

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.4.129>

IIBC 2017-4-16

Zigbee-MQTT 기반 스마트 홈 환경에 적합한 대기전력 차단 시스템 설계 및 구현

Design and Implementation of Standby Power Cutoff System for Smart Home Environment Based on Zigbee-MQTT

장영환*, 양승수*, 박석천**

Young-Hwan Jang*, Seung-Su Yang*, Seok-Cheon Park**

요약 최근 IoT 기술 발전에 따라 스마트 홈과 같은 부가서비스들이 증가하면서 내부에서 사용하는 기기들의 전력 소비량에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히 기기들의 주 기능이 수행되지 않는 동안 발생하는 대기전력 사용량이 전력 에너지의 약 11%로 나타나면서 대기전력 차단에 대한 문제점이 제시되고 있다. 그러나 실질적으로 대기전력을 차단하기 위해서는 플러그를 뽑아야한다는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해 사용자의 참여도를 최소화하여 자동적으로 제어 및 관리할 수 있는 대기전력 차단 알고리즘을 설계 및 구현하였다. 구현한 시스템을 평가한 결과 기존 시스템보다 평균 약 5.89Wh의 대기전력 차단율이 향상된 것을 확인하였다.

Abstract Recently, with the development of IoT technology, there has been an increase in interest in the power consumption of the devices used by the internal devices. Especially, the standby power consumption during the main function of the devices is about 11% of the power energy and the problem of standby power interruption is suggested. However, there is a problem that the plug must be unplugged in order to substantially shut off standby power. Therefore, in this paper, we design and implement a standby power cutoff algorithm that can automatically control and manage users' participation in order to solve these problems. As a result of evaluating the implemented system, it was confirmed that the standby power interruption rate improved by about 5.89Wh on average compared to the existing system.

Key Words : Zigbee, MQTT, Smart Home, Power Cutoff System, Power Cutoff Algorithm

1. 서 론

최근 IoT 기술의 발전에 따라 스마트 홈, 스마트 빌딩 등이 상용화되면서 건축물 내부에서 사용하는 전력 소비량에 대한 관심이 급증하고 있다.

국내의 전체 에너지 비용 중 약 97%는 수입에너지이며, 이 중 약 20%는 전력 에너지로 소모되고 있다.^[1]

전력 에너지는 스마트 홈에서 전력을 사용하는 TV, 냉장고, 셋톱박스 등이 동작하는 동안 소비하는 에너지를 의미한다.^[2]

스마트 홈과 같은 가정에서 주로 사용되는 가전기기들은 Zigbee를 통해 네트워크망을 구축하며, 24시간 내내 동작하게 된다.^[3]

특히 이러한 기기들의 주 기능이 수행되지 않는 동안

*준회원, 가천대학교 IT융합공학과

*정회원, 가천대학교 컴퓨터공학과

접수일자: 2017년 7월 18일, 수정완료: 2017년 8월 5일

게재확정일자: 2017년 8월 11일

Received: 18 July, 2017 / Revised: 5 August, 2017 /

Accepted: 11 August, 2017

*Corresponding Author: spark@gachon.ac.kr

Dept. of Computer Engineering, Gachon University, Korea

발생하는 대기전력이 전력 에너지의 약 11%로 나타나면서 대기전력 절감에 대한 문제점이 제시되고 있다.

그러나 실질적으로 대기전력을 절감하기 위해서는 사용자가 물리적으로 기기의 플러그를 뽑아야 절감 효과가 이루어진다는 문제점이 있다.

또한 사용자는 가정 내 기기들의 사용패턴을 알 수 없기 때문에 기기를 사용하는 시간과 대기전력이 소모되는 시간을 알 수 없고, IP 기반이 아닌 Zigbee를 이용함으로써 IoT 표준 프로토콜로 변환할 필요가 있다.

따라서 본 논문에서는 Zigbee 네트워크에서 MQTT(Message Queuing Telemetry Transport)를 이용한 대기전력 차단 시스템을 설계하여 사용자의 기기 사용패턴을 분석 및 도출하고, 대기전력 사용 여부를 판단하여 자동적으로 대기전력을 차단할 수 있도록 하였다.

