

## oneM2M 표준 기반 실시간 회전기기 센싱 데이터 수집 및 모니터링 시스템 구현

이영동<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>창신대학교 컴퓨터소프트웨어공학과

### Implementation of Data Monitoring and Acquisition System for Real-time Rotating Machinery based on oneM2M

Young-Dong Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Computer Software Engineering, Changshin University

**요약** 본 논문에서는 회전기기의 전압, 전류, 온도, 가속도, 진동 등을 측정 전송할 수 있는 oneM2M 기반의 실시간 회전기기 센싱 데이터 수집 및 모니터링 시스템을 설계하고 구현하였다. 구현된 시스템은 전기적 결함(과전류, 역상, 결상, 지락)과 기계적 결함(MC 카운터, 모터동작시간, 베어링 및 권선온도, 모터 회전수, 절연저항)의 전기 또는 물리적인 현상 측정이 가능하며, 센서 데이터 수집, 웹서버, php, 데이터베이스에 데이터 저장, 웹 접속 통한 데이터 모니터링까지 가능하도록 시스템을 구성하였다. 회전기기에서의 기계적 결함을 실험한 결과, 절연저항 및 모터회전수 측정 결과 시험저항 값과 기준 입력값 각각에서 유사한 실험 결과를 보였다.

• 주제어 : 기계적 결함, 데이터획득시스템, 회전기기, Node.js, oneM2M

**Abstract** In this paper, oneM2M based data monitoring and acquisition system is designed and implemented to measure and transmit the voltage, current, temperature, acceleration and vibration of the motor. The proposed system can detect electrical faults (overcurrent, reverse phase, phase loss, ground fault) and mechanical faults (MC counter, motor operation time, bearing and winding temperature, motor speed, insulation resistance).

The system consists of sensor data collection, web server, php, database, wired/wireless communication system. The insulation resistance and the motor speed were measured, and the experimental results were similar for both the test resistance value and the reference input value.

• Key Words : Mechanical fault, data acquisition system, rotating machinery, Node.js, oneM2M

---

Received 28 March 2019, Revised 30 March 2019, Accepted 31 March 2019

\* **Corresponding Author** Young-Dong Lee, Dept. of Computer Software Engineering, Changshin University, 262, Paryong-ro Changwon-si, Korea. E-mail: ydlee@cs.ac.kr

## I. 서론

사물인터넷은 기기 간 또는 기기에서 사람으로의 통신을 의미하며, 인간에게 유용한 정보와 서비스를 제공하고 있다. 사람이 개입하지 않는 상태에서 기기 및 사물 간에 일어나는 통신(IEEE, ETSI)을 뜻하며, 국내에서는 통신, IT 기술을 결합하여 원격지의 기기, 사람, 환경 등의 상태정보를 확인할 수 있도록 연결하는 제반 솔루션으로 일컫고, 해외에서는 IoT(Internet of Things), M2M(Machine to Machine)이라고 정의하고 있다[1-3]. 사물정보는 사물의 상태나 사물 주변의 상황 정보, 사물의 상태정보는 스위치 온·오프 상태, 위치 등을 의미하며, 사물 주변의 환경정보는 온도, 습도 등 주변 환경 정보 등을 말한다. 사물정보는 산업현장에서 적용이 되며, 산업현장에서 전력을 공급받아 기계 동력을 발생하는 장치인 회전기기 즉, 전동기에도 활용이 가능하다. 전동기(모터)는 회전기기의 일부로 소형전동기, 중형 전동기, 대형전동기로 나뉘며, 전기 에너지를 기계에너지로 변환하는 역할을 하고 있다. 모터는 크게 사용 전원에 따라 직류모터와 교류모터로 구분되는데, 최근 모터 시장은 고효율성과 고신뢰성의 장점으로 BLDC(Brushless DC)모터가 각광을 받고 있다 [4]. 직류모터는 직류 타여자 모터, 직류분권 모터, 직류직권모터, 직류복권모터로 나뉘어진다. 교류모터는 유도모터, 동기모터, 정류자모터로 나누어지며, 산업용으로 널리 사용되고 있는 유도 모터는 단상 전원을 사용하는 단상유도모터와 3상 전원을 사용하는 3상유도모터로 분류되며, 사용전압, 보호형식 등에 따라 용도가 분류된다. 산업현장에서 많이 사용되고 있는 모터들은 전기적, 기계적 결합에 의해 다양한 결합이 발생되고 있다. 이러한 결합들이 발생하게 되면 해당 시스템의 동작이 멈추게 되는 사태까지 발생되어 막대한 피해까지 이어지고 있는 것이 현실이다[5][6].

