

MQTT 프로토콜 기반의 사물인터넷 메이커 키트 구현

권동현¹ · 임지용¹ · 허성욱¹ · 김관형¹ · 오암석^{2*}

Implementation of Internet of Things Maker Kit Based on MQTT Protocol

Dong-hyeon Kwon¹ · Ji-yong Lim¹ · Sung-uk Heo¹ · Gwan-Hyung Kim¹ · Am-suk Oh^{2*}

¹Department of Computer Engineering, Tongmyong University, Busan 48520, Korea

²Department of Media Engineering, Tongmyong University, Busan 48520, Korea

요 약

언제 어디서나 인터넷에 접속 할 수 있는 유비쿼터스 패러다임이 확대 되면서 다양한 기기가 인터넷에 연결되는 사물인터넷에 대한 기대와 관심이 높아지고 있다. 사물인터넷에 대한 관심이 높아지면서 더불어 오픈소스 하드웨어에 대한 관심도 높아지고 있다. 이로 인해 최근 거대한 생산 장비를 보유하지 않은 일반인이 디지털 제작 도구를 활용하여 생각했던 제품을 실제로 만드는 창작자인 메이커가 새로운 트렌트로 부상하고 있다. 이러한 메이커들이 제품을 만드는 방법을 공유하면서 오픈소스 제조업 운동인 '메이커 운동'이 확산되었다. 국내의 경우에도 정부의 정책적 지원을 통해 메이커 운동이 활성화 되고 있는 추세이다. 하지만 선진국에 비해 메이커 문화에 대한 인식과 환경이 미비하고, 메이커를 위한 특화된 교육/개발용 장비나 키트 없이 오픈 플랫폼 하드웨어와 소프트웨어만을 이용하는 실정이다.

ABSTRACT

As the ubiquitous paradigm that allows users to access the Internet anytime and anywhere is expanding, the expectation and interest of the Internet is increasing. As interest in the Internet has increased, interest in open source hardware has also increased. As a result, the maker, who is a creator who actually uses the digital production tools to create a product that he thought, is emerging as a new trend. As these makers shared how to make products, the 'maker movement', an open source manufacturing movement, spread. In the case of the domestic market, the government's policy support is also stimulating the maker movement. However, compared to developed countries, there is not enough awareness and environment of maker culture, and only open platform hardware and software are used without special education / development equipment or kit for maker.

키워드 : 사물인터넷, MQTT, 아두이노, 메이커

Key word : Internet of Things, MQTT, Arduino, Maker

Received 29 October 2017, Revised 04 November 2017, Accepted 07 November 2017

* Corresponding Author Am-Suk Oh(E-mail:asoh@tu.ac.kr, Tel:+82-51-629-1211)

Department of Media Engineering, Tongmyong University, Busan, 48520, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.11.2145>

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. 서 론

최근 거대한 장비를 보유하지 않은 일반인이 디지털 제작 도구를 활용하여 생각했던 제품을 실제로 만드는 창작자인 메이커가 새로운 트렌트로 부상하면서 메이커들이 제품을 만드는 방법을 공유하는 오픈소스 제조업 운동인 ‘메이커 운동’이 확산되었다. 이로 인해 최근 우리나라 정부도 메이커 스페이스 설립과 사물인터넷 DIY 교육과 보급을 위한 다양한 정책적 지원을 확대하고 있으나 단순히 메이커 스페이스 설립/운영 위주로 편중되어 낮은 접근성과 전문인력 부족 등 문제점으로 인해 메이커 문화의 활성화가 미비한 실정이다[1-3]. 따라서 본 논문에서는 메이커를 위한 아두이노 기반의 실질적인 서비스 연동을 위한 MQTT 프로토콜을 활용한 사물인터넷 메이커 키트와 사물인터넷 플랫폼 서버, 메이커 클라이언트를 설계 및 구현한다.

II. 설 계

본장에서는 아두이노 기반의 사물인터넷 메이커 보드와 MQTT 프로토콜 기반의 사물인터넷 플랫폼 서버와 사물인터넷 메이커 클라이언트 라이브러리를 설계한다[4,5].