설계한 시스템의 동작성, 대기전력 차단율에 대한 평가를 진행하기 위해 기존 대기전력 차단 시스템과 비교 평가를 진행하였으며, 평가 결과 기존 시스템 대비 대기전력 차단율이 약 5.89Wh 향상된 것을 확인하였다.

본 논문의 구성은 1장 서론에 이어 2장에서 MQTT와 기존 대기전력 차단 시스템을 조사하고, 3장에서는 Zigbee와 MQTT를 이용하는 대기전력 차단 시스템을 설계하였다. 또한 4장에서는 설계한 시스템을 구현 및 평가하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

1. MQTT

MQTT는 CPU, RAM 등이 제한된 디바이스를 제한된 네트워크상에서의 통신을 지원하는 경량 메시지 프로토콜을 의미한다.^[4]

특히 센서 데이터와 같은 원격 데이터 전송에 적합하고, 스마트폰 어플리케이션에서 클라이언트 간 메시지 교환을 위해 MQTT 프로토콜을 사용한다.

IBM과 Eurotech에서 개발한 MQTT는 오픈형 표준 프로토콜로 배포되었으며, OASIS(Organization for the Advancement of Structured Information Standard)에 의해 표준화 되었다.^[5]

기본적으로 MQTT는 다수의 클라이언트와 브리지에 연결된 브로커를 추가해 네트워크의 크기를 증가시킬 수 있는 브로커 서버로 구성된다.

각 클라이언트는 브로커에 자신의 고유 식별 ID를 제공하기 위해 연결되며 브로커는 연결 관리, 메시지 전송 등의 역할을 수행한다.

또한 브로커는 연결이 일시 중단된 모든 클라이언트에게 온라인 반환을 통해 메시지 전송이 가능할 뿐만 아니라 지정된 연결시간이 종료되면 연결을 끊는다.

전체적인 아키텍처는 TCP/IP를 기반으로 하기 때문에 클라이언트 간 메시지 교환은 TCP 패킷으로 묶여 진행된다.^[6]

2. 기존 대기전력 차단 시스템

기존 대기전력 차단에 대한 연구에서는 사용자의 개입을 최소화하고 무선 네트워크를 통해 서버와 클라이언트 간 연결을 지원하고 있다. 기존 대기전력 차단 시스템은 그림 1와 같다.

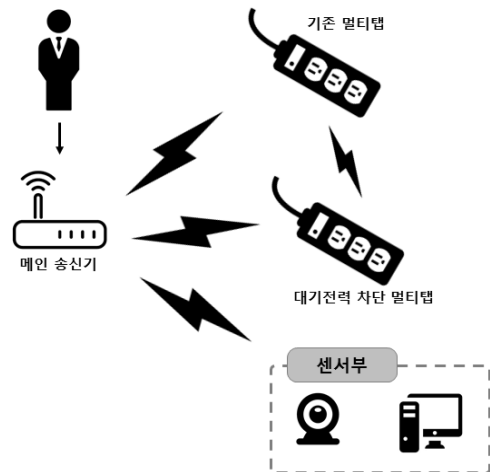


그림 1. 기존 대기전력 차단 시스템

Fig. 1. Existing Standby Power Cut-off System

주로 스마트 플러그를 이용하여 대기전력 차단 시스템을 구축한 경우가 많으며, 저전력 통신인 Zigbee를 기반으로 하여 대기전력을 최소화하는 연구가 활발히 이루어지고 있다.^[7]

그러나 Zigbee의 경우 IP 기반 기술이 아니기 때문에 모든 사물이 인터넷에 연결되는 IoT 환경에서 사용하기에는 게이트웨이 역할을 추가로 필요로 한다는 문제점이 있다.^[8]

또한 MQTT, CoAP(Constrained of Application Protocol), XMPP(eXtensible Messaging and Presence

Protocol) 등과 같이 IoT 표준 프로토콜이 있는 만큼 이를 활용하여 IoT 기반 기기들과의 상호호환성을 향상시켜야 한다.

