

# CoAP-based Reliable Message Transmission Scheme in IoT Environments

Joosang Youn\*, Hun Choi\*\*

## Abstract

In this paper, we propose reliable message transmission scheme based on CoAP, considering the constrained feature of IoT device, such as low power, the limited memory size and low computing capacity. Recently, the various kinds of application protocol has been studied to support IoT environments. In particular, CoAP protocol was developed as application protocol for IoT at the IETF core WG. However, because CoAP protocol is deigned to be used in constrained node, this protocol uses UDP at transport layer. Thus, data loss may occur frequently in network congestion environments. The proposed scheme, in this paper, is to overcome the problem of frequent data loss with low overhead. Also it includes the function which is to minimize the data loss in sleep mode of IoT device.

▶ Keyword : IoT, reliable message transmission, CoAP

## I. Introduction

최근 IoT 환경을 구축하기 위한 다양한 기술들이 개발 중이다[1-3]. 특히, 통신기능을 가진 센서 디바이스처럼 낮은 파워, 제약적 메모리, 낮은 프로세스로 구성된 자원 제약적 디바이스(Constrained Device, CN)[4]를 통해 다양한 정보를 수집하여 전달하기 위한 응용프로토콜로 CoAP(Constrained Application Protocol)[5]이 개발되었다. CoAP 프로토콜은 IETF core(Constrained RESTful Environment) WG[6]에서 개발된 프로토콜로 자원 제약적 디바이스에서 클라이언트-서버 패턴으로 응용 계층 메시지를 전달하는 프로토콜이며 손실이 높고 전송률이 낮은 네트워크인 저전력손실 네트워크(LLN)에서 사용하도록 개발되었다. 또한 CoAP 프로토콜은 자원 제약적 노드에서 사용하기 위해 전송계층 프로토콜로 UDP를 사용하도록 디자인되어 있다. 이는 IoT 디바이스가 메모리 크기 및 컴퓨팅 파워가 부족한 노드이기 때문에 TCP와 같은 전송계층 프로토콜을 그대로 탑재할 경우 노드에 높은 오버헤드로

작용하기 때문이다. CoAP 프로토콜은 데이터 전달 시 UDP를 사용하기 때문에 혼잡 환경에서 데이터 전달 시 발생하는 손실을 복구할 수 있는 효율적 방법을 가지고 있지 않다. 또한 최근 IoT 환경에서는 다양한 서비스가 개발 중이며 이런 서비스들은 CoAP 기반의 신뢰적 메시지 전송에 대한 요구가 증가하고 있다. IoT 응용의 경우 높은 성능 보다는 신뢰적 전송 서비스가 중요한 서비스 요구사항이다. 따라서 본 논문에서는 IoT 환경에서의 신뢰적 전송 서비스에 대한 요구사항 및 신뢰적 메시지 전송 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 IoT 디바이스 내에서 동작 가능한 낮은 부담의 신뢰적 메시지 전송 프로토콜로 디자인 되었다. 본 논문의 구성은 2장에서 기존연구 및 CoAP의 신뢰적 메시지 전달의 문제점을 정의하고 3장에서 본 논문에서 신뢰적 전송기법을 제안한다. 4장에서는 성능분석을 하고 5장에서 결론을 맺는다.

---

• First Author: Joosang Youn, Corresponding Author: Joosang Youn

\*Joosang Youn (jsyou@deu.ac.kr), Dept. of Multimedia Engineering, Dong-Eui University

\*\*Hun Choi (hchoi@deu.ac.kr), Dept. of Electronic Engineering, Dong-Eui University

• Received: 2016. 01. 11, Revised: 2016. 01. 18, Accepted: 2016. 01. 20.

• This paper extends "Reliable CoAP message transmission scheme in IoT" at Summer Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference 2014.

• This work was supported by Dong-eui University Grant(2015AA018) and by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korea Government(NRF-2010-0024523).