본 논문에서는 이러한 회전기기에서의 전기적, 기계적 결합을 탐지하여 회전기기를 보호할 수 있도록 전압, 전류, 온도, 가속도, 진동 등을 측정할 수 있는 데이터획득장치 시스템을 설계하고 구현하였다. 또한, 모터의 결합탐지 결과값은 IoT 기반 웹 서버를 통해 PC 및 스마트폰에서 모니터링이 가능하도록 시스템을 구성하고, 회전기기에서의 기계적 결합이 발생할 수 있는 요인에 대하여 실험을 진행하고 그 결과를 제시하였다.

## II. 시스템 구성 및 설계

본 논문에서 제안하는 oneM2M 표준 기반 실시간 회전기기 센싱 데이터 수집 및 데이터 모니터링 시스템은 데이터획득장치와 IoT 기반 데이터 모니터링 장치로 구성되며, 전체 구성도는 그림 1과 같다.

데이터획득장치는 과전류, 역상, 결상, 지락과 같은 전기적 결합과 절연저항, 모터 회전수, 온도 등과 같은 기계적 결합에 대한 데이터를 획득할 수 있는 장치를 말하며, 획득된 데이터들은 MCC(Motor Control Center) 내 신호입력부로 전달된다. 데이터획득장치 시스템에서 데이터 수집은 전기적 결합(과전류, 역상, 결상, 지락)과 기계적 결합(MC 카운터, 모터동작시간, 베어링 및 권선온도, 모터 회전수, 절연저항)의 전기 또는 물리적인 현상을 측정하는 과정을 나타낸다. 데이터획득장치는 센서, DAQ 측정 하드웨어 및 프로그래밍 소프트웨어가 설치 및 구성되며, 신호입력부로의 전송을 위해 유·무선 처리시스템이 필요하다. 센서데이터 수집, 웹서버, php, 데이터베이스에 데이터 저장, 웹 접속 통한 데이터 모니터링까지 가능하도록 시스템을 구성하고 설계 및 구현하였다.

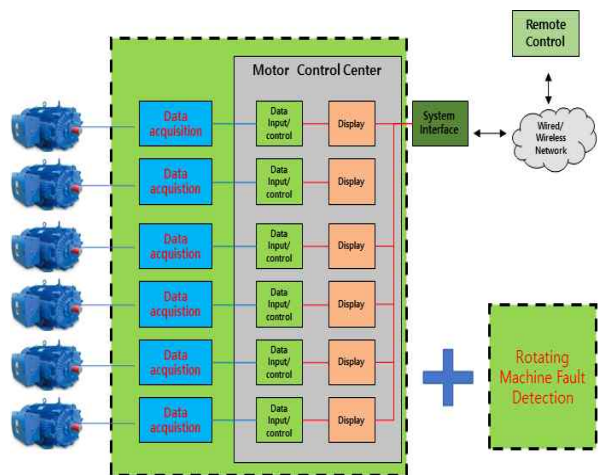


Fig. 1. System Architecture

### 2.1 데이터획득장치 설계

데이터획득장치는 전압, 전류, 온도, 가속도, 진동 등의 계측 및 전송을 통한 기계적 결합 모니터링을 위한 회로를 설계하고 구현하였으며, 그 구성은 그림 2와 같다. 기존의 전기적 보호를 위한 신호처리는 MCC 내에서 신호입력 및 제어부에서 처리하고, MC 카운터

및 모터동작시간과 같은 기계적 보호를 위한 신호처리도 MCC 내부에서 처리가 가능하다. 베어링 온도 및 권선 온도측정과 모터회전수, 절연저항측정은 데이터 획득장치에서 신호 처리한다.