III. 대기전력 차단 시스템 설계

1. 대기전력 차단 시스템 개요

설계한 시스템은 사용자가 물리적으로 플러그를 제거하지 않아도 자동적으로 제어·관리가 가능하며 대기전력을 차단할 수 있는 것을 전제로 한다.

스마트 홈에서 사용하는 무선 네트워크상에서 Zigbee-MQTT를 이용하기 위한 모듈과 대기전력을 On/Off 시킬 수 있는 모듈로 구성하여 대기전력 차단 시스템을 설계하였다. 설계한 대기전력 차단 시스템의 개요도는 그림 2와 같다.

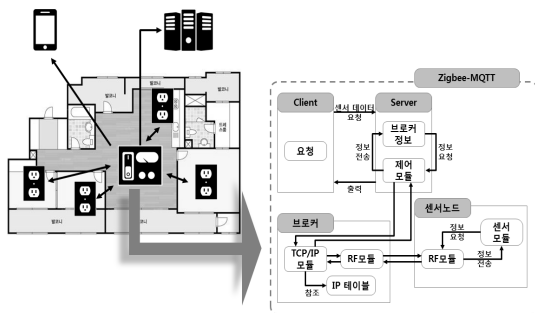


그림 2. 설계한 대기전력 차단 시스템 개요도
 Fig. 2. Design Standby Power Cut-off System Overview

2. 대기전력 차단 시스템 구조

본 논문에서 설계한 Zigbee-MQTT 기반 대기전력 차단 시스템은 센서 모듈과 CC2510 모듈, 무선통신을 지원하는 콘센트로 구성되어있다.

또한 TCP/IP 통신을 통해 데이터를 주고받으며, 사용자는 스마트폰을 통해 실시간으로 데이터 값을 확인할 수 있다. 제안 시스템의 구조도는 그림 3과 같다.

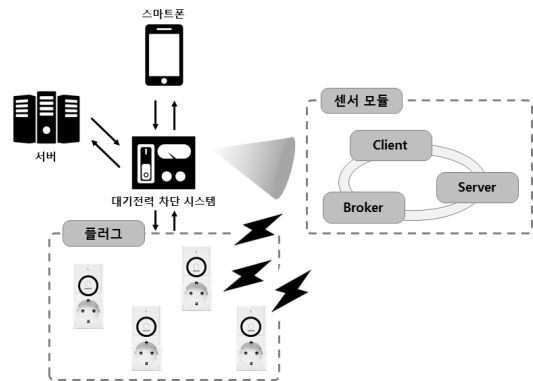


그림 3. 제안 시스템 구조도
 Fig. 3. Structure of Proposed System

대기전력 차단 시스템을 구성하는 센서 노드들은 Zigbee 통신을 위한 IEEE 802.15.4 모듈과 함께 구성되어 있으며, 한 개 이상의 센서 구성이 가능하다.

센서 노드들은 MQTT 사용을 위해 브로커(Broker)라는 게이트웨이로 연결되며, 센서 노드에 전원이 공급되면 Zigbee Coordinator로 접속하여 브로커와 통신하게 된다.

브로커는 기본적으로 통신을 지원하는 기기로 구성되어 게이트웨이 역할을 하며, Zigbee 통신을 통해 IoT 표준 프로토콜인 MQTT를 사용할 수 있게 한다.

TCP/IP 모듈은 IP 테이블을 통해 접속 노드의 주소와 IP 주소를 매칭하여 인터넷 연결을 지원하고, 다중통신이 가능하기 때문에 서버에 특정 명령이 전송되면 명령 수행 가능여부를 판단하여 MQTT 패키지에 맞춰 센서 노드에게 요청 메시지를 보낸다.

서버는 브로커와 사용자의 연결을 지원하여 고유의 IP 주소를 지니므로 일반 PC에서 동작이 가능하다. 또한 브로커는 연결된 노드들에 대한 정보를 서버로 전송하는 역할을 한다.

3. 대기전력 차단 시스템 설계

본 논문에서 설계한 대기전력 차단 시스템은 센서부와 클라이언트, 서버, MQTT 사용을 위한 브로커로 구성하였다. 전체 시스템 구성도는 그림 4와 같다.

