

# 모바일 환경에서 CoAP/6LoWPAN 기반의 스마트 홈네트워크 시스템 구현 및 성능 분석

이보경

한국산업기술대학교 컴퓨터공학부 교수

## Implementation of Smart Home Network System based on CoAP/6LoWPAN in Mobile Environment

Bo-Kyung Lee

Professor, Department of Computer Engineering, Korea Polytechnic University

요 약 사물인터넷(Internet of Thing) 기술이 커다란 이슈로 떠오르면서 홈 네트워크 시스템을 사물인터넷 기술 과 연동하  
기 위한 연구들이 많이 진행되고 있다. 특히 가정에서 사용되는 많은 기기들을 인터넷과 연결시키고 스마트 폰을 이용하여  
기기들을 제어하고 동작시키기 위한 다양한 기술들이 제안되고 있다. 그러나 기존의 인터넷 프로토콜들은 적은 양의 데이터  
가 송수신되는 사물 인터넷 환경에는 비효율적이다. 그래서 IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 저전력, 저용량,  
저성능 등 제한된 환경에서 인터넷과 연동하여 사물들을 동작시키기 위한 대표적인 기술로 CoAP/6LoWPAN 프로토콜을  
제안하고 있다. 본 논문에서는 CoAP/6LoWPAN을 이용하여 모바일 환경에서 홈네트워크 시스템을 동작시키고 제어하는  
시스템을 구현하였으며 이는 향후 각 가정에 도입될 스마트홈네트워크 시스템 구축에 활용할 수 있을 것으로 전망된다. 또  
한 기존 인터넷 망에서 사용되는 HTTP와의 성능 분석을 수행하여 CoAP/6LoWPAN 프로토콜을 사용한 제안 시스템이  
사물인터넷 환경에 적합함을 보여주고 있다.

주제어 : 사물인터넷, 제한된 어플리케이션 프로토콜, 6로펜, 모바일 환경, 홈 네트워크시스템

**Abstract** As the Internet of Thing(IoT) technology recently has become a big issue, many researches have been  
carried out to link the Internet of things with the home network system. Various home network systems are being  
implemented to connect many devices used in the home with the Internet and to control and operate the devices  
using a smart phone. However, existing protocols that operate on the Internet are not suitable for a limited  
environment such as low power, low capacity, and low performance. Therefore, the Internet Engineering Task Force  
(IETF) Working Group proposed the CoAP/6LoWPAN technology as a suitable protocol for internetworking IoT  
devices with the Internet in a limited environment and adopting it as a standard. In this paper, a smart home network  
system is implemented to control and operate various IoT devices in a home using CoAP/6LoWPAN in mobile  
environment. The performance of HTTP and CoAP such as data transmission time, data transmission rate is  
analyzed.

**Key Words** : Internet of Thing, CoAP, 6LoWPAN, Mobile Environment, Home Network System

\*This research is sponsored by National Research Foundation.(NRF-2017R1A2B1005577)

\*Corresponding Author : Bo-Kyung Lee(bklee@kpu.ac.kr)

Received August 9, 2018

Accepted November 20, 2018

Revised September 21, 2018

Published November 28, 2018

## 1. 서론

사물인터넷(IoT, Internet of Thing) 기술이 커다란 이슈로 떠오르면서 홈네트워크 환경에서 중요한 키워드로 자리 잡고 있다. 사물인터넷 환경을 통하여 연결되는 사물들은 여러 센서들을 인터넷과 연동하는 소형의 임베디드 시스템 형태로 제공된다. 그러므로 홈 네트워크 시스템에서 사용되는 가전제품이나 웨어러블 기기 등은 기존의 컴퓨터나 스마트폰과는 달리 저전력, 저성능, 저용량의 컴퓨터 하드웨어로서 제한된 네트워크 환경에서 통신을 수행할 수밖에 없는 한계가 있다.

