

IoT 센서 시험 운용 시스템 설계 및 구현

A Design and Implementation of Testing and Management System for IoT Sensors

채성윤*, 박진희**

Sung-Yoon Chae*, Jinhee Park**

요약 IoT 기술이 발전하면서 주변 환경 정보 수집을 위해 사용 가능한 센서는 종류와 수가 급격히 증가하고 있다. 센서의 종류가 늘어나면서 IoT 제품 및 서비스를 개발하기 위해 적합한 센서 노드를 선정하고 테스트하기 위한 효율적인 시스템의 필요성이 증가하고 있다. 본 연구에서는 IoT 서비스 및 제품 개발 기간 단축을 위한 센서 시험 운용 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 IoT 센서 노드의 성능 및 기능 범위를 시험하여 제품 및 서비스의 빠른 프로토타이핑에 활용된다. 이를 위해 IoT 센서 시험 운용 시스템의 요구사항을 분석하고, 기능 요소별 설계를 기반으로 시스템을 설계한다. 마지막으로 시험 어플리케이션을 구현하여 설계한 시스템의 기능 요소를 테스트한다.

Abstract The IoT technology and sensors used for collecting the environment information has rapidly increased the number and type. With the increasing need for this type of sensor effective system for selecting and testing the sensor nodes for the IoT to develop products and services. In this study, we design and implement IoT sensor testing system for IoT service and product. In order to support rapid prototyping, the proposed system provides testing and management tools for IoT sensor nodes. We analyze the requirements of the proposed system and design the system based on the functional component-specific design. Finally, we implement testing application to verify the functional elements of the proposed system.

Key Words : IoT sensor, requirement analysis, software architecture, testing system

1. 서 론

최근의 IoT 기술의 발전과 관심의 증가로 다양한 관련 제품이 개발되고 있다^[1]. 특히 oneM2M^[2], AllJoyn 프레임워크^[3] 등의 IoT 표준 플랫폼이 보편화됨에 따라 IoT 기반 기술이 활용되는 제품의 개발이 활발해지고 있다^[13-14].

주변 환경 정보를 수집하여 활용하는 IoT 제품 및 서비스의 경우, 개발 목표에 적합한 센서를 선택하고, 기능 범위 및 성능을 파악하는 것은 개발 초기 단계에 반드시

이루어지는 과정이다. 하지만 IoT 센서는 그 종류가 많고, 센서를 활용한 서비스 개발 시 설정 및 동작 확인 과정을 개별적으로 수행할 경우 개발자의 시간과 노력이 많이 소모된다. 따라서, IoT 센서의 기본 모니터링 기능과 입출력에 따른 반응을 시험할 수 있는 공통된 형태의 프로토콜을 지원하는 시스템의 필요성이 커지고 있다.

본 논문에서는 IoT 제품 및 서비스를 개발 단계 중 프로토타이핑 및 테스트 단계를 빠르게 수행하기 위한 IoT 센서 시험 운용 시스템의 소프트웨어 아키텍처를 제시한다. 시스템의 소프트웨어 아키텍처는 전체 구조를 컴포