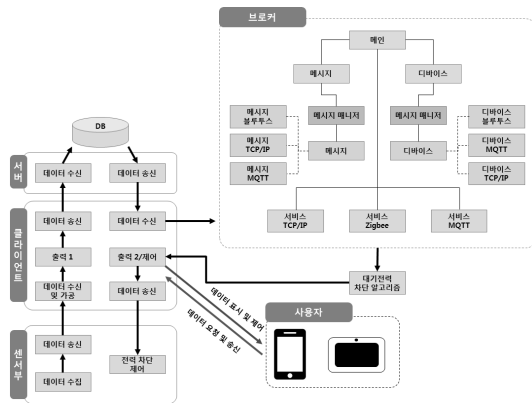


그림 4. 전체 시스템 구성도
Fig. 4. Overall System Configuration Diagram

대기전력 차단 시스템은 센서부, 클라이언트, 서버, 브로커로 구성하였으며 센서부에서는 기기의 전원 On/Off 상태, 전력량을 클라이언트로 송신한다.

클라이언트에서는 센서를 통해 수신 데이터를 가공하여 사용자에게 1차적으로 출력해주고 서버로 데이터를 송신한다.

서버에서는 수신 데이터를 DB에 저장하고 센서별 평균 종료 시간과 저장 데이터를 클라이언트로 송신하며, 서버에서 송신한 데이터를 브로커로 전송한다.

브로커에서 처리가 종료되면 대기전력 차단 알고리즘을 통해 센서의 전원 여부를 판단하며, 센서의 전원 상태가 변경될 경우 센서에 변경 값을 전송하고 다음 데이터에 변화된 센서의 데이터를 함께 수신한다.

또한 사용자가 손쉽게 대기전력 차단 시스템을 이용할 수 있도록 클라이언트와 스마트폰 등과의 소켓 통신을 통해 데이터를 송수신하여 기기 모니터링 및 제어가 가능하도록 설계하였다.

4. 대기전력 자동 차단 알고리즘 설계

본 논문에서 설계한 대기전력 자동 차단 알고리즘은 클라이언트에서 기기가 연결되면 센서 모듈을 통해 수신 데이터를 가공하고 연결된 기기의 대기전력 값을 저장하며, 최초 연결 시의 대기전력 값을 저장한다.

다음으로 센서 모듈에서 수신되는 데이터의 정보를 확인하고 센서 모듈에 연결된 기기 전원 및 현재의 상태 값을 추출한다. 대기전력 차단 알고리즘은 그림 5와 같이 설계하였다.

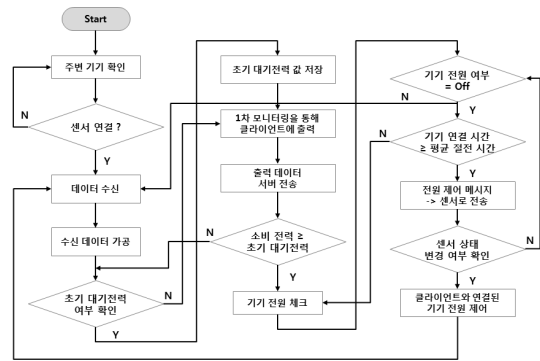


그림 5. 대기전력 차단 알고리즘
Fig. 5. Design of Standby Power Cut-off Algorithm

설계한 대기전력 자동 차단 알고리즘은 기본적으로 지속적인 반복으로 구성되어 있으며, 주변 기기들을 확인하여 센서와의 연결 여부를 확인한다.

기기와 센서가 연결된 경우 센서 모듈로부터 데이터를 수신하고, 수신 받은 데이터를 가공한다.

다음으로 연결된 센서 기기의 초기 대기전력 여부를 확인하고, 대기전력이 존재할 경우 연결된 기기의 초기 대기전력 값을 저장한다. 대기전력이 존재하지 않는다면 1차적으로 모니터링을 통해 클라이언트에 기기의 상태를 출력해준다.

