

MQTT Broker에서 우선순위에 따른 메시지 처리를 위한 방법에 관한 연구

김성진 · 오창현*

Method for Message Processing According to Priority in MQTT Broker

Sung-jin Kim* · Chang-heon Oh*

Department of Electrical, Electronics & Communication Engineering, Korea University of Technology and Education(KOREATECH), Cheonan 31253, Korea

요 약

최근 IoT는 제한된 네트워크 환경에서의 디바이스 통신을 충족시키기 위해 경량화 프로토콜에 대한 연구가 진행 중이다. MQTT는 대표적인 경량화 프로토콜이며, 오버헤드를 최소화하기 위해 작은 고정 헤더를 지원하고, publish/subscribe 구조를 채택함으로써 실시간성을 보장한다. 하지만 MQTT는 중요 데이터에 대한 우선순위 처리를 지원하지 않아 특정 IoT 서비스에서의 QoS를 제공할 수 없다. 본 논문에서는 MQTT에서 다양한 IoT 서비스의 우선순위를 고려하기 위한 메시지 처리 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 노드에서 MQTT의 고정헤더에 우선순위 플래그를 추가하여 메시지를 전송하며, broker에서는 해당 메시지에 대한 우선순위를 확인하여 우선적으로 처리한다. 실험 및 평가를 통해 우선순위에 따라 노드간의 종단 간 지연의 감소를 확인하였다.

ABSTRACT

Recently, IoT has been studying a lightweight protocol to satisfy device communication in a limited network environment. MQTT is a typical lightweight protocol. It supports small fixed headers to minimize overhead, and adopts publish/subscribe structure to guarantee real-time performance. However, MQTT does not support prioritization of important data and can not provide QoS in a specific IoT service. In this paper, we propose a message processing method to consider the priority of various IoT services in MQTT. In the proposed method, the priority flag is added to the fixed header of the MQTT in the node to transmit the message, and the broker confirms the priority of the corresponding message and processes it preferentially. Through experiment and evaluation, we confirmed the reduction of end-to-end delay between nodes according to priority.

키워드 : IoT, MQTT, broker, 우선순위, QoS

Key word : IoT, MQTT, broker, priority, QoS

Received 30 May 2017, Revised 01 June 2017, Accepted 12 June 2017

* **Corresponding Author** Chang-heon Oh(E-mail:choh@koreatech.ac.kr, Tel:+82-41-560-1187)

Department of Electrical, Electronics & Communication Engineering, Korea University of Technology and Education, Cheonan, 31253, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.7.1320>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

IoT(Internet of Things)는 지능화된 사물들이 네트워크를 통해 연결되어 사람과 사물, 사물과 사물 간 통신에 상황 인식 기반의 지식이 결합되어 지능적인 서비스를 제공하는 기술이다[1]. IoT는 스마트 홈, 스마트 그리드, 스마트 시티, 헬스케어, 지능형 교통 서비스 등과 같은 다양한 형태의 서비스 측면에서 고려되고 있다[2]. 이러한 서비스에서 적용되는 IoT 디바이스들은 제한된 네트워크 환경에서 동작하기 때문에 MQTT(Message Queue Telemetry Transport), CoAP(Constrained Application Protocol) 등과 같은 경량·저전력 애플리케이션 프로토콜이 필요하다[3,4].

MQTT는 IoT 디바이스 통신의 실시간성을 보장하기 위해 publish/subscribe 구조를 채택하였으며, 작은 크기의 고정 헤더를 제공하여 오버헤드를 최소화한 프로토콜이다. 또한 QoS(Quality of Service) Level 0, 1, 2를 통해 메시지 처리의 신뢰성을 보장할 수 있다. 하지만 MQTT는 특정 IoT 서비스 측면에서 중요한 데이터에 대한 우선순위 처리를 지원하지 않는다[5-7].

우선순위 처리는 긴급 데이터 전송에 대한 특정 수준의 성능을 보장하기 위한 방법이다. 우선순위 처리와 같은 QoS 정책은 데이터 전송의 성격에 따라 적절하게 활용해야 한다[8].

예를 들어 일반적인 환경 센서 데이터보다 환자의 심박, 화재 경고등과 같은 긴급 데이터는 우선적으로 서버에서 처리해야 된다. 따라서 IoT 환경에서는 특정 서비스 측면에서 우선순위가 높은 데이터에 대한 QoS를 보장하는 상황이 존재한다[9-12].