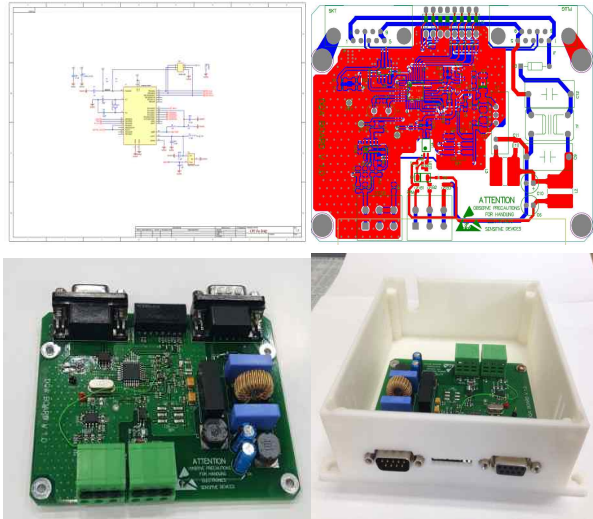


Fig. 2. Data acquisition system

아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하기 위하여 각각의 입력신호를 초당 128회의 속도로 샘플링, 10-bit의 분해능으로 디지털 신호로 변환하여 순차적 변환을 통해 다중채널 실시간 모니터링이 가능하도록 시스템을 구성하였다. 시간영역에서의 정확한 샘플링 타이밍을 맞추기 위해 마이크로프로세서의 타이머/카운터 오버플로우 인터럽트를 사용하였으며, 크게 DC 500V를 이용한 절연저항 측정과 모터회전수 감지가 가능한 2가지 기능을 적용하였다. 모터회전수는 NPN TR로 구성된 회로에 Function Generator를 이용하여 5V 구형파를 인가하고 표시부에 표시되는 회전수 값을 이용하여 측정하였다.

$$rpm = \frac{(주파수 \times 60)}{4(\text{회전자에 4개의 신호입력부})} \quad (1)$$

## 2.2 IoT 기반 데이터 모니터링 장치 설계

IoT 기반 데이터 모니터링 장치 동작 실험을 위해 모터데이터를 대신하여 1차적으로 온·습도센서의 데이터를 활용하여 PC 및 스마트폰에서 출력 할 수 있도록 하고 출력한 데이터는 데이터베이스에 저장하도록 설계하였다. 웹 서버를 통해 PC화면 및 스마트폰 화면에서 데이터값을 확인할 수 있도록 하였으며, 아두이

노와 센서를 연결하고 시리얼통신을 이용하여 라즈베리파이와 통신하도록 설계하였다. 라즈베리파이에 APM이 설치되어 데이터베이스를 관리하고 웹 서버를 통해 PC 및 스마트폰 화면으로 데이터를 출력하였다.

이와 관련한 전체적인 시스템 구성도는 그림 3과 같으며, Nodejs-Serial 통신을 통해 센서값을 획득하고, Node.js 기반으로 서버에 인증, 데이터 전달 및 응답을 할 수 있도록 구현하였다.

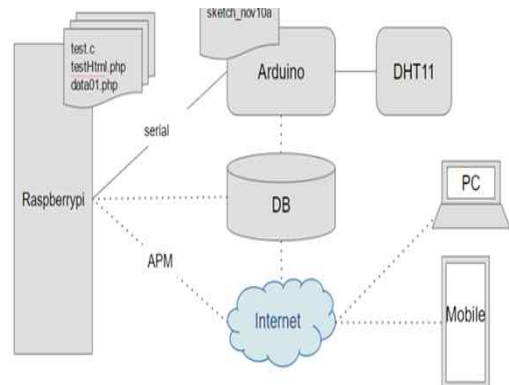


Fig. 3. Data Monitoring system based on Internet of Things

본 논문에서는 IoT 표준의 대표적이라고 내세울 수 있는 oneM2M [3]표준을 기반으로 하는 국내 통신사인 SKT에서 서비스 중인 SK ThingPlug [7]를 접목하여 아두이노 보드를 ThingPlug서버에 데이터를 축적하고 축적된 데이터는 웹상에서 출력할 수 있도록 구현하였다. Nodejs 서버 기반 프로그램을 통해 일정 시간 간격으로 ThingPlug로 센서데이터가 계속적으로 전달이 가능하며, 수집된 센서데이터들은 ThingPlug서버를 통해 외부에서 웹 브라우저를 통해 접속이 가능하다.