2.1. 사물인터넷 메이커 보드 설계

사물인터넷 메이커 보드는 오픈 플랫폼 하드웨어 중 가장 일반적으로 아두이노 기반으로 설계되며, 인터넷 프로토콜과 블루투스 통신을 지원하는 Communication Module, 각종 센서와 액츄에이터를 연결하기 위한 Interface Module로 구성된다. 사물인터넷 메이커 보드의 구성은 그림 1과 같다.

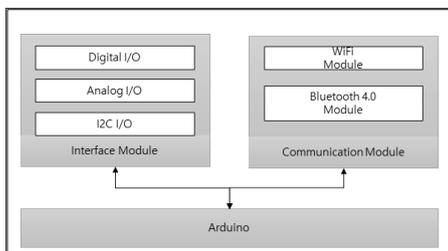


Fig. 1 Maker Board Block Diagram

Communication Module은 WiFi 모듈, 블루투스 모듈로 구성된다. WiFi 모듈은 인터넷을 통한 데이터 교환을 위해 IEEE802.11 b/g/n 프로토콜을 지원하는 ESP8266으로 구성된다. Bluetooth 모듈은 적은 용량의 배터리 사용 및 작은 데이터를 전송하는 임베디드 분야에 적용을 위해 저전력 Bluetooth 버전인 Bluetooth 4.0(CC2541)으로 구성하였다. Communication Module의 WiFi 모듈 동작 알고리즘은 그림2와 같다.

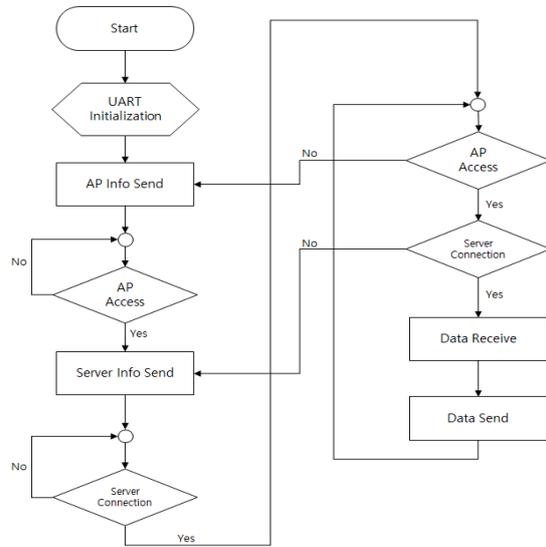


Fig. 2 WiFi Module Algorithm

사물인터넷 메이커 보드의 WiFi 모듈은 아두이노와 통신을 위해 UART통신을 사용하며, WiFi 모듈을 이용하여 TCP/IP, UDP, HTTP 프로토콜을 지원한다. WiFi 모듈의 동작방식은 다음과 같다.

1. 아두이노에 전원이 인가 될 경우 WiFi 모듈과 통신을 위해 WiFi 모듈의 baudRate에 맞춰 UART 통신을 초기화 한다.
2. 아두이노와 WiFi 모듈 baudRate에 의해 정상적으로 UART 통신이 연결되면 인터넷에 접속을 위해 AP 장치의 정보를 WiFi 모듈로 전송한다.
3. AP 장치에 대한 정보를 전송 받은 WiFi 모듈은 정보를 토대로 해당 AP에 접속을 시도하며 접속 여부를 아두이노로 전송한다.
4. WiFi 모듈이 AP 장치에 접속 된 경우 접속하고자 하

는 Server 정보를 WiFi 모듈로 전송하고 WiFi 모듈은 수신한 정보를 토대로 통신 프로토콜에 맞춰 Server에 접속을 시도한다.

- WiFi 모듈이 Server에 접속되면 루프를 통해 AP장치와 Server 접속 여부를 확인하여 접속이 끊어진 경우 이전에 수신한 정보를 토대로 AP장치와 Server에 재접속한다. 접속이 유지되고 있는 경우에는 지속적으로 메시지를 송수신한다.