*준회원, 전자부품연구원 연구원

**정회원, 전자부품연구원 책임연구원

접수일자 : 2016년 9월 1일, 수정완료 : 2016년 10월 1일

게재확정일자 : 2016년 10월 7일

Received: 1 September, 2016 / Revised: 1 October, 2016 /

Accepted: 7 October, 2016

*Corresponding Author: unichae@keti.re.kr

Energy IT Convergence Research Center, KETI, Korea

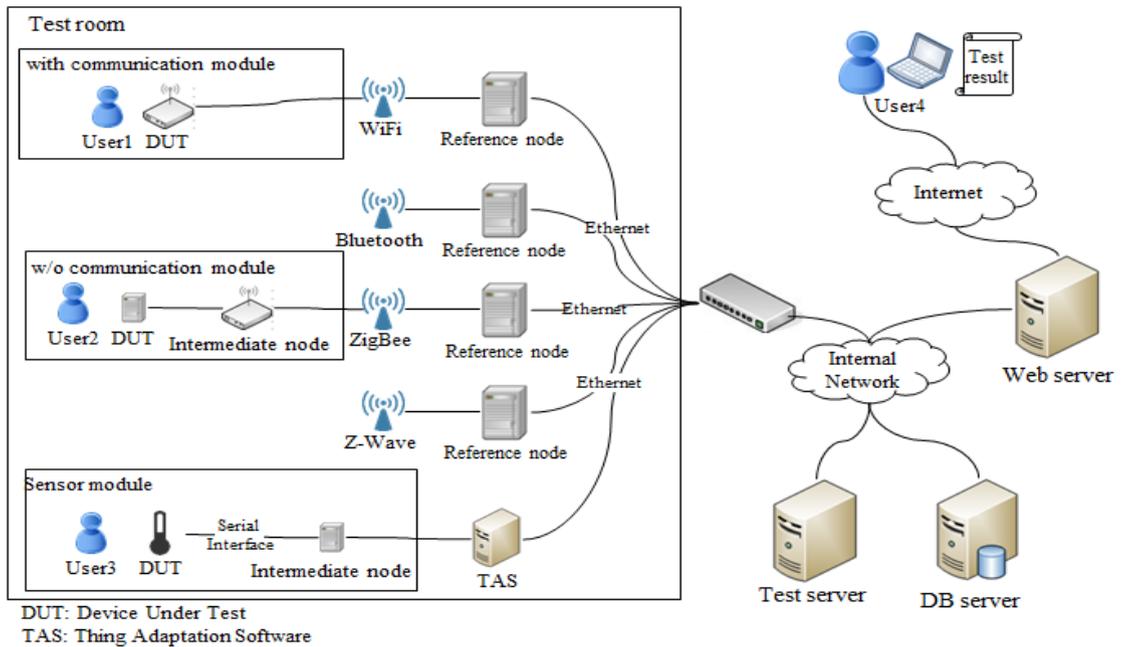


그림 1. IoT 센서 시험 운용 시스템 개념도
Fig. 1. Conceptual View of IoT Sensor Testing System

넌트, 컴포넌트 간 상관관계, 시스템 컨트롤 요소 및 설계 요소에 대한 원리 및 가이드 집합으로 구성한다^[4]. 제안한 시험 운용 시스템은 IoT 서비스 및 제품 개발을 위한 반복적인 작업을 최소화하고 전체 개발 기간을 단축시킬 수 있는 장점이 있다.

또한, 제안하는 IoT 센서 시험 운용 시스템은 센서의 센싱 값을 데이터베이스에 저장하거나 정상적인 동작을 여부를 체크하는 기능을 수행한다. 개발하고자 하는 IoT 제품 및 서비스를 위해 다양한 후보 모델 중에 가격, 크기, 정확도 등을 고려하여 IoT 센서를 선택한다.

또한, 센서를 시험하기 위한 필요한 초기화 및 환경 설정 과정 등의 공통적인 부분은 변경하지 않고, 개별적인 부분은 플러그인 형식의 프로그램으로 대체하는 방식으로 설계되어야 한다. 확장성있는 센서 동작 관리 및 시험 운용을 위해서 공통적인 메시지 프로토콜을 정의할 필요가 있다.

본 논문의 구성을 다음과 같다. 2장은 관련연구를 기술하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 IoT 센서 시험 운용 시스템에 대해 자세하게 기술한다. 4장에서는 시스템 구현에 대해 기술하고, 마지막 5장에서는 결론 및 향후 연구에 대해서 기술한다.