이후 출력 데이터를 서버로 전송하여 시스템 DB에 저장하고, 소비 전력이 초기 대기전력보다 높은 경우 기기의 전원을 체크한다.

또한 기기 전원이 Off일 경우에는 기기 연결 시간이 평균 절전 시간보다 높은 경우 전원 제어 메시지를 연결된 센서로 전송한다.

전송한 다음 센서의 상태 변경 여부를 확인하고 클라이언트와 연결된 기기 전원 제어 및 4번째 단계인 데이터 수신 단계로 돌아가 반복적으로 수행한다.

만약 기기 전원이 On인 경우 곧바로 4번째 단계인 데이터 수신 단계로 이동하며, 센서 상태 변경 여부 확인 단계에서 센서 상태가 변경되지 않은 경우 기기 전원 여부 단계로 이동하여 다시 순차적으로 진행된다.

IV. 구현 및 테스트

1. 구현환경

본 논문에서 설계한 Zigbee-MQTT 기반 대기전력 차

단 시스템은 사용자의 참여도를 최소화하고 사용자의 기기 사용 패턴을 분석하여 대기전력 소비량에 따라 사용자에게 출력해준다. 구현환경은 표 1과 같다.

표 1. 구현환경

Table 1. Implementation Environment

구분	구성요소	기종
H/W	CPU	Intel i5-3470 3.2GHz
	Memory	16GB
	Ethernet	SMSC LAN9220 10/100Mbps Ethernet Controller
S/W	OS	Windows 8
	Language	Java, Jsp
	Platform	Eclipse Mars, JDK 1.8.0, Android Platform
Test Device		iMuz MuPad 7s

2. 서버 및 클라이언트 구현

서버에서는 클라이언트에서 수신된 데이터의 시간을 실시간으로 체크하여 DB에 저장하며, 저장 데이터를 기반으로 클라이언트에 각 기기들의 평균 종료 시간을 전송한다. 구현 화면은 그림 6과 같다.

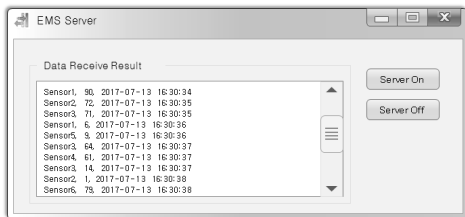


그림 6. 서버 구현 화면

Fig. 6. Server Implementation Screen

설계한 시스템의 클라이언트는 임베디드 보드로 구성되어 있으며, 센서부에서 송신되는 데이터 수집 및 소켓 통신을 통해 수집 데이터를 서버에 전송한다.

이를 위해 콘센트 스위치에 탑재된 Zigbee 센서 모듈은 상시 동작하게 하고, 임베디드 보드에 실시간으로 데이터를 전송하도록 하였다.

임베디드 보드는 수신 받은 데이터를 서버에 전송하기 전에 데이터를 가공하여 서버에 전송하고, 서버는 DB에 데이터를 저장하는 역할만 한다. 기기 모니터링 화면은 그림 7과 같다.

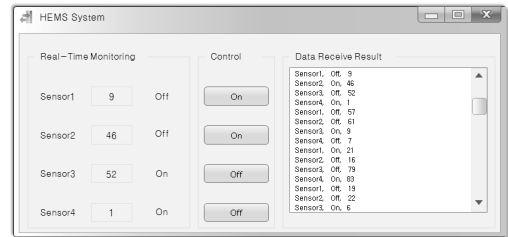


그림 7. 클라이언트 구현 화면

Fig. 7. Client Implementation Screen

3. 안드로이드 기반 차단 시스템 구현

본 논문에서 설계한 Zigbee-MQTT 기반 대기전력 차단 시스템은 그림 8와 같이 사용자의 편의를 위해 스마트폰이나 태블릿 PC를 통해 스마트 홈 환경의 대기전력을 자동 제어 및 관리할 수 있도록 하였다.

설계한 어플리케이션은 임베디드 보드와 연계하여 포트를 상시 오픈하므로 사용자는 언제, 어디서나 접속이 가능하며 임베디드 보드에 할당된 IP와 포트를 입력하여 접속한다.