## II. Preliminaries

### 1. Related works

#### 1.1 CoAP(Constrained Application Protocol)

IETF core WG에서는 메모리, 에너지, 성능 등에 제약을 가진 CN으로 구성된 손실이 높고 전송률이 낮은 네트워크 환경에서 사용 가능한 웹 기반 응용 프로토콜로 CoAP을 개발해 왔다. CoAP은 전송계층 프로토콜로 UDP를 채택하여 메시지를 전송하며 서버-클라이언트 방식으로 수집한 정보를 메시지 형태로 전달한다. 또한 송수신을 위해 비동기적 전송 방식을 채택하고 있다[7]. 그림 1에 도시된 것처럼 CoAP은 4개의 계층으로 구성되어 있으며 응용 계층과 전송 계층 사이에 요청/응답 계층, 메시지 계층으로 구분하여 구성되어 있다. 특히 메시지 계층은 신뢰성 메시지 전송뿐만 아니라 비신뢰적 메시지 전송 방식을 모두 갖추고 있다. CoAP은 2013년 7월에 승인 이후, 현재 RFC 7252[5]로 제정 완료 되었다. 또한 제약적 웹 서버에 의해 사용될 링크 포맷으로 노드 자원, 속성 및 링크 사이에 관련된 속성들을 표현한 웹 링크를 정의하고 있는 “Constrained RESTful Environments(CoRE) Link Format” 기술은 현재 RFC 6690[8]로 제정 완료되었으며 그 외, 빌딩자동화와 같은 환경에서 제약적 노드를 그룹으로 제어/관리하는데 사용될 “Group Communication for CoAP” 기술과 서버 자원 변화를 클라이언트에게 전송하는 기술인 “Observing Resources in CoAP” 표준기술은 현재 RFC 7641[9]로 제정 완료되었다. CoAP 프로토콜의 메시지 모델은 그림 2처럼 confirmable 모델과 non-confirmable 모델로 정의된다. 우선 confirmable 모델은 CoAP가 UDP를 이용해서 메시지를 전송하기 때문에 신뢰적 메시지 전달 서비스를 제공하지 못한다. 따

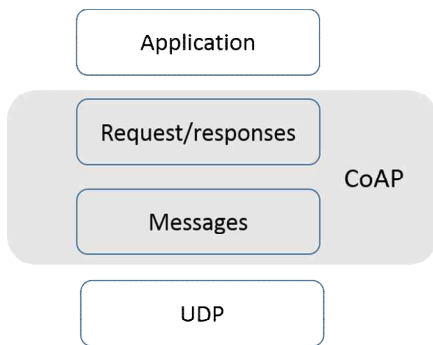


Fig. 1 CoAP protocol stack



Fig. 2 CoAP message model

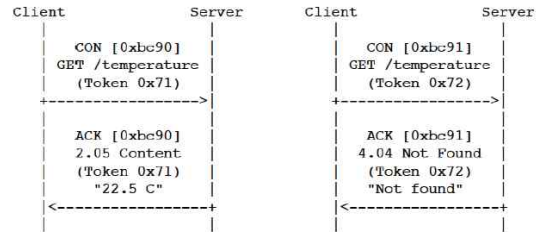


Fig. 3 CoAP request/response model in confirmable model

라서 이를 극복하기 위해 클라이언트와 서버 사이에 최소한의 신뢰성 보장을 위해 데이터 전송에 대한 응답메시지인 ACK 메시지를 전달 받는 모델을 수행한다. 또한 타이머와 back-off 방법을 통해 손실 데이터에 대한 재전송을 수행한다. Non-confirmable은 ACK 메시지를 전달받지 않는다. 또한 요청/응답 모델은 그림 3과 같은 모델을 가지고 있다. 이 모델은 위에 기술한 confirmable 모델을 적용하여 데이터를 전달한다. 하지만 confirmable 모델은 TCP를 통해 제공된 신뢰적 전송 서비스를 대신할 수는 없다. 이유는 데이터 전달 과정에서 발생하는 오류를 판단할 수 없으며 손실에 대한 원인을 파악할 수 있는 기능이 없기 때문에 근본적인 해결 방법은 아니다. 따라서 IoT 환경에서 CN에 탑재 가능한 오버헤드가 적고 코드 사이즈가 작은 신뢰적 전송 서비스 프로토콜이 필요하다.

