 회사에서 사물인터넷 솔루션이 적용된 데모를 볼 수 있는 자리도 만들어졌다.

III. 결론

본고에서는 사물인터넷 관련 IETF 표준화 기술 동향을 알아 보았다.

최근 IETF는 자원의 제약 조건을 가진 다양한 소형 디바이스를 인터넷에 연결할 수 있는 기술 개발을 통해 사물인터넷을 구축하려 하고 있다. 이를 위해 여러 WG에서 관련 표준기술을 개발 중이다. 특히, Iwlg WG에서는 사물인터넷 디바이스에 탑재 가능한 경량화된 인터넷 프로토콜 구현 가이드라인을 개발 중이며, 6TiSCH WG에서는 IEEE 802.15.4e TSCH 기반 저전력 손실 네트워크 구축을 위한 표준기술을 개발 중이다. 또한 6lo WG에서는 다양한 종류의 자원 제약적 저전력 무선 디바이스에 IPv6를 적용하기 위한 표준기술을 개발 중이며, CoRE WG에서는 사물인터넷 관련 응용 프로토콜을 개발 중이다. 이처럼 IETF에서는 사물인터넷 지원을 위한 다양한 프로토콜이 개발 중에 있지만 관련 프로토콜들이 아직 LLN 네트워크 범위에 한정되어 개발 중에 있다. 하지만 사물인터넷은 무수히 많은 디바이스가 인터넷에 접속되어 많은 양의 데이터가 처리될 것으로 예상된다. 따라서 혼잡제어 및 QoS 기술과 같은 사물인터넷 코어 망에서의 지원 기술은 아직 오픈 이슈이며 이에 관한 표준기술 연구가 필요한 실정이다.

Acknowledgement

본 논문은 미래창조과학부의 지원을 받는 정보통신표준화 및 인증지원사업과 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2010-0024523)의 연구결과임.

참고 문헌

- [1] 최환석, 이우섭, “초연결 사회를 위한 oneM2M 표준화 기술 동향,” 한국통신학회지, 제31권 4호, pp.37-43, 2013, 03.
- [2] 송재승, “사물지능통신 표준 기술 동향,” TTA Journal, Vol.150, pp.84-89, 2013, 11.
- [3] Zhengguo Sheng, Shusen Yang, Yifan Yu, Vasilakos, A., McCann, J and Kin Leung, “A survey on the ietf protocol suite for the internet of things: standards, challenges, and opportunities,” IEEE Wireless Communications, vol. 20, no. 6, pp. 91-98,