본 논문에서는 MQTT broker에서 우선순위 메시지 처리를 위한 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 MQTT 메시지의 고정 헤더에 priority-QoS 플래그를 추가하여 전송함으로써 broker에서 메시지의 우선순위를 확인하고, 메시지를 우선적으로 처리한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 MQTT와 우선순위 기반 QoS에 대한 관련 연구를 설명하고, 3장에서는 제안하는 우선순위 처리 방법에 대해 설명한다. 4장에서는 실험 및 평가를 통한 결과에 대해 설명하고, 결론으로 마무리한다.

II. 관련 연구

본 장에서는 MQTT의 특징에 관한 설명과 우선순위 기반의 QoS를 지원하기 위한 관련 연구에 대해 기술한다.

2.1. MQTT

MQTT는 1999년 IBM사에서 설계된 양방향 메시지 통신 규약으로써 다음과 같은 특징을 가지고 있다[5].

2.1.1. 고정 헤더

MQTT는 오버헤드를 최소화하기 위해 2byte의 고정 헤더를 제공하고 있으며, 구성은 그림 1과 같다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Byte 1	Message type				DUP	QoS		RETAIN
Byte 2	Remaining length							

Fig. 1 Message fixed header

Byte 1은 message type, DUP, QoS, retain 플래그로 구성된다. Message type은 ‘PUBLISH’, ‘SUBSCRIBE’를 포함한 14가지의 MQTT 메시지 형태를 정의하는 플래그이다. DUP은 중복 메시지를 확인하기 위한 플래그이다. QoS 플래그는 2개의 비트로 QoS Level 0, 1, 2를 정의하는 플래그이다. RETAIN는 마지막으로 송신된 데이터를 broker에 저장하기 위한 플래그이다. Byte 2에 정의된 remaining length는 가변 헤더 및 페이로드의 데이터를 포함하여 현재 메시지의 byte의 수를 계산하기 위해 사용되는 필드이다.

2.1.2. Publish/Subscribe

MQTT는 그림 2와 같이 publish/subscribe 구조이다.

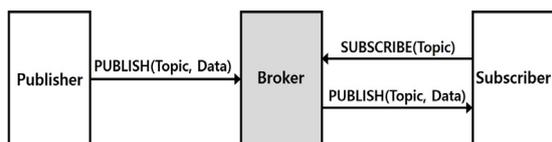


Fig. 2 Publish/Subscriber model

Publish/Subscribe 구조에는 publisher, subscriber, broker가 있다. Subscriber는 특정 토픽을 broker로부터 구독한다. Broker는 subscriber가 구독 요청한 토픽에 대한 메시지를 publisher로부터 수신하면 subscriber에 해당 메시지를 전달한다.

2.1.3. QoS Level 0, 1, 2

MQTT는 3 단계의 QoS를 지원하여 메시지 처리에 대한 신뢰성을 보장한다. 그림 3은 QoS level 0, 1, 2에 대한 설명이다. QoS level 0은 클라이언트가 메시지를 한 번만 전달하며, 메시지 도착에 대한 확인을 하지 않아 신뢰성이 낮다. QoS level 1은 메시지가 전달되는 것을 ‘PUBACK’ 메시지로 확인하지만, 응답 메시지가 유실되면 메시지가 중복으로 전달될 수 있다. QoS level 2는 4-way handshake 방식으로 메시지를 명확하게 전달한다.

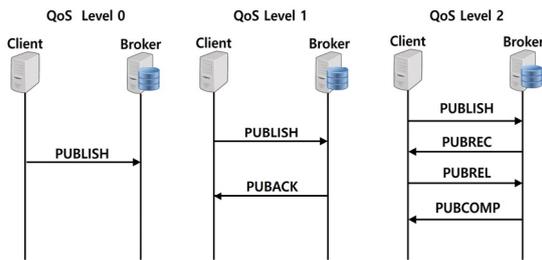


Fig. 3 QoS level 0, 1, 2

2.2. 우선순위 기반의 QoS지원에 대한 관련 연구

Y. J. Park의 연구에서는 실시간 철도 안전 관제를 목적으로 기존의 신호설비 데이터를 변환하여 DDS(Data Distribution Service) 형태로 전송하는 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 이기종의 데이터를 동일한 형태로 관리하고, 많은 양의 데이터 전송에 대한 효율적인 네트워크 QoS 제어가 가능하다[8]. A. Ludovici의 연구에서는 CoAP의 observe 확장에서 적시성을 보장하기 위해 4가지 수준의 우선순위 기반 QoS를 설계하였다[9]. O. J. Kwon의 연구에서는 SIP(Session Initiation Protocol) 프로시큐어에서 긴급 호가 일반 호보다 빠르게 처리할 수 있도록 INVITE 메시지에 우선순위를 부여하고 우선적으로 처리하는 방법을 제안하였다[10]. P. S. Jeong은 IEEE 802.15.6의 문제점인 동일한 우선순위를