#### 2.2 The Requirement of CoAP based Reliable

##### Message Transmission and Problem Definition

본 절에서는 IoT 서비스 제공 시 신뢰적 메시지 전달에 대한 요구 사항 및 문제점을 기술한다. 우선, IoT를 구성하는 디바이스의 경우 위에서 기술한 것처럼 메모리 크기 및 컴퓨팅과워가 부족한 CN으로 정의하고 있다. 따라서 기존 전송 계층 프로토콜 기능을 그대로 수용하기에 노드 관점에서 오버헤드가 크게 작용한다. 이런 이유 때문에 기존 전송 계층 프로토콜인 UDP, TCP 프로토콜 중에서 실제 코드 사이즈가 작고, 기능과 동작 과정이 간소하며 오버헤드가 적은 UDP 사용이 권장되고 있다. 따라서 CoAP은 전송 프로토콜로 UDP를 사용하고 있다. 하지만 IoT 서비스 관점에서 보면 UDP는 비신뢰적 전송 서비스 프로토콜이다. 또한 IoT 서비스 특징 중 데이터 전송과 관련된 내용을 보면 데이터 사이즈가 작고, 자주 데이터를 발생시키지 않는다. 따라서 IoT 디바이스에서 발생하는 데이터는 신뢰적 전송 서비스 방법을 통해서 전송되어야 하는 요구사항이 있다.

우선, TCP 프로토콜 기능을 살펴보면 크게 두 가지 기능으로 분류 할 수 있다. 하나는 신뢰적 전송 서비스 기법이며 다른 하나는 높은 성능을 제공하기 위한 high-throughput 기법이다. TCP 내에 신뢰적 전송 서비스 제공 기법은 플로우 컨트롤, 연결지향형 서비스 방법 등이 있으며 높은 성능을 제공하기 위한 기법으로는 슬라이딩 윈도우, 혼잡 제어 방법 등이다. IoT 응용의 경우 위에서 언급했듯이 연속된 데이터를 전송하는 서비스

가 아니다. 따라서 높은 성능 보다는 메시지 전송 과정에서의 신뢰적 전송 서비스가 중요한 요구사항이다. 따라서 TCP 기능 중 슬라이딩 윈도우, 혼잡 제어 방법은 IoT 전송 계층에서 구현이 필요 없는 기능이다. 더불어 위 두 기능은 동작 과정에서도 IoT 디바이스의 에너지 사용 측면에서 디바이스에 부담을 초래한다. 또한, IoT 환경은 네트워크에 접속된 IoT 디바이스의 수가 무수히 많을 것으로 예상된다. 따라서 IoT 디바이스에서 발생시키는 작은 크기의 메시지는 접속 네트워크 또는 코어 네트워크에 혼잡을 발생시킬 수 있다. 더불어 무수히 많은 IoT 디바이스를 제어하기 위한 시그널링 메시지도 혼잡을 유발할 수 있기 때문에 데이터 손실이 빈번히 발생한다. 따라서 이런 데이터 손실 상황에서 CoAP의 confirmable 데이터 전달 모델만으로 신뢰적 데이터 전달 서비스를 제공할 수 없다. 또한 confirmable 모델은 노드의 sleep 모드 전환으로 발생하는 데이터 손실을 판단할 수 없다. 이는 ACK 지연과 같은 상황에서 잘못된 판단으로 재전송을 수행하는 문제점을 초래하기도 한다. 따라서 IoT 디바이스 내에 구현 가능한 전송 계층 기능은 간단한 혼잡 제어 기법과 함께 재전송 기법이 포함되어야 한다.