II. 관련 연구

1. 미들웨어 시스템

미들웨어를 통해 센서 노드와 서버와의 표준화된 연계 시스템을 구성한 기존 연구에서는 센서 관리, 실시간 데이터 처리, 어플리케이션 연동 등의 기능을 구현하였다^[7-9]. [8]에서 제시한 미들웨어는 센서와의 통신을 수행하며 보안, 자원 관리를 위한 API를 제공한다. 어플리케이션은 센서로부터 수집된 데이터를 처리하고 서버와의 트랜잭션을 담당한다. 이와 같이 센서 관리, 실시간 데이터 처리, 어플리케이션 연계 및 보안 측면에서 미들웨어는 중요한 기술 요소이다.

2. IoT 센서 시험 운용 시스템

현재 운영되는 IoT 센서 시험 운용 시스템은 독일의 TWIST^[4]와 벨기에의 iMinds^[5]가 있다. 독일의 TWIST 플랫폼은 센서, 무선, 로봇 부분으로 테스트베드를 지원한다. 센서 테스트베드에서는 실내에 설치된 센서와 이를 제어하기 위한 펌웨어를 제공한다. 하지만 펌웨어가 지원되는 센서가 아닌 새로운 센서의 경우에는 펌웨어를 수정해야 하는 추가적인 작업이 필요하다. 무선 테스트

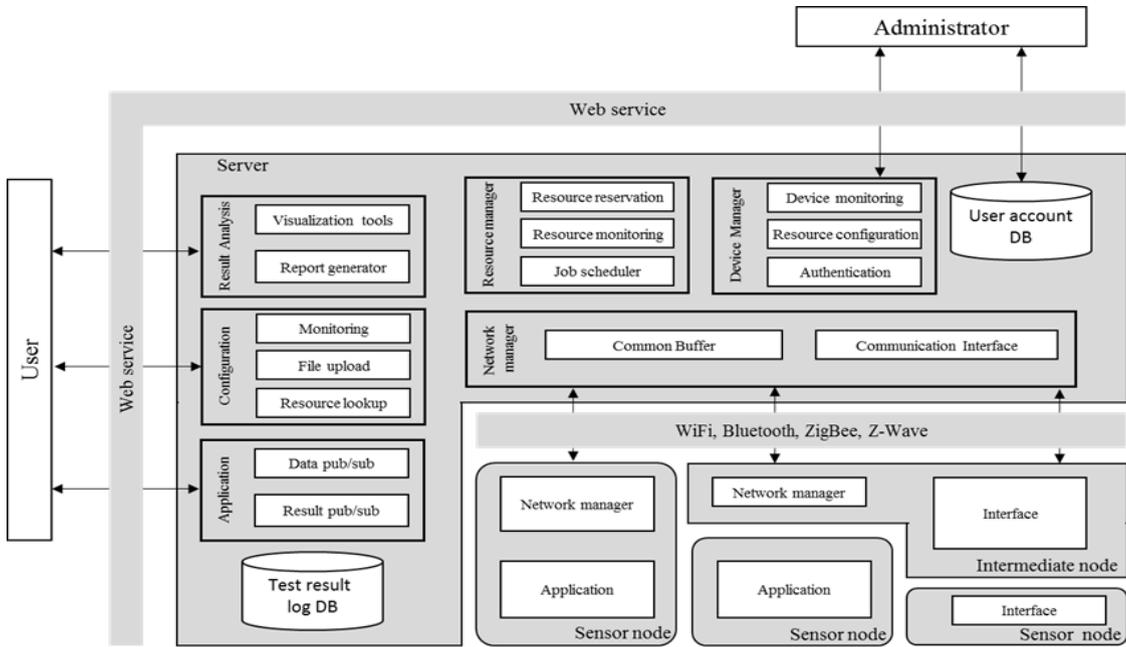


그림 2. IoT 센서 시험 운용 시스템 소프트웨어 구조도
 Fig. 2. Software Architecture of IoT Sensor Testing System

베드는 WiFi 라우터를 제공하여 무선 통신 기기 개발을 지원한다. 로봇 테스트베드는 로봇 개발 시 이동성을 정밀히 테스트하기 위한 물리 환경을 제공한다.