를 가지는 응급 메시지를 전송하기 위해 모드의 슬롯 경쟁 문제를 해결하기 위한 MAC 프로토콜을 제안하였다. 제안하는 방법은 경쟁 구간에서 전송 주기와 환자의 병력에 근거한 트래픽 우선순위를 통해 응급 메시지 전송 확률을 높일 수 있다[11]. T. Tachibana는 이기종 원격 모니터링 시스템의 우선순위 제어 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 애플리케이션에서 요구되는 우선순위 기반의 QoS에 따라 IoT 디바이스의 데이터 양, 전송 속도를 제어한다[13].

III. 제안하는 MQTT broker에서의 우선순위 처리 방법

본 장에서는 MQTT broker에서 우선순위 메시지를 처리하기 위한 방법에 대해 설명한다. MQTT 메시지의 우선순위를 설정하기 위해 고정 헤더에 priority-QoS 플래그를 추가한다. Publisher와 subscriber 노드는 메시지를 송수신하는 과정에서 priority-QoS에 따라 우선순위가 높은 메시지부터 처리된다. Broker는 서로 다른 우선순위의 메시지가 동시에 도착할 경우 높은 우선순위를 가지는 메시지부터 처리한다.

3.1. 고정 헤더 수정

그림 4는 수정한 MQTT 메시지 고정 헤더이다. 기존의 MQTT 메시지 고정 헤더 기능에 영향을 주지 않기 위해 2byte의 필드는 수정하지 않고, priority-QoS 플래그를 설정하기 위한 1byte를 추가하였다.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Byte 1	Message type				DUP	QoS		RETAIN
Byte 2	Remaining length							
Byte 3	Priority-QoS		Reserved					

Fig. 4 Modified message fixed header

표 1은 priority-QoS 플래그에 대한 설명이다. Priority-QoS 플래그는 2bit로 구성되어 4가지의 우선순위를 설정한다. priority-QoS의 수준은 0~3으로 표현되며, 숫자가 높을수록 높은 우선순위를 의미한다.

Priority-QoS level 0은 00으로 표현되며, 1, 2, 3은 각각 01, 10, 11로 표현된다. 특정 IoT 서비스에서의 우선순위 처리를 위한 시나리오는 다음과 같다. Priority-QoS level 0은 중요하지 않은 일반적인 센서 데이터에 설정된다. Priority-QoS level 1과 2는 중간 수준으로 액추에이터 디바이스에 대한 동작과 같은 데이터에 설정된다. Priority-QoS level 3은 최우선으로 처리되어야 하는 긴급 데이터에 설정된다.

Table. 1 priority-QoS flag

priority-QoS	bit	Description
0	00	Very low-priority data
1	01	Data with medium severity
2	10	Important data
3	11	Urgent Data

3.2. 우선순위 처리 방법

MQTT는 broker를 통해 publisher와 subscriber 노드 간 메시지를 전달하므로, broker에서 메시지 우선순위에 대한 처리를 해야 한다. Broker는 publisher와 subscriber 노드의 priority-QoS level를 확인하고, 메시지의 우선순위를 결정한다.