### III. CoAP-based Reliable Message Transmission Scheme

#### 3.1 Overview

본 논문에서 제안하는 IoT 환경에서의 신뢰적 메시지 전달 기법은 CoAP의 confirmable 메시지 전달 방식에서 사용되는 메시지에 대한 신뢰성 확보 방안이다. 2장에서 언급했듯이 CoAP은 데이터 전달과정에서 응용메시지의 신뢰성 요구가 있을 때 confirmable 메시지 전달 방식을 통해 데이터 전달 과정의 신뢰성을 제공한다. 하지만 이 방식은 응용프로토콜인 CoAP에서 이루어지는 방식이기 때문에 전달과정에서 생기는 손실에러를 복구하는데 한계가 있다. 다시 말해 전송계층에서 confirmable 메시지에 대한 신뢰성 확보 방안이 없기 때문에 데이터 전달 과정에서 혼잡 등으로 발생하는 손실 메시지에 대한 복구가 정확히 이루어지지 않는다. 따라서 제안하는 기법은 그림 4에 도시된 것처럼 confirmable 메시지 방식 기반의 데이터 전달 기법이다. 제안하는 기법은 그림 5에 도시된 것처럼 4.5 계층의 Reliable Service Layer(RSL)을 추가하고 이 계층에서 신뢰적 데이터 전달 기법이 수행된다. RSL 계층은 CoAP의 confirmable 메시지의 신뢰적 전송을 담당한다. RSL의 신뢰적 데이터 전달 서비스 방식의 기본 동작은 다음과 같다. RSL에서는 confirmable 메시지 전송을 전송계층 프로토콜인 UDP에 요청할 경우 신뢰적 전송 서비스 동작이 이루어지며 non-confirmable 메시지 전송이 요청 될 경우 전송 계층에 바이패스 시킨다. 또한 RSL에서는 CoAP 프로토콜을 사용하는 클라이언트와 서버 사이에 가상 연결 설정 기능을 제공한다. 신

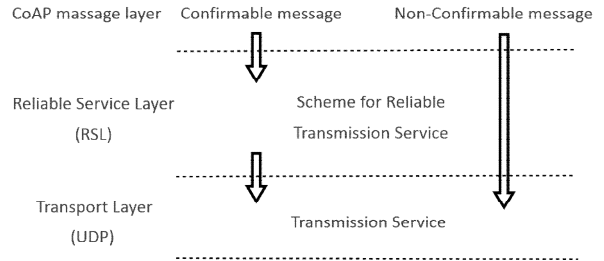


Fig. 4 Overview of Reliable Service Layer

뢰적 전송 서비스를 제공하기 위해서 가상 연결 설정 기능이 필요한 이유는 클라이언트와 서버 사이에 메시지 전달이 가능함을 판단하기 위함이다. 또한 서버 역할을 수행하는 IoT 디바이스가 현재 sleep 모드로 동작중임을 판단하기 위함이다. 연결설정 시 연결 설정이 이루어지지 않으면 데이터 전달을 수행하지 않는다.

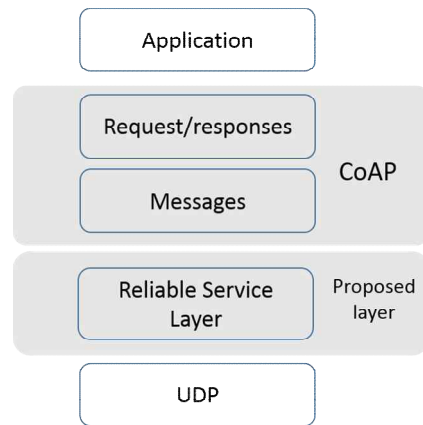


Fig. 5 The reliable service layer of the proposed scheme

#### 3.2 CoAP based reliable message transmission scheme

본 논문에서 제안하는 방법은 다음과 같은 네트워크 환경을 가정한다.