임베디드 보드에 IP 주소와 포트번호가 입력되면 클라이언트는 이를 확인하고 Connect 버튼을 누르면 보드와 연결된 센서들의 현재 상태를 확인할 수 있다.

또한 기기 전원을 On/Off 시킬 수 있도록 센서마다 버튼이 위치해 있다. 구현한 앱은 그림 8과 같다.

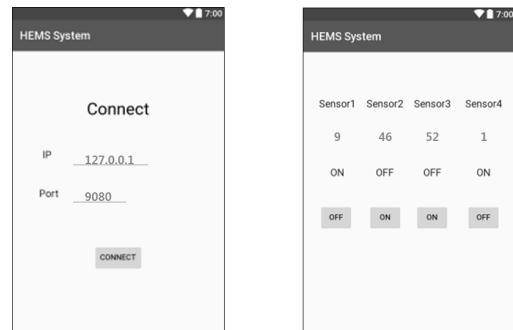


그림 8. 앱 구현 화면

Fig. 8. App Implementation Screen

4. 테스트 및 평가

본 논문에서 구현한 Zigbee-MQTT 기반 대기전력 차단 시스템을 평가하기 위해 각 제조사에서 제시하는 대기전력 소모량과 통계청에서 조사한 평균 대기시간을 기준으로 평가를 진행하였다.

평가 항목은 스마트 홈을 비롯해 일반 가정에서도 쉽게 볼 수 있는 가전기기를 중심으로 선정하였다. 평가 데이터 및 대기전력량은 표 2와 같다.

표 2. 평가 데이터 및 대기전력량
Table 2. Evaluation Data and Standby Power

구분	대기전력 (W)	대기전력량 (Wh)	사용시간 (h)
냉장고	7.9	146.94	5.4
TV	3.7	71.78	4.6
에어컨	7.1	140.58	4.2
선풍기	1.2	20.04	7.3
전자레인지	3.4	77.18	1.3
전기밥솥	16.7	312.29	5.3
PC	4.3	89.44	3.2
셋톱박스	11.8	215.94	5.7
평균	7.01	134.27	4.63

또한 기존 시스템과의 비교를 위해 IEEE 802.15.4az EEE를 적용한 시스템과 비교평가를 진행하였다. 비교평가 결과는 표 3과 같다.

표 3. 비교평가 결과
Table 3. Results of Comparative Evaluation

구분	적용기술	
	EEE (Wh)	Zigbee-MQTT (Wh)
냉장고	146.8	142.8
TV	64.0	61.9
에어컨	124.7	117.2
선풍기	12.5	11.3
전자레인지	61.2	59.7
전기밥솥	327.1	310.8
PC	60.7	54.3
셋톱박스	220.5	212.4
평균	127.19	121.3

기존 IEEE 802.15.4az EEE를 적용한 대기전력 차단 시스템과 제안 시스템을 평가한 결과 기존 시스템 대비 평균 약 5.89Wh의 대기전력 차단율이 향상된 것을 확인하였다. 이를 월별로 계산하면 평균 약 176.7Wh의 대기전력이 차단되며, 연간 약 2.150KWh의 대기전력 소비 저하가 가능하다고 할 수 있다.

V. 결 론

최근 IoT 기술의 발전 및 상용화로 인해 스마트 홈과

같은 다양한 서비스가 증가하면서 스마트 가전기기들의 전력 사용에 대한 관심이 증가하고 있다.

특히 기기를 사용하지 않는 동안 발생하는 대기전력 소비량이 전체 에너지의 약 11%로 나타나면서 대기전력 소비량에 대한 문제점이 제시되고 있다.

그러나 실제로 대기전력을 차단하기 위해서는 물리적으로 플러그를 뽑아야한다는 문제점이 있을 뿐만 아니라 기기 사용 패턴을 알 수 없기 때문에 대기전력을 소비량을 알지 못한다는 문제점이 있다.

따라서 본 논문에서는 Zigbee와 IoT 표준 프로토콜인 MQTT를 이용하여 IoT 기기와 상호호환성을 향상시키고 사용자의 전력 소비 패턴을 분석할 수 있는 시스템을 설계 및 구현하였다.