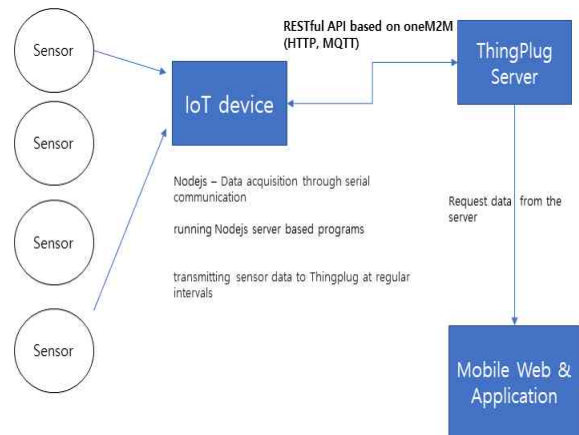


Fig. 4. ThingPlug and oneM2M

센서데이터 획득은 1차적으로 온·습도 센서를 활용하여 실험을 수행하였으며, 회전기기 데이터에 해당하는 3축 가속도센서 MPU6050을 사용하여 3축 가속도센서 데이터를 획득할 수 있도록 구현하였다. MPU6050은 가속도와 자이로센서, 온도센서가 1개의 모듈에 포함되어 있는 센서로서, I2C(Inter Integrated Circuit) 통신 프로토콜을 통해서 데이터 획득이 가능하다. 본 논문에서는 raw 데이터 획득 및 칼만필터 적용 등 다양하게 데이터 획득을 할 수 있도록 실험을 수행하였으며, 각각에 대한 데이터 값들은 시리얼통신을 통해 수집될 수 있도록 구현하였다. 웹서버(Apache)와 데이터베이스를 서로 연결하여 온습도 값을 데이터베이스에 저장할 수 있고 유지보수는 웹에서 관리할 수 있도록 구현하였다. 웹서버와 데이터베이스를 서로 연결시키는 작업으로 php를 사용하였고, host(주소), user(사용자), pw(패스워드), conn(연결), db\_id(데이터 저장) 등을 설정하였다. mysql\_query에 데이터 값을 삽입하고, 그렇지 않을 시에 Query Fail라는 메시지를 팝업창으로 나타나게 하였으며, 필드에 time을 넣어 초 단위로 데이터값을 파악하고 시간, 온도, 습도값을 배열 형식으로 저장하도록 구현하였다. 웹서버에서 클라이언트의 데이터값을 정확히 받아오면 success를 출력하여 연결됨을 확인하고 데이터값들을 1초에 5번씩 출력하게 하였다. 값의 필드명은 시간, 온도, 습도 순으로 데이터베이스에 저장이 되어서 웹페이지에 그대로 보여주게 된다. 데이터베이스 관리용 웹프로그램에서는 데이터베이스에 저장한 것과 동일하게 표시되어 있고 라즈베리파이 터미널 창에서 실행시키던 것과 다르게 웹페이지 UI를 통해 마우스 클릭을 이용하여 데이터베이스명을 쉽게 만들고 데이터를 생성 및 삭제가 가능하다는 장점이 있다. 자바스크립트 코드로 하이차트 샘플코드를 가져오고 데이터베이스에 저장되어 있는 데이터를 ajax를 사용하여 웹상에 데이터를 출력하여 보여줄 수 있도록 구현하였다.

### III. 실험 및 결과

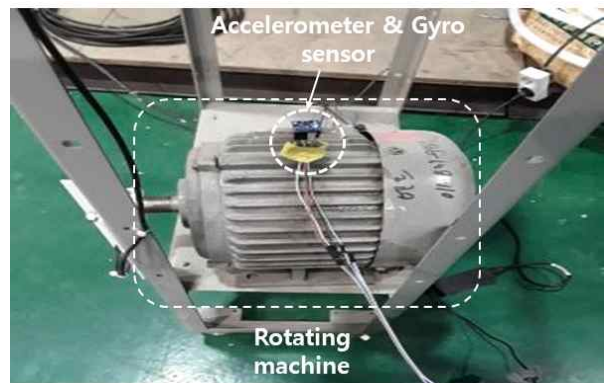
시스템 성능평가를 위한 IoT 기반 데이터획득장치 구현을 위해 오픈소스 하드웨어 플랫폼인 아두이노를 사용하였고, Python 언어로 구현된 실시간 회전기기 진동 분석을 위한 소프트웨어를 활용하였다. 실험 환