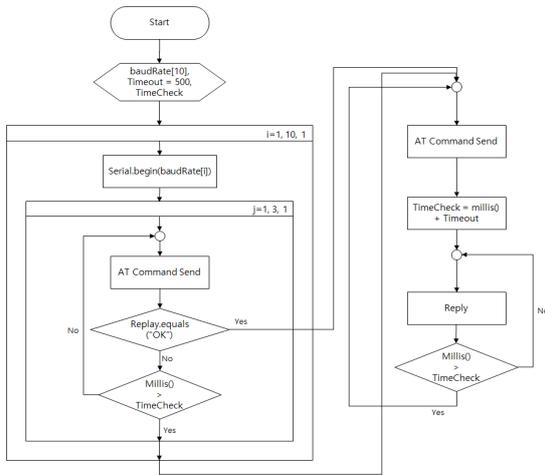


Fig. 3 Bluetooth Module Algorithm

그림 3은 Communication Module의 Bluetooth 모듈 동작 알고리즘으로 Bluetooth 모듈은 아두이노와 통신을 위해 UART 통신을 사용하며, Bluetooth 통신을 이용하여 Bluetooth 1.0부터 2.1로 이어져온 기존의 블루투스 기술인 클래식과 Beacon 기능을 지원한다. Bluetooth 모듈의 동작 방식은 다음과 같다.

- 블루투스 모듈과 UART 통신 연결을 위해 배열에 블루투스에서 지원하는 baudRate를 초기화한다.
- baudRate 배열의 값에 순차적으로 접근하여 아두이노 모듈의 UART 통신을 초기화하고, AT Command를 전송하여 응답을 확인한다. OK 문자열이 수신되지 않을 경우 사전에 지정해놓은 Timeout과 시간을 비교하여 수신을 대기한다. Timeout 시간이 경과된 경우 3회에 걸쳐 AT Command를 재전송하고 다음 배열값으로 UART 통신을 초기화 한다.
- AT Command 전송 후 OK 문자열을 수신하여 아두

이노와 블루투스 모듈이 정상적으로 UART 통신이 연결되면 블루투스 모듈을 제어하기 위해 AT Command를 전송하고 Timeout 동안 블루투스 응답을 대기하는 과정을 반복해서 진행한다.

2.2. 사물인터넷 플랫폼 서버 설계

본 논문에서 제안하는 사물인터넷 플랫폼 서버는 사물인터넷 메이커 보드와 Publish/Subscribe를 중계하기 위한 MQTT Broker와 클라이언트에게 IoT 서비스 기능을 제공하기 위한 서비스 서버로 구성된다. 특히, 서비스 서버는 웹 소켓을 기반으로 사물인터넷 메이커 보드와 클라이언트 간 메시지 교환을 위한 주요 요소로 작용한다[6, 7].

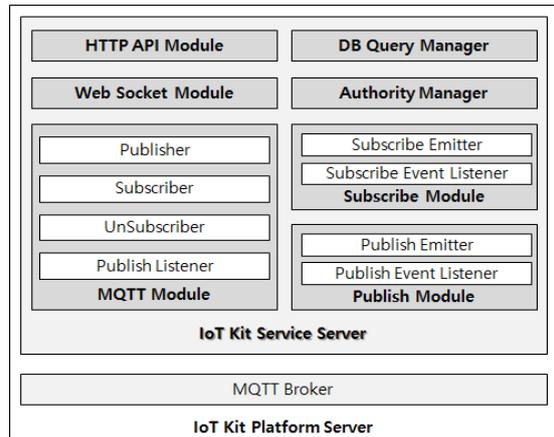


Fig. 4 IoT Platform Server Module Diagram

그림 4는 본 논문에서 설계한 사물인터넷 플랫폼의 서비스 서버 모듈 구성도이다.

MQTT Module은 MQTT Broker와 연계되어 메시지를 송수신하기 위한 통신 모듈로써 Broker를 통해 사물인터넷 메이커 보드로부터 Publish된 메시지를 수신하거나 클라이언트의 요청에 따라 Publish/Subscribe 정보를 Broker로 전송한다.

Publish Module은 사물인터넷 플랫폼과 클라이언트 간 Publish 기능을 제공하기 위한 모듈로써 이벤트 리스너를 통해 수신된 정보를 검수하여 MQTT Module로 해당 Topic에 대한 Publish를 요청하며 기능의 수행 결과를 이벤트를 통해 클라이언트로 응답한다.