구현한 시스템의 성능을 평가하기 위해 기존 대기전력 차단 시스템과 비교평가를 진행하였으며, 동일한 항목과 환경에서의 시뮬레이션을 통해 대기전력 차단율을 평가하였다.

평가 결과 기존 시스템에 비해 대기전력 차단율이 평균 약 5.89Wh 향상된 것을 확인하였다.

본 연구는 지속적으로 증가하고 있는 센서와 무선 네트워크에 적용이 가능하며, 매년 증가하는 대기전력 소비량을 낮출 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] Suk-II Hong, Kwang-Soon Choi, Ji-Man Hong, "Design of Power Management System Supporting Automatic Detection and Cutoff of Standby Power for Enhancing User Convenience," Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 19, No. 6, pp. 27-35, June, 2014.
DOI : [http:// dx.doi.org/10.9708/jksci.2014.19.6.027](http://dx.doi.org/10.9708/jksci.2014.19.6.027)
- [2] Eung-Nam Ko, "An Error Detection and Recovery System for Multimedia Distance Education based on IP-USN," Proceeding of Korean Institute of Information Technology, June, 2009.
DOI : [http:// www.dbpia.co.kr/Article/NODE01211452](http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE01211452)
- [3] Geun-Hyung Park, You-Jin Kang, Ji-Ho Youn, Jung-Joon Kim, Byung-In Moon, Joon-Young Yun, "Zigbee Smartplug System for Standby

Power Cutoff,” Proceeding of Symposium of the Korean Institute of Communications and Information Sciences, pp. 392-393, Nov, 2015.

DOI : <http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE06564727>

- [4] Shin-Ho Lee, Hyeon-Woo Kim, Hong-Taek Ju, “Design of the High-Level Architecture of Mobile Integration SNS Gateway and the MQTT Based Push Notification Protocol,” Journal of the Korean Institute of Communication Sciences, Vol. 38, No. 5, pp. 344-354, May, 2013.

DOI : <http://dx.doi.org/10.7840/kics.2013.38B.5.344>

- [5] Hun Jung, “Study on the MQTT Protocol Design for the Application of the Real-Time HVAC System,” Journal of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 8, No. 1, pp. 65-72, Feb, 2016.
DOI : <http://dx.doi.org/10.7236/IJIBC.2016.8.1.65>

- [6] Sang-Hyun Kim, Dong-Hwi Kim, Hyeung-Seok Oh, Hyun-Sig Jeon, Hyun-Ju Park, “The Data Collection Solution Based on MQTT for Stable IoT Platforms,” Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 20, No. 4, pp. 728-738, Apr, 2016.

DOI : <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2016.20.4.728>

- [7] Seong-Cheol Kang, Jin Seek Choi, “Design and Implementation of Realtime Demand and Response Gateway in Smart Home Based on MQTT,” Proceeding of Symposium of the Korean Institute of Communications and Information Sciences, pp. 60-61, June, 2016.

DOI : <http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE06740003>

- [8] Jong-Hee Lee, Jun-Ho Bang, Hyun-Jun, Chun, Beom-Geun Seo, In-Ho Ryu, “ICT based Wireless Power Transmission System Development,” Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 17, No. 5, pp. 67-73, May, 2016.

DOI : <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.5.67>

저자 소개

장 영 환(준회원)



- 2015 ~ 현재 : 가천대학교 IT융합공학과 석사과정
<주관심분야 : 네트워크, IoT, 대기전력, Zigbee, MQTT>

양 승 수(준회원)



- 2015 ~ 현재 : 가천대학교 IT융합공학과 박사과정
<주관심분야 : IoT, 네트워크, 프로토콜, 전력 관리>

박 석 천(정회원)



- 1989 : 고려대학교 일반대학원 컴퓨터공학
- 1988 ~ 현재 : Dept. of Computer Engineering, Gachon University
<주관심분야 : 네트워크, IoT, 프로토콜, 스마트 홈>

※ 이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2015R1D1A1A01060184)