따라서 이러한 시스템의 성능 및 통신의 문제를 극복하고 사물들을 인터넷과 연동하기 위해 IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 6LoWPAN(IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Network) 프로토콜을 제안하였다. 6LoWPAN은 사물인터넷 시스템이 링크 계층 수준에서 기존의 통신 방식인 무선랜(WiFi) 기술을 대신하여 직비(ZigBee/IEEE802.15.4), 블루투스(BLE: Bluetooth Low Energy), Wi-SUN( Wireless-Smart Utility Network)등과 같이 인터넷과 직접 연동되지 않았던 기존의 저전력 무선 통신 기술을 그대로 이용하여 인터넷에 연결할 수 있도록 하는 새로운 통신 프로토콜이다. 6LoWPAN을 적용하면 HTTP, TCP와 같이 전통적으로 사용되던 주요 인터넷 기반 프로토콜을 그대로 이용할 수 있다는 장점을 갖는다. 그러나 HTTP, TCP와 같은 기존 인터넷 기반 프로토콜들은 사물인터넷과 같이 제한된 네트워크 환경에서 작동하는 소형의 센서 네트워크 환경에는 적합하지 않다. 그래서 IETF에서는 소형의 장치들이 사물인터넷 환경에서 최적으로 데이터를 교환할 수 있도록 기존의 HTTP를 대체할 수 있는 응용계층 프로토콜로서 CoAP(Constrained Application Protocol)을 제안하였다.

본 논문에서는 CoAP/6LoWPAN을 이용하여 가정에서 사용되는 다양한 사물들을 제어하고 동작시키는 모바일 환경의 스마트 홈네트워크 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 CoAP 클라이언트, 6LoWPAN 게이트웨이, CoAP 서버, 프록시 서버, 센서 노드로 구성된다. 각 시스템은 6LoWPAN 프로토콜을 이용하여 사물들과 통신하기 위하여 하위계층에서는 BLE, Zigbee, WiFi등의 통신망을 이용한다. 응용계층에서는 사물인터넷 환경에 적합한 CoAP를 이용하여 가정에서 동작되는 다양한 기

기들을 제어한다. 또한 구현된 시스템과 기존의 인터넷 환경에서 동작되는 프로토콜의 성능을 비교 분석하여 CoAP/6LoWPAN이 사물인터넷 환경에 적합함을 보여 준다.

## 2. 관련연구

### 2.1 CoAP(Constrained Application Protocol)[1-5]

CoAP(Constrained Application Protocol)는 IETF CoRE(Constrained RESTful Environment) 워킹그룹에서 제안한 프로토콜로서 적은 용량의 메모리, 저전력 등 제한된 환경에서 센서나 구동체 노드간의 통신을 지원하기 위한 최적화된 프로토콜이다. CoAP는 HTTP에 비해 가볍고 전력을 적게 소모하며 빠른 속도를 제공하기 위해 TCP상에서 제공되는 HTTP와는 다르게 전송계층 프로토콜로 UDP를 사용한다. CoAP는 클라이언트가 서버에 정보를 요청하면 서버는 이를 수신하고 요청에 응답하는 클라이언트-서버 통신모델을 사용한다.

CoAP는 GET/POST/PUT/DELETE 메시지의 REST(REpresentational State Transfer) 상상으로 대표되는 HTTP의 개념을 그대로 유지하면서 메시지 오버헤드를 크게 줄였다. 특히 CoAP는 6LoWPAN 네트워크와 같이 전달되는 패킷의 에러율이 매우 높은 제한된 네트워크 환경에서 작동하는 경우를 고려하여 만들어졌으므로 CoAP 와 6LoWPAN은 IoT 및 M2M 장치에 최적화된 프로토콜이다.

### 2.2 6LoWPAN(IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Network)[6-10]

6LoWPAN(IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Network)은 IEEE 802.15.4를 PHY/MAC으로 하는 저전력 무선 개인 네트워크 상에 IPv6를 동작시켜 기존 인터넷망과 연결하는 네트워크 기술이다. IETF의 6LoWPAN 워킹그룹에서는 이와 관련된 표준으로는 RFC 4919(IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks-Overview, Assumptions, Problem Statement, and Goals)와 RFC 4944(Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks) 등을 표준으로 정의하고 있다.

### 2.3 BLE(Bluetooth Low Energy)[11]

BLE(Bluetooth Low Energy)는 기존의 블루투스 기술에 저전력 기술을 탑재한 것으로 약 10미터 도달반경에서 2.4GHz 주파수 대역으로 데이터 송수신이 가능하도록 한 기술이다. 2010년 6월에 블루투스 4.0 버전을 발표되었으며 동작 주기가 수 밀리 정도로 대부분의 시간을 슬립모드로 있기 때문에 전력 소모가 적다는 것이 특징이다. 특히 평균 전송속도가 10kbps이하인 경우에는 전력 효율이 좋아서 배터리 교환 없이 1년 이상을 사용할 수 있으므로 전송하는 데이터의 양이 적은 사물인터넷 환경에 적합하다.