경은 windows 10 PC에 Python을 사용할 수 있도록 오픈 소스인 Anaconda를 설치하여 개발 및 분석이 이루어질 수 있도록 구성하고, MPU6050 센서를 아두이노에 장착하고, 아두이노에서 3축 가속도 센서를 획득할 수 있도록 센서데이터 수집 및 시리얼 통신 기능을 활용하였다. 아두이노가 연결된 PC에서 RS-232 시리얼 통신을 통해 전달되는 모든 센서 데이터들은 실시간 그래프로 표시하였다.

그림 5의 실험 모습과 같이 모터 1대에 센서를 부착하여 실험 환경을 구성하고, 센서로부터 취득된 데이터는 데이터베이스에 데이터에 저장하였으며 저장 결과 화면은 그림 6과 같다.



(a) Data monitoring and acquisition system



(b) Accelerometer and gyro sensor attached to the motor

Fig. 5. Data Monitoring and Acquisition System for Real-time Rotating Machinery

가속도 3축 센서에 대해서 실험을 수행한 결과는 로컬에서 측정된 센서값이 데이터베이스에서도 정확하게 저장됨을 확인하였다.

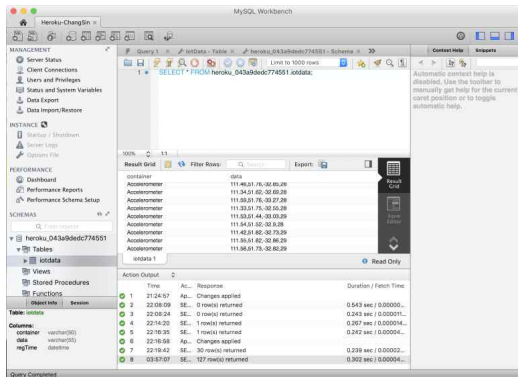
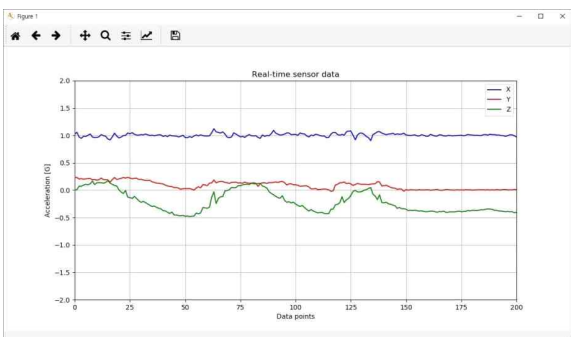
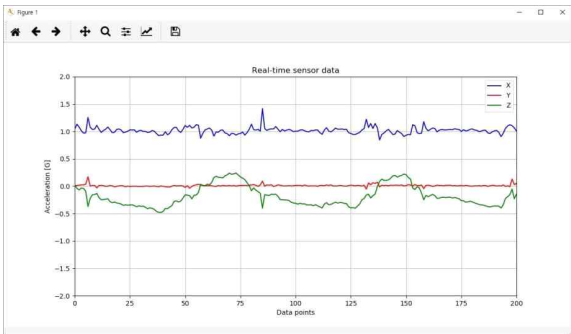


Fig. 6. MySQL database for sensor data

실시간으로 수집한 3축 가속도 데이터들은 회전기기의 진동분석에 사용하기 위해 수집하였으며, 3축(X, Y, Z 축)에 해당하는 데이터들의 수집은 실시간으로 측정하였다. 회전기기 진동 분석을 위한 3축 가속도 측정 결과 회전기기에서 진동이 발생될 때마다 그림 7에서와 같이 해당 축에 acceleration 출력값이 변화하였으며, 발생하는 진동에 따라 다른 파형이 발생되었다. 센서가 놓인 위치 및 방향에 따라 값이 변화하였으며, Y, Z축은 Acceleration 0G에서 값이 변화하였으며, X축은 1G를 기준으로 변화하였다.