벨기에의 iMinds는 스마트홈 중심으로 가정에서 사용 가능한 디바이스, 서비스 개발을 위한 시험 환경을 제공한다. 실제 집과 유사한 환경으로 테스트베드를 구성하고, 벽이나 장애물, 가구 등에 의한 IoT 제품의 영향을 시험한다. 벽이나 장애물, 가구의 위치를 변경할 수 있어 실제적인 데이터 수집이 가능하다. 향후 iMinds-Homelab을 통해서 하드웨어와 소프트웨어 통합적인 시험 환경을 구축할 예정이다.

III. IoT 센서 시험 운용 시스템 설계

IoT 센서 시험 운용 시스템은 운영체제, 미들웨어, 어플리케이션으로 구성된다. 그림 1은 IoT 센서 시험 운용 시스템 개념도이다. 주변 환경을 감지하는 센서로부터 물리/화학적 변화가 감지되면 전기적 신호로 변환된 데이터가 센서 노드로부터 발생한다. 이러한 데이터는 통신 모듈을 통해서 시험 운용 시스템으로 수신된다. 제안하는 시스템은 미들웨어 기반으로 자원 및 디바이스 관

리, 시험 운용 어플리케이션 스케줄링, 네트워크 관리, DB 운용 등의 역할을 수행한다. 수신된 데이터는 센서 노드의 성능 및 기능에 대한 시험 결과로 IoT 센서 시험 운용 시스템에 저장된다. 또한, 시스템 상에서 시험 결과 분석 및 가시화할 수 있는 도구를 지원하고, 사용자의 시험 결과는 DB에 저장된다.

1. 시스템 요구사항

IoT 센서 시험 운용 시스템은 다음과 같은 요구사항을 만족해야 한다. 첫째, 센서와 서버(IoT 센서 시험 운용 시스템) 간 다양한 물리적 연결 장치를 지원하여야 한다. 둘째, 동시에 다수의 시험을 수행하기 위한 인터페이스와 메시지 버퍼가 지원되어야 한다. 셋째, 센서 노드의 연결 상태를 소프트웨어 상에서 관리할 수 있어야 한다. 넷째, 확장성을 지원하여 다양한 센서 노드를 시험할 수 있어야 한다. 다섯째, 사용자의 개별적인 시험 케이스를 지원하여야 한다.

2. 시스템 설계

그림 2는 IoT 센서 시험 운용 시스템의 구조이다. 다양한 형태의 센서 노드를 시험 운용하기 위해서 센서 노드 연결 방식에 따라 독립적으로 동작하는 노드와 중간