### 2.4 ZigBee[12]

ZigBee는 근거리 통신을 지원하는 통신프로토콜로 IEEE 802.15.4 표준으로 정의되어있다. 2.4GHz 주파수 대역에서 저속, 저 비용, 저전력을 위한 무선망 기술로서 주로 양방향 무선 개인 영역 통신망을 기반으로 한 홈 네트워크 및 무선 센서망에서 사용된다.

## 3. 구현 통합 시스템

### 3.1 통합 시스템 구성도

본 논문에서는 CoAP/6LoWPAN을 이용하여 가정의 다양한 사물들을 제어하고 동작시키는 모바일 환경의 스마트 홈네트워크 통합시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 윈도우즈 또는 안드로이드 기반의 CoAP 클라이언트, 6LoWPAN 게이트웨이, CoAP 서버, 프록시 서버, 센서 노드 등으로 구성된다. 통합 시스템 구성도 및 프로토콜 스택은 다음과 같다.

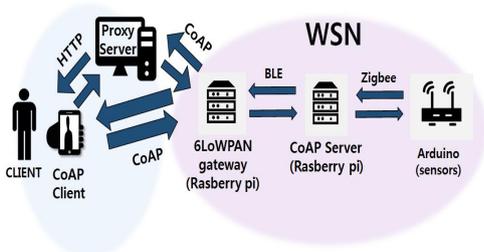


Fig. 1. Integrated System Configuration

각 시스템에는 6LoWPAN 프로토콜이 동작되며 이를 통하여 IPv6와 물리계층, 데이터 링크계층의 WiFi, BLE, ZigBee 등과 연동하여 센서 노드들과 통신할 수 있도록 하였다.

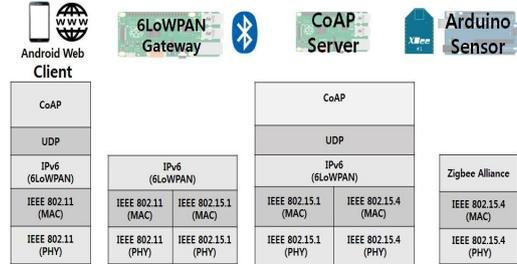


Fig. 2. Protocol Stack

### 3.2 통합 시스템 세부 기능

#### 3.2.1 CoAP 클라이언트

CoAP 클라이언트에서는 CoAP 또는 HTTP 프로토콜을 이용하여 각종 센서 노드로부터 데이터를 받아오고 받아온 데이터를 참조하여 홈 네트워크 시스템 상의 다양한 기기들의 동작을 제어한다. 홈 네트워크 시스템의 기기들은 온도, 습도, 조도, 자이로 등 다양한 센서들로 구성되며 CoAP 클라이언트는 이들 센서로부터 주기적으로 값을 받아온다, CoAP 클라이언트는 센서로부터 수신된 값들을 임계값과 비교하면서 값의 변화에 따라 홈 네트워크 시스템의 동작을 제어한다. 즉 홈 네트워크 시스템을 구성하고 있는 형광등, 창문, 문 등 기기들의 개폐를 수행할 수 있도록 데이터를 송신한다. 홈 네트워크 시스템의 세부 구성내역은 다음과 같다.

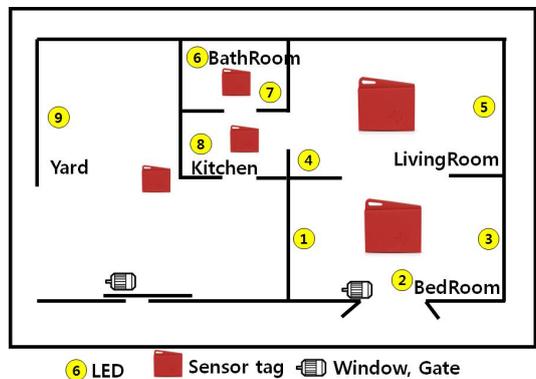


Fig. 3. Home Network System

CoAP 클라이언트는 6LoWPAN 게이트웨이와 WiFi로 연결되어 동작한다. CoAP 클라이언트는 윈도우즈 또는 안드로이드 모바일 환경에서 동작되며 Californium CoAP framework으로 구현하였다.