Subscribe Module은 클라이언트로 Subscribe 기능을

제공하기 위한 모듈로써 클라이언트의 Subscribe 기능을 제공하기 위한 모듈로써 클라이언트의 Subscribe 요청 시 Publish Module과 같이 이벤트를 통해 특정 Topic에 대한 Subscribe를 진행하고 Topic 정보를 클라이언트 소켓 Room에 조인시킨다. 또한, MQTT Module로부터 소켓 Room에 포함된 Topic에 대한 Publish 메시지가 수신되면 수신 이벤트를 발생시켜 해당 클라이언트로 메시지를 전송한다.

Authority Manager는 사용자 권한을 생성 검수하기 위한 모듈로써 클라이언트의 Publish, Subscribe 등의 기능 수행 요청 시 함께 수신되는 Token 및 Topic 정보를 획득하여 올바른 정보인지를 판단하거나 권한 요청 시 Token을 생성하여 클라이언트로 전송한다.

Web Socket Module은 클라이언트와의 소켓 연결을 관리하는 모듈로써 연결 상태를 이벤트를 통해 클라이언트로 전송하며 HTTP API Module은 사용자 정보 관리를 위한 모듈로써 정의된 URL에 따라 전달되는 파라미터 데이터를 추출하고 해당 정보를 DB Query Manager를 통해 데이터베이스에 저장/수정/삭제 한다.

이처럼 본 논문에서 설계한 사물인터넷 플랫폼 서버의 기능 모듈을 통해 이루어지는 Subscribe와 Publish 메시지 교환 프로세싱은 그림5와 같다.

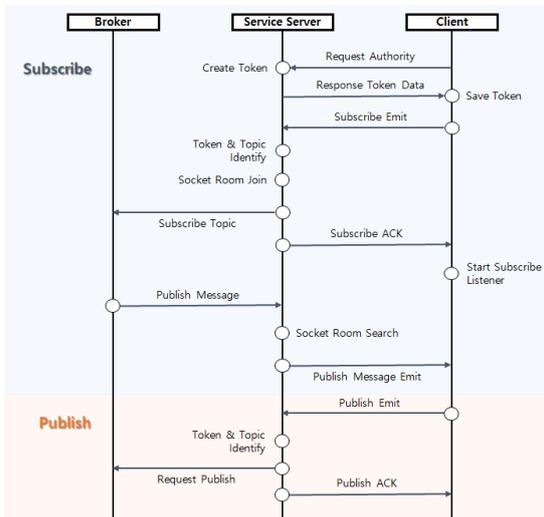


Fig. 5 IoT Platform Server Message Processing

메시지 교환 프로세싱은 클라이언트가 플랫폼 서버로 인증을 요청하면 플랫폼 서버에서는 토큰을 생성하

여 클라이언트로 토큰 데이터를 리스폰해주고 클라이언트에서는 토큰 데이터를 수신하여 데이터를 저장한다. 인증이 완료된 후 클라이언트가 서버로 Subscribe를 요청할 때 토큰 데이터와 Subscrib Topic을 전송한다. 서버는 서버에 등록되어 있는 Topic과 토큰데이터를 확인하고 Socket Room에 조인시킨 후 Broker로 Subscribe를 등록하고 정상적으로 등록이 완료될 경우 클라이언트로 응답을 전송한다. 완료 응답을 전송받은 클라이언트는 Subscribe Listener를 통해 Borker로부터 Publish 되는 데이터를 수신하게 되고 서버는 Broker로부터 Publish되어 오는 데이터를 Socket Room에서 Search하며 클라이언트로 전송한다. 또한 클라이언트가 Publish를 요청할 경우에도 Subscribe와 같이 Topic, 토큰 데이터와 함께 데이터를 전송하고 서버에서 인증 후 Publish 성공 여부를 클라이언트로 전송한다.

2.3. 사물인터넷 메이커 클라이언트 라이브러리

본 논문에서는 사물인터넷 플랫폼 서버와 클라이언트 간 특정 Topic에 대한 Publish/Subscribe를 제공하기 위해 웹 소켓을 활용한다[8].

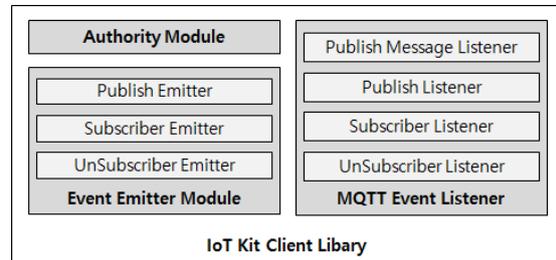


Fig. 6 IoT Macker Client Module Diagram

그림 6은 사물인터넷 플랫폼 서버를 기반으로 클라이언트 환경에서 Publish/Subscribe를 지원하기 위한 라이브러리의 모듈 구성도이다.