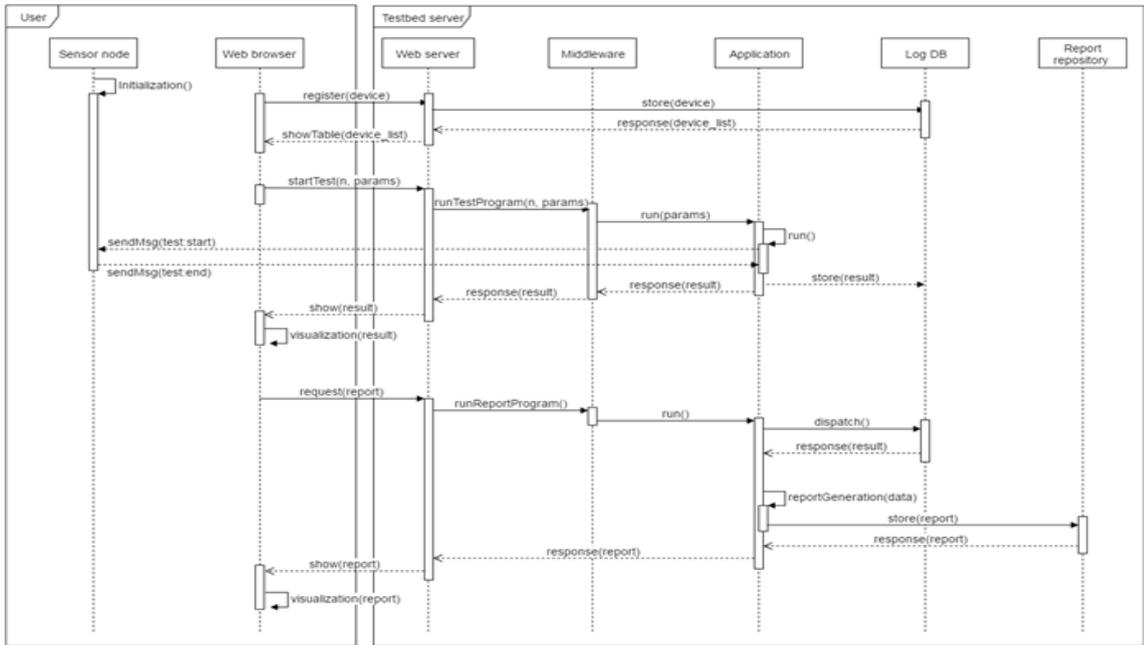


그림 3. 서버 및 어플리케이션 동작 시퀀스 다이어그램
 Fig. 3. Sequence Diagram of IoT Sensor Testing Application and Server

노드가 필요한 센서 모듈 형태를 모두 지원한다. 시험 운용 시스템은 끊임없는 서비스 제공을 위해서 디바이스 매니저를 통해 센서 노드의 연결을 관리한다. 디바이스 관리자는 네트워크 관리자를 통해 센서 노드의 연결 여부, 메시지 송수신 상태를 모니터링한다. 시험 운용 시스템은 웹 기반 사용자 인터페이스를 제공하여 접근성을 높인다. 시험 운용 시스템의 각 블록은 다음과 같은 기능을 수행한다.

- **Application:** 센서 노드의 성능, 기능을 시험하기 위한 루틴 수행
- **Configuration:** 시험 과정에서 필요한 네트워크 및 디바이스 설정 파일 관리, 현재 서버에서 가용한 자원 할당
- **Result analyzer:** 시험 결과 분석 및 가시화된 결과 분석 화면 제공, 결과 분석 리포트 생성
- **Resource manager:** 현재 서버에서 사용되는 자원 모니터링 및 할당된 Job 스케줄링
- **Device manager:** 서버에 연결된 센서 노드 관리 및 사용자의 노드 인증 루틴 수행
- **Database:** 사용자의 정보 저장 및 시험 결과 로그 저장
- **Network manager:** 유무선 네트워크 인터페이스

를 통한 센서 노드와의 연결 관리하고 및 common buffer를 통한 송수신 메시지 처리

IoT 센서 시험 운용 시스템 서버의 가용 자원에 따라 사용자의 시험 요청은 자원 관리자에 의해 할당된 자원 및 스케줄에 의해 수행되도록 한다. 자원 관리자의 자원 할당은 우선 순위 기반 알고리즘^[12]으로 구현한다. 이를 통해 요청된 시험 어플리케이션에서 필요한 계산량, disk I/O, 가용한 자원량을 파라미터로 사용하여 우선순위를 계산한다.

표 1에서는 IoT 센서 시험 운용 시스템 서버와 센서 노드 간의 송수신되는 메시지 형식을 정의한다. 확장성을 고려하여 명령어와 파라미터를 전달하기 위한 필드를 정의하여 향후 다양한 시험 어플리케이션을 지원한다.

그림 3은 정의된 메시지 형식에 따라 센서 노드로부터 서버로 이어지는 시퀀스 다이어그램을 도시한다. 먼저 센서 노드가 서버와 연결되면, 서버와 연결된 센서 노드는 시험을 위한 초기화 및 시험 요청 메시지를 전송한다. 시험 요청 메시지는 시험 종류, 파라미터 값을 포함한다. 서버에서 시험 요청에 대한 자원 할당 및 스케줄이 생성되면 시험을 시작한다. 시험 수행에 대한 로그는 DB에 저장된다. 최종적으로 결과 분석기를 통해 시험 결과를 리포트로 생성할 수 있다.