홈 네트워크 시스템은 각 방과 정원에 센서 태그를 두어 센서 들의 동작을 모니터링하며 모니터링 된 값을 이용하여 LED, 모터 등을 제어한다. Table 1은 홈 네트워크에 구성된 각 방들에 있는 센서 태그를 통하여 CoAP 서버에 할당된 IPv6 주소이며 Table 2는 각 기기 들에 할당된 IPv6 주소이다.

Table 1. Sensor Tag's IPv6 Address of each rooms

Room	IPv6 Address
BedRoom	[aaaa::212:4b00:c65:8001]
Bathroom	[aaaa::212:4b00:c66:1382]
Kitchen	[aaaa::212:4b00:c66:ea04]
Living	[aaaa::212:4b00:c66:2281]
Yard	[aaaa::212:4b00:c67:9b05]

Table 2 IPv6 address of Home Network system

Device	IPv6 Address
LED	[2005::ba27:ebff:fea8:ac00]
Motor	[2005::ba27:ebff:fe4a:48f0]
Motor	[2005::ba27:ebff:fe50:b56f]

CoAP 클라이언트는 정해진 통신 규칙에 따라 데이터를 CoAP 서버로 보내면 서버에서는 이 데이터를 참조하여 아두이노를 통하여 센서 들의 동작을 모니터링하게 된다. 센서의 동작 값을 받은 CoAP 클라이언트는 홈 네트워크 시스템의 기기들을 동작시킨다.

Table 3. Communication rules between CoAP server and sensor

Room	LED	
	ON	OFF
BedRoom	1, 2, 3	Q, W, E
LivingRoom	4, 5	A, S
BathRoom	6, 7	Z, X
Kitchen	8	I
Yard	9	O

Table 3은 CoAP 클라이언트에서 홈네트워크 시스템 기기 중 LED에 대한 ON, OFF 메시지를 전송하였을 때

CoAP서버와 해당 센서 간에 동작하는 통신 규칙 들이다.

Fig. 4는 안드로이드 기반의 스마트 폰에서 CoAP 클라이언트의 동작 화면을 나타낸다.

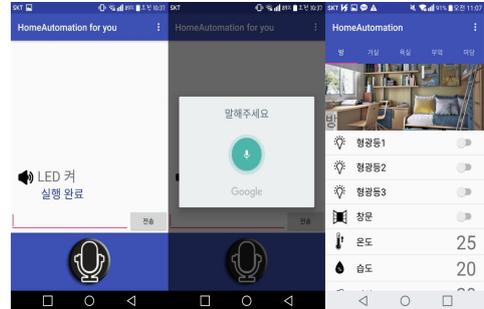


Fig. 4 Action Screen of CoAP Client

### 3.2.2 6LoWPAN 게이트웨이

6LoWPAN 게이트웨이는 6LoWPAN 프로토콜을 통하여 센서 네트워크를 IPv6망과 연동할 수 있도록 프로토콜을 변환하고 IPv6 주소를 할당해준다. 6LoWPAN 게이트웨이는 라즈비안 운영체제에서 구현하였다. 6LoWPAN 게이트웨이의 세부 기능은 다음과 같다.

- CoAP클라이언트와 6LoWPAN 게이트웨이를 WiFi 연결
- 6LoWPAN 게이트웨이와 CoAP 서버 간 블루투스 연결
- CoAP 서버에 IPv6 주소를 할당

CoAP 클라이언트와 6LoWPAN 기반의 센서 네트워크를 연동하기 위하여 6LoWPAN 게이트웨이는 WiFi 통신을 통하여 데이터의 송수신이 이루어지도록 하였다. 6LoWPAN 게이트웨이와 CoAP 서버 간에는 블루투스 통하여 연결을 수행하였으며 이를 위하여 bluetooth\_glowpan 모듈을 활성화시켜 데이터의 송수신이 수행되도록 하였다. 또한 6LoWPAN 게이트웨이는 CoAP 서버에 IPv6 주소를 할당하기 위하여 stateless auto-configuration 방법을 사용하여 자동적으로 주소를 생성할 수 있도록 하였다. 이를 위하여 RADVD(Router Advertisement Daemon)라는 라우터 탐색을 수행하기 위한 브로드캐스트 프로그램을 활용하여 구현하였다.