- 노드 타입은 constrained node
- 응용 프로토콜은 CoAP 사용
- 네트워크 접속 기술은 무선 링크 이용

제안하는 신뢰적 전송 서비스는 그림 5에 도시된 것처럼 4.5 계층을 추가하는 방법을 제안한다. RSL은 CoAP의 신뢰적 전송 방법과 UDP 전송 서비스를 그대로 이용하면서 2장에서 정의한 문제를 해결함과 동시에 IoT 환경에서 사용가능한 오버헤드가 작은 신뢰적 전송 서비스를 제공하도록 디자인되었다. RSL에서는 그림 4에 도시된 것처럼 CoAP 메시지 계층의 confirmable 메시지에 대해서 신뢰적 전송 서비스가 제공되며 데이터 전송 전에 가상 연결 설정이 수행된다. 가상 연결 설정을 위해서 RSL에서는 두 개의 메시지를 클라이언트와 서버 사이에 주고받는다. 여기서 두 개의 메시지는 Connection-Setup



송을 멈춘다. CSRs 메시지 및 ACK 메시지 전달과정에서의 혼잡 손실이 발생할 경우는 메시지 재전송을 통해 손실을 회복한다. 두 번째 손실인 sleepy node의 경우는 다음과 같다. 위에서 기술한 내용처럼 가상 채널 설정 과정에서 우선 판단을 실시하며 만약 2번의 CSR 메시지 전송 후 CSRs 메시지가 전달되지 않으면 서버가 sleep mode로 동작하고 있다고 판단하고 RSL에서 CoAP에 데이터 전달 중지 메시지를 전달하여 메시지 전달을 중지한다. 만약 가상 연결 설정 이후 서버가 sleep mode로 동작할 경우는 서버가 sleep mode로 동작하기 전 클라이언트에게 가상 연결 설정 disconnection 메시지를 전송하여 클라이언트의 메시지 전송을 중지하도록 한다. 이후 sleep mode가 다시 wake up 되면 가상 연결 설정을 위한 재설정 메시지는 ReCSR 메시지를 전송하여 클라이언트의 메시지 전송을 재기시킨다. 그림 10은 sleep mode 동작에 의한 손실 및 재설정 과정의 예를 도시하고 있다. 본 연구의 제안 기법은 IoT 환경에서의 자원 제약적 노드에 RSL를 추가하여 메시지 전송 시 신뢰성을 확보 방법이다. 이 기법은 자원 제약적 노드의 하드웨어 특징과 IoT 서비스 환경을 고려해서 설계되었다.

#### IV. Performance Evaluation

본 연구의 성능을 검증하기 위해 NS-3 Simulator[10]를 이용하여 제안한 프로토콜을 구현하였다. 본 실험에서 성능측정 파라미터는 경로 탐색 시 success rate, end-to-end delay, 발생률 등이다. 또한 순수 CoAP과 비교 실험을 하였다. 실험 환경은 100m\*100m square region에서 데이터를 가진 CoAP 서버노드의 수를 20, 30, 40개로 구성하였다. 데이터를 수신하는 클라이언트 노드는 1개로 설정하고 게이트웨이에 위치시켰다. 모든 실험에서 클라이언트-서버가 선정되면 10회의 데이터를 발생시켰다. 혼잡손실을 발생시키기 위해 랜덤하게 백그라운드 트래픽을 유발하였다. 네트워크 환경에서 데이터 전달 기술은 6LoWPAN을 사용하고 경로 설정은 RPL 프로토콜을 통해 클라이언트와 서버 경로를 DODAG로 구성하였다.

그림 11은 경로 요청에 대한 데이터 전달 성공률(success rate)을 보여주고 있다. 제안하는 기법은 모든 상황에서 순수 CoAP 방식에 비해 향상된 결과를 보여주고 있다. 성능 개선 이유는 혼잡손실 발생 시 RSL에서 데이터 재전송이 이루어지기 때문이다. 또한 혼잡 지원으로 생기는 delay ACK에 대한 정확한 판단으로 재전송이 수행되기 때문이다. 그림 12는 경로 요청에 대한 평균 데이터 전달 지연을 보여주고 있다. 이번 실험에서도 제안하는 기법은 모든 상황에서 순수 CoAP 방식에 비해 향상된 결과를 보여주고 있다. 성능 개선 이유는 혼잡손실 발생 시 RSL에서 데이터 재전송이 이루어지기 때문이다. 또한 혼잡 지원으로 생기는 delay ACK에 대한 정확한 판단으로 재전송이 수행되기 때문이다.