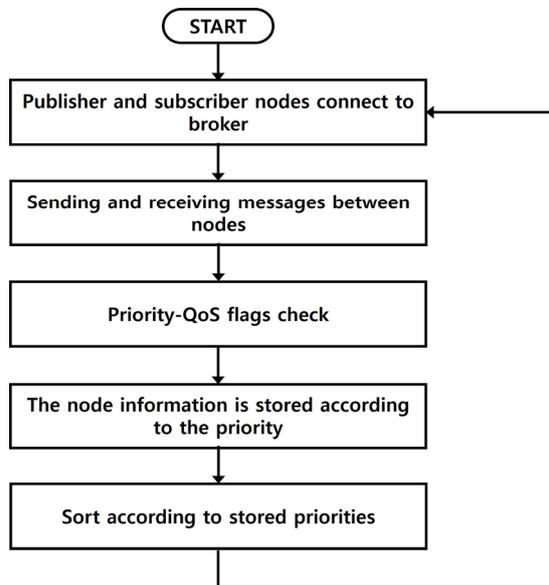


Fig. 5 Flowchart for storing information according to priority message

그림 5는 우선순위에 따른 노드 정보를 저장하는 순서도를 나타낸다. Publisher 또는 subscriber 노드로 부터 메시지를 전달받은 경우 broker는 priority-QoS 플래그를 확인한다. 해당 노드의 priority-QoS에 따라 노드의 우선순위를 저장하고, 우선순위에 따라 정렬한다. 이를 통해 다수의 노드가 동시에 메시지를 전송할 경우 저장된 노드의 우선순위에 따라 우선순위가 높은 노드의 메시지부터 처리된다.

IV. 실험 및 평가

4.1. 실험 환경 구축

제안하는 방법에 대한 성능을 평가하기 위해 그림 6과 같이 실험 환경을 구축하였다. 실험 환경은 제안하는 방법을 적용한 broker와 publisher/subscriber 간의 통신 과정에서 처리 지연을 제외한 모든 지연 요소를 제거하기 위해 내부 네트워크에서 실험하였다. 실험 환경에서의 publisher와 subscriber 노드는 paho library를 통해 구현하였으며, broker는 오픈 소스인 mosquitto를 사용하였다[13,14]. 실험 환경에서 사용한 시스템의 경우 intel Core i7-6700 3.40GHz, RAM 16Gbyte이다.

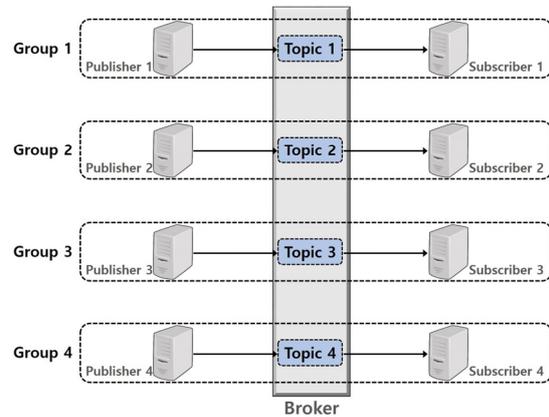


Fig. 6 Experiment environment

Publisher와 subscriber 노드는 각각 4개로 구성하였으며, 각각의 노드들은 1:1 통신을 위해 서로 다른 topic을 구독하게 하였다. 또한 broker로 publisher 1, 2, 3, 4를 순서대로 연결하고, 다음으로 subscriber 1, 2, 3, 4를

순서대로 연결하였다.

메시지의 전송주기와 페이로드 크기에 따라 네트워크 환경이 변화되므로 전송주기는 50ms로 고정하였으며, 페이로드의 크기는 1Kbyte로 고정하였다. 우선순위 처리를 성능을 확인하기 위해 group 별로 priority-QoS level를 동일하게 설정하였다.

4.2. 성능 평가

그림 7은 제안하는 방법을 적용한 broker에서 QoS level 0, 1, 2 설정에 따른 결과를 설명한다. Group 1, 2, 3, 4는 순서대로 priority-QoS level 1, 2, 3, 4로 설정하였다. QoS level 0일 경우에는 중단 간 지연이 0.1ms 이하였으며, 우선순위가 높은 순서대로 중단 간 지연이 낮은 것을 확인하였다. QoS level 1은 QoS level 0보다 평균적으로 높은 중단 간 지연을 가지고 있으나, 우선순위에 따라 중단 간 지연이 낮은 것을 확인하였다. QoS level 2는 평균적으로 0.5ms에 가까운 중단 간 지연을 가졌으며, QoS level 0, 1과 동일하게 우선순위에 따라 중단 간 지연이 낮아지는 것을 확인하였다.