Authority Module은 사물인터넷 플랫폼 서버로 사용자 권한을 획득하기 위한 모듈로 권한 요청 후 수신되는 Token 정보를 리소스로 저장한다.

Event Emitter Module은 소켓 이벤트를 통해 사물인터넷 플랫폼 서버로 MQTT 기능을 요청하는 이벤트 생성 모듈로써 사용자 설정 정보를 조합하고 Topic을 생성하여 서버로 Subscribe 또는 Publish 이벤트를 발생시킨다.

MQTT Event Listener는 서비스 서버에서 발생하는 MQTT 소켓 이벤트를 수신받기 위한 리스너로써 클라이언트에서 요청한 Subscribe 또는 Publish에 대한 서버의 수행 결과를 수신하거나 서버를 통해 Publish 되는 사물인터넷 메이커 보드의 메시지를 수신한다.

III. 구현 및 성능 검증

본 장에서는 앞서 설계한 내용을 바탕으로 아두이노 기반의 사물인터넷 메이커 보드를 구현하였으며 사물인터넷 플랫폼 서버는 IoT 디바이스 표준 프로토콜인 MQTT 프로토콜을 지원하기 위해 MQTT Broker로 Mosquitto를 서버 내부에서 구성하고 Nodejs를 기반으로 서비스 서버를 구현하였다. 또한 안드로이드를 대상으로 Server-client 간 IoT 서비스를 제공하기 위한 Java 기반의 사물인터넷 메이커 클라이언트 라이브러리를 구현하였다. 제안한 사물인터넷 플랫폼의 성능을 검증하기 위해 사물인터넷 기반 스마트 홈서비스를 구축하였다.

3.1. 사물인터넷 메이커 보드 구현

본 논문에서 구현한 사물인터넷 키트는 기능들을 라이브러리로 제작하였으며, 동작 상태 및 데이터 수신은 UART를 통해 시리얼 모니터로 확인한다.



Fig. 7 WiFi Module AP Connected

그림 7은 WiFi 모듈이 AP연결 여부를 확인하는 화면으로 WiFi 모듈이 정상적으로 AP장치와 연결될 경우 WiFi 모듈의 Local IP를 아두이노로 전송하여 시리얼 모니터에 출력한다.



Fig. 8 WiFi Module MQTT

그림 8은 WiFi 모듈이 MQTT 프로토콜을 이용하여 MQTT Broker인 Mosquitto로부터 메시지를 수신한 화면이다. 자체 서버를 통해 디바이스 ID와 메시지를 전송하면 아두이노에서 메시지를 파싱하여 시리얼 모니터로 출력해 준다.



Fig. 9 WiFi Module UDP

그림 9은 WiFi 모듈이 UDP 프로토콜을 이용하여 메시지를 수신한 화면이다. 메시지를 수신할 경우 메시지를 송신한 디바이스의 IP와 Port, 메시지를 함께 시리얼 모니터로 출력한다.

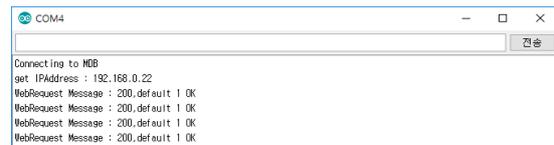


Fig. 10 WiFi Module Request

그림 10은 WiFi 모듈이 HTTP 프로토콜을 이용하여 Request 실행한 화면이다. 사물인터넷 키트를 통해 Request할 경우 Request 상태코드와 수신된 메시지를 시리얼 모니터에 출력한다.

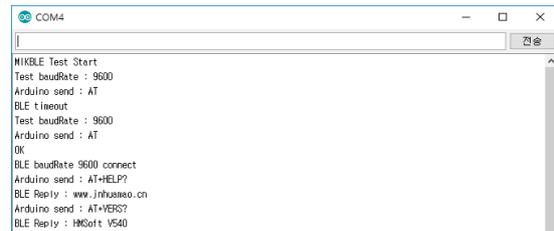


Fig. 11 Bluetooth Module AT Command

그림 11은 Bluetooth를 모듈을 제어하기 위해 AT 명령어를 라이브러리화 하여 Bluetooth 모듈의 동작을 테스트한 화면으로 Bluetooth 모듈에 AT 명령어를 전달하여 Bluetooth 모듈의 설정상태를 수신한다.