다음 실험은 clint-server pairs에서 데이터를 가진 서버를

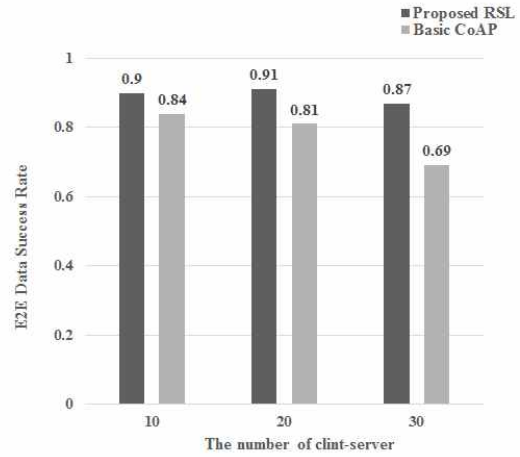


Fig. 11 Average end-to-end data transmission success rate in congestion environment

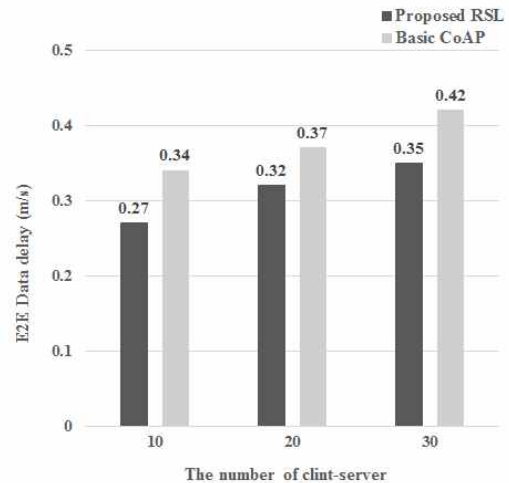


Fig. 12 Average end-to-end delay rate in congestion environment

sleep mode로 동작시켰을 때의 성능 평가를 하였다. CoAP 서버노드의 수를 위 실험과 동일하게 20, 30, 40개로 구성하였으며 sleep mode로 들어가는 server 선택은 랜덤함수를 사용하였고 sleep mode 시간은 0.1로 설정하였으며 sleep mode에서 wake mode로 변경 시 0.5초가 지속하고 sleep mode로 동작하는 것으로 랜덤함수를 통해 선택하도록 하였다. 그림 13은 sleep mode 환경에서의 평균 단대단 데이터 전달 성공 비율을 도시하고 있다. 제안하는 기법은 서버의 sleep mode 상황에서 가상 연결 설정이 이루어지지 않기 때문에 데이터 전달이 이루어지지 않으므로 데이터 손실이 발생하지 않으며 또한 sleep mode 디바이스가 wake up 상태로 전환 시 가상연결 설정 후 데이터를 전달하기 때문에 순수 CoAP 방식에 비해 향상된 결과를 보여주고 있다. 하지만 가상 연결 설정 후 서버의 sleep mode 상태로 동작하는 노드에 대해서는 데이터 손실이 발생하므로 실험 환경에서 평균 0.7 정도의 성공률을 보이고 있다. 하지만 순수 CoAP의 경우 노드의 sleep mode 상태를 판단할 수

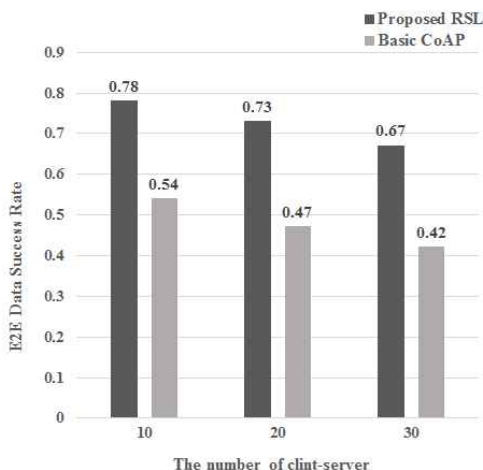


Fig. 13 Average end-to-end data transmission success rate in the sleep mode of node environment

있기 때문에 sleep mode 서버와 통신할 경우 모든 데이터가 손실되는 상황이 발생한다.