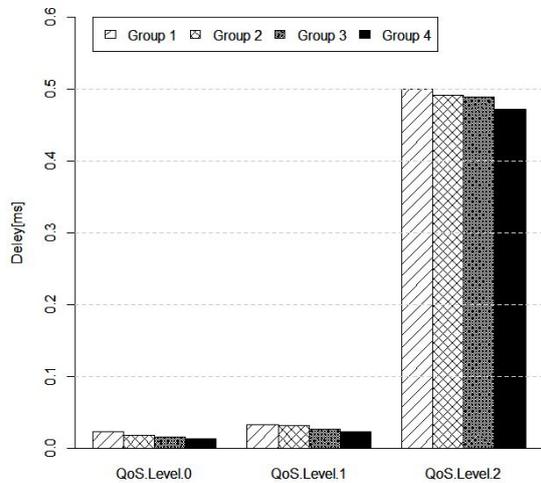


Fig. 7 Experiments based on the QoS level in the broker applying the proposed method

그림 8은 제안하는 방법에서 같은 우선순위 메시지에 대한 처리를 확인한 결과이다. 본 실험에서는 모든 노드들의 QoS level은 0으로 설정하였다. 또한 group 1과 group 2는 priority-QoS level를 0으로 설정하고,

group 3, group 4는 각각 1, 2로 설정하였다. 우선순위가 설정된 group 3, 4의 경우 우선순위 순서대로 중단 간 지연이 낮아졌으며, 동일한 priority-QoS level 일 경우에는 기존 mosquito와 같이 접속한 순서에 따라 우선순위가 판정됨을 확인하였다.

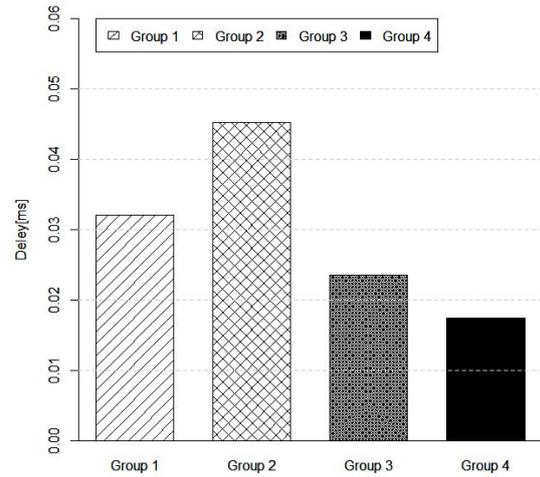


Fig. 8 Experiments for handling the same priority message

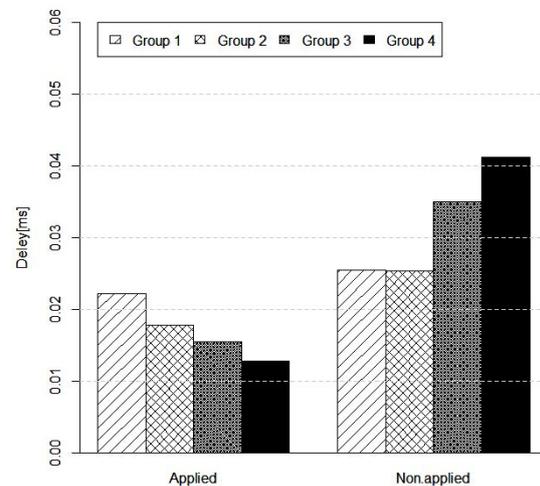


Fig. 9 Performance test for unused and applied cases of proposed method

그림 9는 제안하는 방법과 일반 mosquito broker를 비교한 결과이다. 제안하는 방법의 경우 group 1, 2, 3, 4

의 priority-QoS level을 1, 2, 3, 4로 설정하여 group 4가 긴급 메시지를 가진 상황을 고려하였다. 각 group을 순서대로 broker에 접속하였을 때, 일반 mosquitto의 경우 우선순위와 상관없이 접속 순서대로 처리되어 마지막에 접속한 group 4는 가장 높은 중단 간 지연을 나타내었다. 제안하는 방법의 경우 group4가 우선적으로 처리됨을 확인하였다. 또한 제안하는 방법이 일반 mosquitto보다 평균 중단 간 지연이 더 낮은 것을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 MQTT에서 특정 IoT 서비스의 긴급 메시지를 처리하기 위해 우선순위에 따른 메시지 처리 방법을 제안하였다. 메시지의 우선순위를 설정하기 위해 MQTT 메시지 고정 헤더에 2bit의 priority-QoS 플래그를 추가하였다. Publisher와 subscriber 노드가 broker로 메시지를 전송하면 priority-QoS level에 따라 해당 노드의 우선순위를 저장하여 정렬한다. 이를 통해 동시에 broker로 메시지가 전송될 경우 우선순위가 높은 노드의 메시지를 우선적으로 처리할 수 있다. 실험 및 평가를 통해 우선순위가 높은 노드의 중단 간 지연이 감소됨을 확인하였다. 향후 연구로는 MQTT에서 다양한 QoS를 보장하기 위해 priority-QoS가 정의된 필드에서 남은 bit를 정의할 예정이다.