3.2. 사물인터넷 플랫폼 서버 구현

본 논문에서 구현하는 사물인터넷 플랫폼은 MQTT 프로토콜과 HTTP 프로토콜을 이용하였으며, 클라이언트와 디바이스간 통신을 위해 Nodejs로 구축하였다.

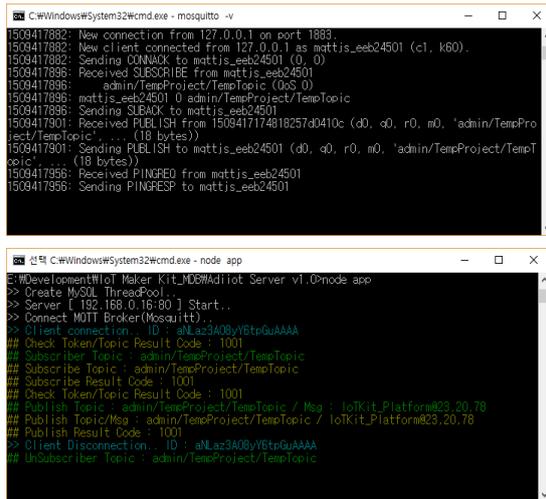


Fig. 12 IoT Platform Server Publish/Subscribe Log

그림 12은 사물인터넷 플랫폼 서버의 Publish/Subscribe 동작 시 출력되는 Mosquitto와 서비스 서버의 콘솔 로그 화면으로 클라이언트가 Web Socket을 통해 서버에 접속하여 Subscribe를 요청하면 서버에서는 토큰과 토픽 정보를 확인하고 Mosquitto로 Subscribe 정보를 전송하며 Mosquitto에서는 해당 토픽에 대한 Subscribe를 수신하고 SUBBACK를 서비스 서버로 전송하는 것을 확인할 수 있다. 또한 디바이스로부터 해당 토픽에 대한 Publish 수신시 Mosquitto는 서비스 서버로 수신 메시지를 전송하고 서비스 서버에서는 해당 정보를 확인하여 Subscribe 클라이언트로 메시지를 전송하는 것을 확인할 수 있다.

3.3. 성능 검증

본 논문에서 구현한 사물인터넷 키트의 성능 검증을 위해 메이커 키트를 활용하여 스마트 홈을 구축하였다.

그림 13은 사물인터넷 메이커 클라이언트 라이브러리를 기반으로 온 습도 및 조도 센서를 통해 측정된 정보를 모니터링 하는 스마트 홈 서비스 애플리케이션의 로그 및 구현화면으로 이벤트 리스너를 통해 사용자 권

한 획득 및 Subscribe 요청에 대한 응답 코드에 따라 기능의 동작 여부를 확인하고 이후 Subscribe한 토픽에 대한 Publish 메시지를 수신하여 측정된 온 습도 및 조도를 출력함으로써 실내 환경의 모니터링에 대한 사물인터넷 기능을 제공하는 것을 확인할 수 있다.