지금까지의 실험 결과를 통해 제안하는 기법이 기존 CoAP에 비해 신뢰적 데이터 전송 서비스를 제공 할 수 있는 것을 확인하였다.

### V. Conclusions

본 논문에서는 IoT 환경에서 CoAP 기반의 신뢰적 전송 서비스 제공 기법을 제안하였다. 제한한 기법은 CoAP와 UDP 사이에 4.5 계층의 신뢰적 전송 서비스 제공 계층을 추가하여 UDP가 제공하지 못하는 경량화된 신뢰적 전송 서비스 제공과 함께 sleep mode 디바이스로 인해 발생하는 손실을 극복할 수 있는 전송 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 다양한 성능 실험을 통해 기존 방법보다 우수함을 증명하였다. 추후 본 연구에서 제안한 기법을 기반으로 sleep mode 상태의 IoT 디바이스 관리를 위한 기능을 추가할 예정이다. 또한 최근 IETF core WG에서 추진 중인 CoAP 기반 전송프로토콜 표준기술 개발에 표준아이템으로 본 논문에서 제안한 내용을 기고할 예정이다.

### REFERENCE

[1] Shin, Seung-Hyeok, "Study on Web Services Middleware for Real-Time Monitoring in the IoT Environment," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 20, No. 9, pp. 97-104, 2015.

[2] J-S. Youn and Y-G. Hong, "A Study on M2M Identifier for M2M Service in Mobile Communication Networks,"

Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 17, No.11, pp. 63-71, 2012.

[3] Zhengguo Sheng, Hao Wang, Changchuan Yin, Xiping Hu and Shusen Yang, Leung, V.C.M, "Lightweight Management of Resource-Constrained Sensor Devices in Internet of Things," IEEE Journals & Magazines, Vol. 2, No. 5, pp. 402-411, 2015.

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

[5] Shelby, Z, Hartke K. and Bormann C., "The Constrained Application Protocol (CoAP)," IETF RFC 7252, June 2014.

[6] <https://datatracker.ietf.org/wg/core/charter/>

[7] J-S. Youn, Y-H. Choi, Y-G. Hong, "The overview of IETF technology standard for IoT," INFORMATION AND COMMUNICATIONS MAGAZINE(Information and Communication) Vol.31, No.9, pp. 32-39, september 2014.

[8] Shelby, Z, "Constrained RESTful Environments (CoRE) Link Format," IETF RFC 6690, August, 2012.

[9] Hartke, K, "Observing Resources in the Constrained Application Protocol (CoAP)," IETF RFC 7641, Sept. 2015.

[10] NS3 Project, <https://www.nsnam.org/>

### Authors



Joosang Youn received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees from Korea University, Seoul, Korea in 2001, 2003 and 2008, respectively. Dr. Youn joined the faculty of the Department of Multimedia

Engineering at Dong-Eui University, pusan, Korea, in 2008. He is currently a Professor in the Department of Multimedia Engineering, Dong-Eui University. His current research interests include the IoT, M2M, mobile network and future network architecture.



Hun Choi received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Electronics from Chungbuk National University, Korea, in 1996, 2001 and 2006, respectively.

Dr. Choi joined the faculty of the Department of Electronic engineering at Dong-eui University, Busan, Korea, in 2008. He is currently an Associate Professor in the Department of Electronic engineering, Dong-eui University. He is interested in adaptive signal processing, multirate signal processing and measurement signal processing and systems.