- December 2013.
- [4] Bormann, C., "Guidance for Light-Weight Implementations of the Internet Protocol Suite," IETF Internet Draft, draft-ietf-lwig-guidance-03, February 2013.
- [5] Bormann, C et al., "Terminology for Constrained Node Networks," IETF RFC 7228, May, 2014.
- [6] Vasseur, JP., "Terms Used in Routing for Low-Power and Lossy Networks," IETF RFC 7102, January 2014.
- [7] Kushalnagar, N., Montenegro, G., and C. Schumacher, "IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs): Overview, Assumptions, Problem Statement, and Goals," IETF RFC 4919, August 2007.
- [8] Arkko, J., Eriksson, A., and A. Keranen, "Building Power-Efficient CoAP Devices for Cellular Networks," IETF Internet Draft, draft-ietf-lwig-cellular-02, August 2014.
- [9] Kovatsch, M et al., "CoAP Implementation Guidance," IETF Internet Draft, draft-ietf-lwig-coap-01, July 2014.
- [10] Cao, Z et al., "Energy Efficient Implementation of IETF Constrained Protocol Suite," IETF Internet Draft, draft-ietf-lwig-energy-efficient-00, March 2014.
- [11] Kumar, S et al., "A Hitchhiker's Guide to the (Datagram) Transport Layer Security Protocol for Smart Objects and Constrained Node Networks," IETF Internet Draft, draft-ietf-lwig-tls-minimal-01, March 2014.
- [12] D. Migault, D et al., "Minimal ESP," IETF Internet Draft, draft-mglt-lwig-minimal-esp-01, July 2, 2014.
- [13] <https://datatracker.ietf.org/wg/6tisch/charter/>
- [14] Palattella, M., Thubert, P., Watteyne, T., and Q. Wang, "Terminology in IPv6 over the TSCH mode of IEEE 802.15.4e," IETF Internet Draft, draft-ietf-6tisch-terminology-02, July 2014.
- [15] Watteyne, T., Palattella, M., and L. Grieco, "Using IEEE 802.15.4e TSCH in an LLN context: Overview, Problem Statement and Goals," IETF Internet Draft, draft-ietf-6tisch-tsch-01, July 2014.
- [16] Thubert, P., Watteyne, T., and R. Assimiti, "An Architecture for IPv6 over the TSCH mode of IEEE 802.15.4e," IETF Internet Draft, draft-ietf-6tisch-architecture-03, July 2014.
- [17] Vilajosana, X. and K. Pister, "Minimal 6TiSCH Configuration," IETF Internet Draft, draft-ietf-6tisch-minimal-02, July 2014.
- [18] Wang, Q., Vilajosana, X., and T. Watteyne, "6TiSCH Operation Sublayer (6top) Interface," IETF Internet Draft, draft-ietf-6tisch-6top-interface-01, July 2014.
- [19] Sudhaakar, R. and P. Zand, "6TiSCH Resource Management and Interaction using CoAP," IETF Internet Draft, draft-ietf-6tisch-coap-01, July 2014.
- [20] Winter, T., Thubert, P., Brandt, A., Hui, J., Kelsey, R., Levis, P., Pister, K., Struik, R., Vasseur, JP., and R. Alexander, "RPL: IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks", RFC 6550, March 2012.
- [21] Lynn, K., Martocci, J., Neilson, C. and S. Donaldson, "Transmission of IPv6 over MS/TP Networks," IETF Internet Draft, draft-ietf-6lo-6lobac-00, July 2014.
- [22] Nieminen, J., Savolainen, T., Isomaki, M., Patil, B., "Transmission of IPv6 Packets over BLUETOOTH(R) Low Energy," IETF Internet Draft, draft-ietf-6lo-btle-02, June 2014.
- [23] Mariager, P., Petersen, J., Shelby, Z., Logt, M. and D. Barthel, "Transmission of IPv6 Packets over DECT Ultra Low Energy," IETF Internet Draft, draft-ietf-6lo-dect-ule-00, June 2014.
- [24] Brandt, A. and J. Buron, "Transmission of IPv6 packets over ITU-T G.9959 Networks," IETF Internet Draft, draft-ietf-6lo-lowpanz-05, May 2014.
- [25] Hong, Y., Choi, Y., Youn, J., Kim, D. and J. Choi, "Transmission of IPv6 Packets over Near Field Communication," IETF Internet Draft, draft-hong-6lo-ipv6-over-nfc-02, August 2014.
- [26] Popa, D. and J. Hui, "6LoPLC: Transmission of IPv6 Packets over IEEE 1901.2 Narrowband Powerline Communication Networks," IETF Internet Draft,

draft-popa-6lo-6loplc-ipv6-over-ieee19012-networks-00, March 2014.

- [27] Shelby, Z., Hartke K. and Bormann C., "The Constrained Application Protocol (CoAP)," IETF RFC 7252, June 2014.
- [28] Shelby, Z., "Constrained RESTful Environments (CoRE) Link Format", RFC 6690, August 2012.
- [29] Rahman, A. and E. Dijk, "Group Communication for CoAP," IETF Internet Draft, draft-ietf-core-groupcomm-24, September 2014.
- [30] Hartke, K., "Observing Resources in CoAP," IETF Internet Draft, "draft-ietf-core-observe-14," June 2014.
- [31] Bormann, C. and Z. Shelby, "Blockwise transfers in CoAP," IETF Internet Draft, draft-ietf-core-block-15, July 2014.
- [32] Castellani A., Loreto S., Rahman A., Fossati, T. and Dijk E., "Guidelines for HTTP-CoAP Mapping Implementation," IETF Internet Draft, draft-ietf-core-http-mapping-04, July 2014.
- [33] Bormann, C., "Representing CoRE Link Collections in JSON," IETF Internet Draft, draft-ietf-core-links-json-02), July 2014.
- [34] https://bitbucket.org/6tisch/meetings/wiki/140720a_ietf90_toronto_plugfest
- [35] <http://www.ietf.org/meeting/90/ietf-90-bits-n-bites.html>

약 력



윤 주 상

2001년 고려대학교 전기전자전파공학부 공학사
2003년 고려대학교 전자공학과 공학석사
2008년 고려대학교 전자컴퓨터공학과 공학박사
2008년~현재 동덕대학교 ICT공과대학
멀티미디어공학과 부교수
관심분야: 이동통신, 네트워크 이동성, IPv6, M2M/IoT



최 영 환

2002년 충남대학교 컴퓨터과학 이학학사
2005년 충남대학교 컴퓨터과학 전산학 석사
2009년 충남대학교 컴퓨터공학 공학박사
2009년~현재 한국전자통신연구원 표준연구센터
선임연구원
관심분야: 라우팅, IPv6, 이동성/핸드오버, IoT



홍 용 군

1997년 경북대학교 공학사
1999년 경북대학교 공학석사
2013년 경북대학교 공학박사
1998년~2001년 MJL Technology 근무
2001년~현재 한국전자통신연구원 표준연구센터
선임연구원
관심분야: IPv6, IP 이동성/핸드오버, M2M/IoT