### 3.2.3 CoAP 서버

CoAP 서버는 센서 태그 및 노드들에 대한 정보를 등록하고 관리하여 준다. CoAP 서버와 아두이노 센서 노

드 간에 정해진 제어 규칙에 따라 센서 들의 정보를 수신하고 동작한다. CoAP 서버는 CoAP 클라이언트와 데이터를 송수신하기 위해 UDP 전송프로토콜 상에 CoAP를 동작시킨다. CoAP 서버 역시 라즈베리 파이에서 동작되며 Californium CoAP 라이브러리를 이용하여 구현하였다.

- 6LoWPAN 게이트웨이와 BLE 통신
- 아두이노로 구현된 센서 노드와 ZigBee 통신
- UDP기반의 CoAP프로토콜 동작
- 센서 노드들의 등록 및 관리

### 3.2.4 센서 노드

센서 노드는 다양한 센서 들, 또한 이들 센서 들을 통합 관리하는 센서 태그 및 모터 등의 기기들로 구성된다. 즉, 센서 노드는 가정 내의 여러 장소에 배치되어 온도, 습도, 조도, 자이로 등의 데이터를 수집하고 수집된 데이터는 CoAP 서버를 통하여 CoAP 클라이언트에 전달된다. 또한 CoAP 서버를 통하여 CoAP 클라이언트로부터 수신된 데이터를 통하여 창문모터의 제어 및 LED 점등과 같은 홈 네트워크 시스템 제어의 동작을 수행한다.

### 3.2.5 프록시 서버

프록시 서버는 클라이언트가 CoAP 프로토콜이 아닌 HTTP 프로토콜을 통해서 CoAP 서버와 통신하고자 할 때 HTTP 메시지를 CoAP 메시지로 변환시켜주는 역할을 수행한다. 또한 반대로 CoAP 서버로부터 오는 메시지를 HTTP 프로토콜로 변환해주는 역할도 수행한다. 프록시 서버 역시 Californium 라이브러리의 californium-proxy를 이용하여 구현하였다.

## 3.3 동작 과정

CoAP 클라이언트는 WiFi로 연결된 6LoWPAN 게이트웨이에 CoAP 메시지 포맷에 따라 정보를 요청하면 6LoWPAN 게이트웨이는 적절한 통신프로토콜을 적용하여 CoAP 서버에 메시지를 전달한다. CoAP 서버는 CoAP 클라이언트가 요청한 데이터를 획득하기 위해 각 센서로 메시지를 보낸다. CoAP 서버는 센서로 부터 원하는 정보를 받은 후 이를 6LoWPAN 게이트웨이를 거쳐 CoAP 클라이언트에 알려준다. 정보를 받은 클라이언트는 센서 들의 데이터 값들을 주기적으로 모니터링하며 모니터링 한 결과를 일정 임계값과 비교한다. 일정 임

계값을 넘어가는 경우 CoAP 클라이언트는 센서 및 기기에 메시지를 보내 적절하게 홈 네트워크 시스템을 동작시킨다.

Fig. 5는 CoAP 클라이언트가 홈 네트워크 시스템 상에서 CoAP GET 메시지를 이용하여 센서의 정보를 획득하는 과정을 보여준다. Fig. 6은 CoAP 클라이언트가 센서로 부터 획득한 정보를 이용하여 CoAP 클라이언트가 가지고 있는 일정 임계값이 넘어가는 경우 CoAP PUT 메시지를 이용하여 센서 및 기기들을 동작시키는 과정을 보여준다.