표 1. 메시지 형식
 Table 1. Message Format

필드명	크기 (byte)	설명
publish_time	26	메시지 생성 시간
device_ID	4	디바이스 ID
msg_type	1	메시지 타입
event_code	1	이벤트 코드
command	4	테스트 명령
param1	4	명령 첫 번째 인자
param2	4	명령 두 번째 인자
data_size	4	데이터 사이즈
data	0 - 1024	데이터

IV. IoT 센서 시험 운용 어플리케이션 구현

1. 시스템 구성

IoT 센서 시험 운용 시스템을 구성하기 위해서 라즈베리 파이^[11]를 서버로 활용하였다. 또한 온도를 측정할 수 있는 센서를 장착한 아두이노 보드^[12]를 활용하여 센서 노드로 구성하였다. IoT 센서 시험 운용 시스템 서버로 사용한 라즈베리 파이의 구체적인 사양은 표 2와 같다.

표 2. IoT 센서 시험 운용 시스템 구현 서버 사양
 Table 2. Server specifications of IoT Sensor Testing System

항목	사양
Model	Raspberry Pi B+ V1.2
Processor	Dual-core ARM11 @700MHz
Memory	512MB
Network	IEEE802.11b/g
Storage	microSD card 32GB
OS	RASPBIAN JESSIE (kernel version 4.4)

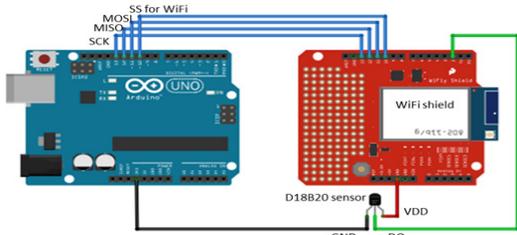


그림 4. 센서 노드 회로도
 Fig. 4. Circuit of Sensor node

센서 노드로 사용한 아두이노 보드는 온도 센서 (DS18B20), WiFi 통신 모듈을 그림 4와 같이 연결하였

다. 아두이노 보드에 WiFi 쉴드를 연결하고, 점퍼와이어를 통하여 온도 센서와 연결하였다. 각 연결을 통하여 온도 센서에서 측정된 센싱 값이 무선 통신으로 시험 운용 시스템 서버로 전달된다.

2. 어플리케이션 구현

센서 노드의 센싱 값을 주기적으로 수신하여 로그파일에 저장하는 어플리케이션을 구현하였다. 해당 어플리케이션은 센서의 WiFi 통신 모듈의 속도 및 패킷 전송률, 센싱 값 모니터링에 대한 테스트를 수행한다. 센서 노드와 송수신한 메시지를 로그 파일에 기록한 결과 그림 5와 같은 시험 결과 로그 파일이다. 시험 과정은 그림 3에서 정의한 프로토콜에 따라 센서 노드 초기화(line 2-3), 시험 종류 설정(line 4-5), 시험 수행(line 6-11) 순으로 진행된다. 센서 노드에서 측정된 온도 값을 수신하면 시험 운용 시스템 서버에서는 이 값을 데이터베이스에 저장한다.

```

1 publish_time id msg event command param1 param2 size data
2 2016-07-08 17:02:46.335000 0000 H S 0000 0000 0000 0
3 2016-07-08 17:02:46.335000 0001 H R 0000 0000 0000 0
4 2016-07-08 17:02:46.382000 0000 T S 0011 0005 0001 0
5 2016-07-08 17:02:46.391000 0001 T R 0011 0005 0001 0
6 2016-07-08 17:02:47.155000 0001 T R 0011 000V 0000 5 25.3
7 2016-07-08 17:02:48.155000 0001 T R 0011 000V 0000 5 25.3
8 2016-07-08 17:02:49.156000 0001 T R 0011 000V 0000 5 25.4
9 2016-07-08 17:02:50.156000 0001 T R 0011 000V 0000 5 25.4
10 2016-07-08 17:02:51.156000 0001 T R 0011 000V 0000 5 25.3
11 2016-07-08 17:02:52.156000 0001 T R 0011 000V 0000 5 25.3
    
```