REFERENCES

- [1] C. S. Pyo, H. Y. Kang, N. S. Kim, and H. C. Bang, "IoT (M2M) technology trends and prospects," *The Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 30, no. 8, pp. 3-10, Jul. 2013.
- [2] C. Perera, C. H. Liu, S. Jayawardena, and M. Chen, "A survey on internet of things from industrial market perspective," *IEEE Access*, vol. 2, pp. 1660-1679, Nov. 2014.
- [3] Y. H. Jang, J. S. Shim, and S. C. Park, "Analysis standardized of IoT-based low-power·light-weight protocol," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 20, no. 10, pp. 1895-1902, Oct. 2016.
- [4] A. A. Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of things : a survey on enabling technologies, protocols, and applications," *IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS*, vol. 17, no. 4, pp. 2347-2376, Jun. 2015.
- [5] OASIS Standard, MQTT version 3.1.1[Internet], Available: <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/csprd02/mqtt-v3.1.1-csprd02.html>.
- [6] A. A. Fuqaha, A. Khreishah, M. Guizani, A. Rayes, and M. Mohammadi, "Toward better horizontal integration among IoT services," *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, no. 9, pp. 72-79, Sep. 2015.
- [7] D. Soni, and A. Makwana, "A survey on MQTT: a protocol of internet of things(IoT)," in *Proceeding of the International Conference on Telecommunication, Power Analysis and Computing Techniques*, Chennai: IN, 2017.
- [8] Y. J. Park, D. S. Lim, D. K. Min, and S. A. Kim, "Reserach on design of DDS-based conventional railway signal data specification for real-time railway safety monitoring and control," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 20, no. 4, pp. 739-746, Apr. 2016.
- [9] A. Ludovici, E. Garcia, X. Gimeno, and A. C. Auge, "Adding QoS support for timeliness to the observe extension of CoAP," in *Proceeding of the 8th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communication*, Barcelona: ES, pp. 195-202, 2012.
- [10] O. J. Kwon, H. S. Jang, and J. M. Lee, "A bypass scheme for INVITE messages with priority in SIP proxies," *Journal of the Korea Society for Simulation*, vol. 19, no. 4, pp. 51-58, Dec. 2010.
- [11] P. S. Jeong, and Y. H. Cho, "A study on MAC protocol with dynamic priority adjustment in WBAN," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 18, no. 7, pp. 1589-1598, Jul. 2014.
- [12] T. Tachibana, T. Furuichi, and H. Mineno, "Implementing and evaluating priority control mechanism for heterogeneous remote monitoring IoT system," in *Proceedings of the 13th International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing Networking and Services*, Hiroshima: JP, pp. 239-244, 2016.
- [13] eclipse paho, paho[Internet], Available: <http://eclipse.org/paho/>.
- [14] Mosquitto, Mosquitto[Internet], Available: <http://mosquitto.org/>.



김성진(Sung-Jin Kim)

2016년 3월 ~ 현재 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 석사과정
2016년 2월 나사렛대학교 정보통신학과 이학사
※관심분야 : Internet of Things, Industry 4.0, MQTT, Protocol, Network



오창현(Chang-Heon Oh)

1988년 2월 한국항공대학교 항공통신공학과 졸업 공학사
1990년 2월 한국항공대학교 항공통신정보공학과 졸업 공학석사
1996년 2월 한국항공대학교 항공전자공학과 졸업 공학박사
1990년 2월 ~ 1993년 8월 한진전자(주) 기술연구소 전임연구원
1993년 10월 ~ 1999년 2월 삼성전자(주) CDMA 개발팀 선임연구원
1999년 2월 ~ 현재 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 교수
2006년 8월 ~ 2007년 7월 방문교수(University of Wisconsin-Madison)
※관심분야 : 이동통신, 무선통신, Wireless Sensor N/W, CR