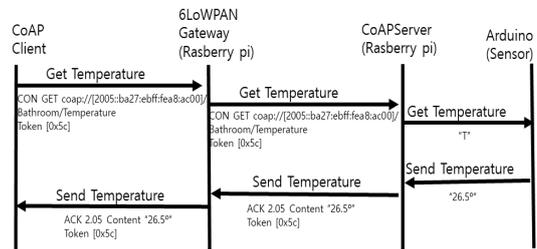


Fig. 5 Process of CoAP GET message

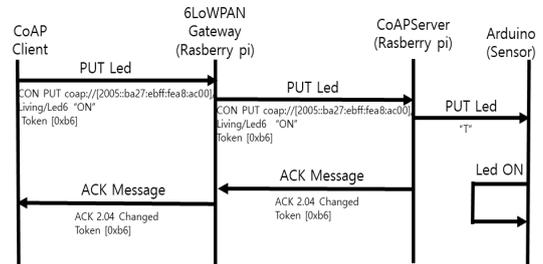


Fig. 6. Process of CoAP PUT message

## 4. 성능 분석

본 논문에서는 모바일 환경에서 사물인터넷과 같이 제한된 환경에 적합한 CoAP/6LoWPAN을 이용하여 스마트 홈 네트워크 시스템을 구현하였다. UDP 기반의 CoAP는 사물인터넷과 같이 저전력, 저성능, 소형의 제한된 환경에 적합하게 동작될 수 있도록 IETF에서 제안한 프로토콜로서, 기존의 웹 환경에서 사용되는 TCP 기반의 HTTP와 동작 및 기능면에서는 유사한 프로토콜이다. 그러나 기존의 구현된 홈 네트워크 시스템은 인터넷 망에서 사용하는 웹 기반 프로토콜을 그대로 사용하는

경우가 대부분으로 많은 홈 네트워크 시스템은 HTTP 웹 프로토콜을 기반으로 구현되어져 있다. 본 논문에서는 HTTP와 CoAP 두 프로토콜 간의 성능을 분석하기 위하여 구현된 스마트 홈 네트워크 시스템을 이용하여 CoAP와 HTTP 메시지의 전송 시간을 측정하고 분석하였다. 전송시간은 메시지를 보내고 응답을 받는데 까지 소요되는 RTT(Round Trip Time)을 측정하였다. CoAP 클라이언트에서 87바이트 길이의 GET 메시지를 전송하고 96바이트의 메시지를 정상적으로 수신하는 과정을 반복하여 실험을 하였다. 구현된 시스템 상에서 CoAP와 HTTP를 이용하여 전송된 메시지의 전송시간을 비교한 결과 CoAP가 HTTP에 비하여 29% 전송시간이 더 효율적인 것을 알 수 있다. 즉 보내는 메시지의 종류와 메시지의 양에 따라 다소 차이는 있을 수 있으나 이는 UDP 기반의 CoAP가 저전력, 저성능, 소형의 제한된 환경에 적합하게 동작하도록 제안된 프로토콜이라는 취지에 맞게 HTTP보다 더 효율적인 프로토콜임을 보여준다. CoAP 메시지는 HTTP 메시지보다 간결하고 또한 HTTP와는 달리 연결 설정 및 수립의 과정이 생략됨으로 인해 보다 효율적인 프로토콜임을 알 수 있다.

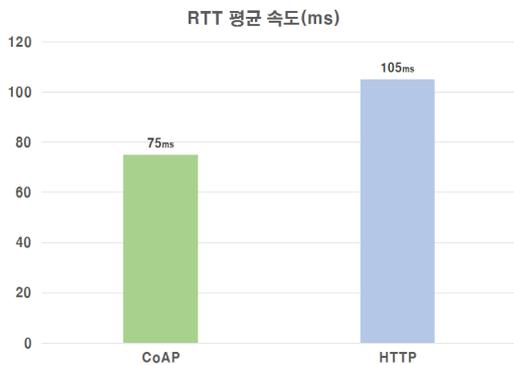


Fig. 7. Transmission Times of CoAP and HTTP

## 5. 결론

본 논문에서는 모바일 환경에서 CoAP/6LoWPAN을 이용하여 가정의 다양한 사물들을 제어하고 동작시키는 스마트 홈 네트워크 시스템을 구현하였다. 기존에 구현된 홈 네트워크 시스템은 웹 기반 프로토콜인 HTTP를 이용하여 구현된 것이 대부분이나 본 논문에서는 사물인터넷 환경에 적합한 CoAP를 이용하여 시스템을 구현하

였다. 그뿐 아니라 6LoWPAN을 이용하여 BLE, ZigBee, WiFi 등 물리계층, 데이터 링크계층에서 동작하는 다양한 통신 프로토콜을 채택할 수 있도록 하였다. 또한 본 논문에서는 기존 인터넷망에서 사용되는 HTTP와 사물인터넷 환경에 적합한 CoAP의 전송시간을 측정하여 성능을 분석하였다. 분석 결과 CoAP 메시지가 HTTP에 비하여 IETF의 제안취지에 맞게 보다 더 효율적인 프로토콜임을 알 수 있다.