그림 5. IoT 센서 시험 어플리케이션 결과 로그 파일
 Fig. 5. Result Log File of IoT Sensor Testing Application

V. 결론

본 논문에서는 IoT 센서 시험 운용 시스템에 대한 설계를 제시하였다. 제시한 시스템은 IoT 핵심 서비스 요소에 대한 개발 기간을 단축시켜 빠른 프로토타이핑이 가능하게 한다. 확장성을 고려한 메시지 프로토콜을 설계하여 향후 다양한 센서 노드와의 호환성을 고려하였다. 시스템 검증을 위하여 널리 사용되는 오픈소스 하드웨어인 라즈베리 파이와 아두이노를 활용하여 어플리케이션을 구현하였다.

향후 연구에서는 IoT 센서 시험 운용 미들웨어 시스템 설계 상의 결과 분석 도구, 자원 관리자, 네트워크 관리자를 구현하고, 이를 쉽게 활용하기 위한 사용자 인터페이스를 웹 기반으로 구현한다. 또한, oneM2M, AllJoyn 등의 표준 IoT 플랫폼과 연동하기 위한 API를 설계하여 시스템의 범용성을 확장시킬 계획이다.

References

- [1] J. Gubbi, R. Buyya, S. Mrusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things(IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions," *Future Generation Computer Systems*, Vol. 29, No. 7, pp. 1645-1660, Sep. 2013.
- [2] <http://www.onem2m.org/>
- [3] <https://allseenalliance.org/>
- [4] <https://www.twist.tu-berlin.de/>
- [5] <http://ilabt.iminds.be/homelab>
- [6] H. J. La, C. W. Park, and S. D. Kim, "A Framework for Effective Managing Dynamism of IoT Devices," *Journal of KIISE*, Vol. 41, No. 8, pp. 545-556, Aug. 2014.
- [7] S. Y. Joo, H. S. Lim, B. S. Park, and D. S. Kang, "An Advanced Structure of a Middleware System for Decreasing Complexity of an M2M Network Topology," *Proceedings of KIIT Summer Conference*, pp. 159-162, May 2014.
- [8] F. C. Delicato, P. F. Piers, and T. Batista, "Middleware Solutions for the Internet of Things," Springer, May 2013.
- [9] Len Bass, Paul Clements, and Rick Kazman, "Software Architecture in Practice, Second Edition", Addison-Wesley Professional, pp. 50-56, Apr. 2003.
- [10] Y. F. Huang and B. W. Chao, "A priority-based resource allocation strategy in distributed computing networks," *Journal of Systems and Software*, Vol. 58, No. 3, pp. 221-233, Sep. 2001.
- [11] <https://www.raspberrypi.org/>
- [12] <https://www.arduino.cc/>
- [13] Dae-Hyun Ryu, "Development of Urban Farm Management System using Commercial SNS as IoT Platform," *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC)*, Vol.13, No.5, Oct. 2013.
- [14] Minzheong Song, "A study on Business Types of IoT-based Smarthome: Based on the Theory of Platform Typology," *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC)*, Vol.16, No.2, Apr. 2016.

저자 소개

채 성 윤(준회원)



- 2009년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 컴퓨터공학과 박사과정
- 2015년 8월 ~ 현재 : 전자부품연구원 위촉연구원
- <주관심분야 : 사물인터넷, 임베디드 시스템>

박 진 희(정회원)



- 2008년 2월 : 성균관대학교 전기전자 컴퓨터공학과(공학박사수료)
- 2001년 1월 ~ 현재 : 전자부품연구원 책임연구원
- <주관심분야 : 사물인터넷, 임베디드 시스템>

※ 본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원의 차세대디자인핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [10059060, 3D 디자인 프로토타이핑 및 IoT 활용 제품 개발 지원]