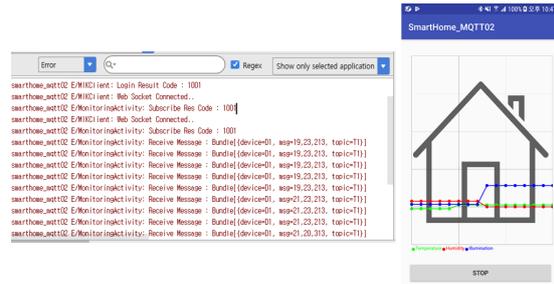


Fig. 13 IoT SmartHome APP Log

IV. 결론

본 논문에서는 메이커를 위한 아두이노 기반의 실질적인 서비스 연동이 가능한 사물인터넷 메이커 보드와 사물인터넷 플랫폼 서버, 메이커 클라이언트를 설계 및 구현하였다. 구현된 사물인터넷 메이커 보드는 WiFi 모듈과 Bluetooth 모듈을 사용하기 위한 펌웨어를 라이브러리화 하여 하드웨어적 개념을 알지 못하는 소프트웨어 개발자 또한 디바이스에 센서 및 액추에이터를 연결하여 사물인터넷 서비스를 연동할 수 있도록 구현하였다. 또한 안드로이드와 C# 라이브러리를 통해 사물인터넷 플랫폼 서버를 쉽게 활용할 수 있도록 구현되었다. 이로 인해 단순한 프로그래밍 교육뿐만 아니라 소프트웨어, 하드웨어 개발자 구분 없이 사물인터넷 서비스 구현이 가능할 것으로 예상된다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work (Grants No.C0532892) was supported by Business for Academic-industrial Cooperative establishments funded Korea Small and Medium Business Administration in 2017.

REFERENCES

- [1] S. Y. Kim, Y. J. Jung and Y. S. Hwang “A Study on the Composition and Characteristic of Maker Space,” *Journal of the Korean Institute of Interior Design*, vol. 2016, no. 5, pp. 203-206, May 2016.
- [2] J. H. Ham, S. Y. Lee and H. J. Kim, “Standardization for building ICT DIY policy and maker ecosystem,” *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, vol. 33, no. 1, pp. 5-10, Dec. 2015.
- [3] J. S. Kim, “Study on SW Education and STEAM Education using Arduino for Technology Subject,” *The Korean Journal of Technology Education*, vol. 15, no. 1, pp. 22-46, Apr. 2015.
- [4] S. H. Kim, D. H. Kim, H. S. Oh, H. S. Jeon and H. J. 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.
- [5] S. H. Shim and H. B. Kim, “Internet of Things and MQTT Technology,” *Journal of the Korea Institute Of Information Security And Cryptology*, vol. 24, no. 6, pp. 37-47, Dec. 2014.
- [6] S. Y. Kim, Y. J. Jung and Y. S. Hwang “Real-time and Parallel Semantic Translation Technique for Large-Scale Streaming Sensor Data in an IoT Environment,” *Journal of Korea Information Science Society*, vol. 42, no. 1, pp. 54-67, Jan. 2015.
- [7] D. H. Kim and J. Kwak, “Design of Improved Authentication Protocol for Sensor Networks in IoT Environment,” *Journal of the Korea Institute of Information Security & Cryptology*, vol. 25, no. 2, pp. 467-478, Apr. 2015.
- [8] S. H. Kim, J. H. Lee, C. S. Oh, H. S. Oh, D. H. Kim and H. J. Park, “The Design of IoT Platform Using MQTT Protocol and Web Socket,” *Communications of the Korean Institute of Information Scientists Engineers*, vol. 2015, no. 12, pp. 425-427, Dec. 2015.



권동현(Dong-Hyun Kwon)

2016년 동명대학교 미디어공학과 공학사
 현재: 동명대학교 컴퓨터미디어공학과 공학석사 과정
 ※관심분야 : 사물인터넷, 데이터베이스, 헬스케어시스템



임지용(Ji-Yong Lim)

2014년 동명대학교 미디어공학과 공학사
 2016년 동명대학교 컴퓨터미디어공학과 공학석사
 현재: 동명대학교 컴퓨터미디어공학과 공학박사 과정
 ※관심분야 : 사물인터넷, 데이터베이스, 헬스케어시스템



허성욱(Sung-Uk Heo)

2013년 동명대학교 미디어공학과 공학사
 2015년 동명대학교 컴퓨터미디어공학과 공학석사
 현재: 동명대학교 컴퓨터미디어공학과 공학박사 과정
 ※관심분야 : 사물인터넷, 데이터베이스, 헬스케어시스템



김관형(Gwan-Hyung Kim)

2000년 동명대학교 컴퓨터공학과 전임강사
2011년~현재 동명대학교 컴퓨터공학과 조교수
※ 관심분야 : 인공지능, 임베디드시스템 설계, 제어공학



오암석(Am-Suk Oh)

1997년 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사
1987년~1990년: LG연구소 연구원
현재: 동명대학교 미디어공학과 교수
※ 관심분야 : DB, 빅데이터, 사물인터넷, 헬스케어시스템, 의료정보시스템