그러나 이러한 프로토콜들은 사물인터넷 환경에 적합한 프로토콜임에도 불구하고 보안의 요소를 포함하고 있지 못하다. 사물인터넷 환경에 보다 효율적인 프로토콜을 이용하여 시스템을 구현하더라도 데이터의 변조 및 오용이 발생한다면 시스템의 오동작을 유발할 수 있다. 그래서 이러한 문제점을 보완하기 위하여 홈 네트워크 시스템에 보안 프로토콜을 적용하고 데이터의 안전성을 확보하기 위한 개발 및 연구가 필요하다고 본다.

특히 IETF에서 CoAP 환경에 적합한 DTLS (Datagram Transport Layer Security)[13-15] 프로토콜을 표준으로 제안하고 있으며 사물인터넷 데이터의 안전성을 확보하기 위하여 DTLS 보안기술을 적용한 안전한 스마트 홈네트워크 시스템의 구현을 추진할 필요가 있다.

## REFERENCES

- [1] Z. Shelby, B. Frank, D. Sturek. (2014). Constrained Application Protocol(CoAP). *RFC 7252*.
- [2] M. Kovatsch, S. Duquennoy & A. Dunkels, A Low-power CoAP for Contiki, Mobile Adhoc and Sensor Systems(MASS), 2011 IEEE 8<sup>th</sup> International Conference, 855-860, Oct. 2011
- [3] K. Weok-gap, Pil-kyun, S. Seung-cheol & L. Byeong-tak. (2013). Trends of IETF CoAP Based Sensor Connection Protocol Technology, Electronics and Telecommunications Trends, ETRI, 131-140.
- [4] H. J. Mun, G. H. Choi & Y. C. Hwang. (2016). Countermeasure to Underlying Security Threats in IoT communication, Journal of Convergence for Information Technology, *Convergence Society for SMB, 6(4)*, 59-64.
- [5] L. Alessandro, M.Pol & Anna Calveras. (2013). TinyCoAP : A Novel Constrained Application Protocol (CoAP) Implementation for Embedding RESTful Web Services in Wireless Sensor Networks Based on TinyOS, *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 288-315.

- [6] Varat Chawathaworncharoen, Vasaka Visoottiviseth, Ryousei Takano. (2015). Feasibility Evaluation of 6LoWPAN over Bluetooth Low Energy.
- [7] Kushalnagar, et al. (2007). IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs): Overview, Assumptions, Problem Statement, and Goals, *IETF RFC 4919*.
- [8] Sébastien Dawans. (2013). Redundant Border Routers for Mission-Critical 6LoWPAN Networks.
- [9] Seung-Kyun Park. (2016). Proposal of a mobility management scheme for sensor nodes in IoT(Internet of Things), *Journal of Convergence for Information Technology, Convergence Society for SMB, 6(2)*, 37-44.
- [10] Cheol-Min Kim, Hyung-Woo Kang, Sang-Il Choi & Seok-Joo Koh. (2016). "Implementation of CoAP/6LoWPAN over BLE Networks for IoT Services.
- [11] J. Nieminen, TeliaSonera, T. Savolainen, M. Isomaki, Nokia, B. Patil, AT&T, Z. Shelby. (2015). ARM, C. Gomez, IPv6 over BLUETOOTH(R) Low Energy IETF RFC 7668.
- [12] Montenegro, et al Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks, RFC 4944, Sep. 2007
- [13] T. Dierks, E. Rescorla, The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.2, IETF RFC 5246, Aug. 2008
- [14] E. Rescorla, RTFM, Inc., N. Modadugu, Google, Inc., Datagram Transport Layer Security Version 1.2, IETF RFC 6347, Jan. 2012
- [15] Reem Abdul Rahman, Babar Shah, . (2016). Security analysis of IoT protocols: A focus in CoAP, proceedings of 2016 3rd MEC International Conference on Big Data and Smart City.

이 보 경(Bo-Kyung Lee) [정회원]



- 1987년 2월 : 고려대학교 수학과 (이학사)
- 1995년 12월 : University of Birmingham Science of Computer Science
- 2000년 8월 : 고려대학교 컴퓨터학과 (이학박사)

- 2003년 3월 ~ 2005년 2월 : Telecom Paris PostDoc
- 1987년 1월 ~ 1998년 9월 테이콤 연구소
- 2001년 3월 ~ 현재 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학부 교수
- 관심분야 : 사물인터넷, 모바일, 홈 네트워크 시스템
- E-Mail : bklee@kpu.ac.kr