(a) measured acceleration signal from x, y, z axis



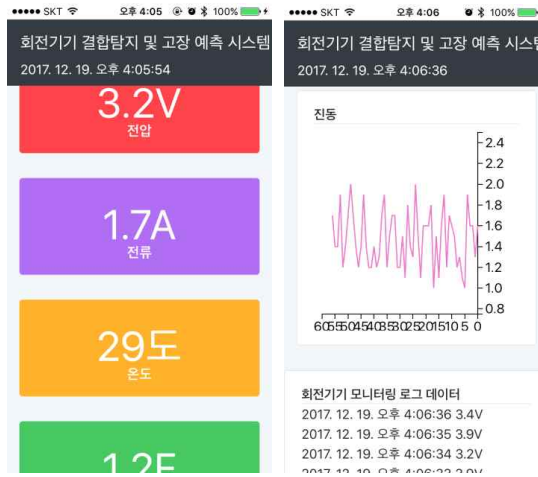
(b) measured acceleration signal when the value of the x-axis changes

Fig. 7. Experimental results of 3-axis acceleration data

그림 8은 회전기기의 현재 상태를 실시간으로 원격지에서 PC, 태블릿 디바이스, 스마트폰을 활용하여 모니터링이 가능하도록 dashboard 형태의 반응형 웹 화면을 구현하였다. 전압, 전류, 온도, 3축 가속도, 진동에 대한 센서 결과값 출력, 회전기기 상태를 표시하였다. 센서값들은 상단에 수직으로 실시간으로 표시되며, 아래에는 그래프로 출력되도록 하여 관리자가 쉽게 현재 회전기기의 상태 파악이 가능하였다. 또한, Unit 1~4까지 모니터링 화면에 UI로 구성하였으며, Unit 1~4는 회전기기 1대당 고유 Unit을 부여하였다.



(a) Data monitoring view on tablet computer



(b) Data monitoring view on mobile phone

Fig. 8. data monitoring view on PC and mobile phone

회전기기에서의 기계적인 결함 측정을 위해 1대의 모터를 정상 동작시켜 발생하는 절연저항 및 모터회전수를 측정하여 분석 가능하도록 실험을 수행하였다. 실험 수행 결과 절연저항 측정 및 모터회전수 측정 결과는 표 1과 같이 나타났다. 절연저항 및 모터회전수 측정 결과 시험저항 값과 기준 입력값 각각에서 유사한 실험 결과를 보였다.

Table 1. Experimental results obtained by operating the motor

Insulation Resistance	Test [MΩ]	Results [MΩ]	Test [MΩ]	Results [MΩ]
	1	1.0	60	59.8
	10	10.0	70	69.5
	20	19.6	80	79.4
	30	29.8	90	89
	40	39.9	100	98.5
	50	49.8	150	149.5
Motor Speed	Reference [rpm]			Results [rpm]
	150			150
	600			600
	1,050			1,050
	1,500			1,500
	2,250			2,250

#### IV. 결론

본 논문에서는 회전기기에서의 전기적, 기계적 결함을 탐지를 위해 절연저항, 회전수, 온도 등을 측정 전송할 수 있는 IoT 기반의 데이터획득장치 및 모니터링 시스템을 설계하고 구현하였다. 또한, 모터의 결함탐지 결과값은 IoT 기반 웹 서버를 통해 PC 및 스마트폰에서 모니터링이 가능하도록 시스템을 구성하였다. 제안된 시스템은 전기적 결함(과전류, 역상, 결상, 지락)과 기계적 결함(MC 카운터, 모터동작시간, 베어링 및 권선온도, 모터 회전수, 절연저항)의 전기 또는 물리적인 현상 측정이 가능하며, 센서데이터 수집, 웹서버, php, 데이터베이스에 데이터 저장, 웹 접속 통한 데이터 모니터링까지 가능하도록 시스템을 구성하였다. 회전기기에서의 기계적 결함을 실험한 결과, 절연저항 및 모터회전수 측정 결과 시험저항 값과 기준 입력값 각각에서 유사한 실험 결과를 보였다.

#### ACKNOWLEDGMENTS

이 논문은 2017학년도 창신대학교 교내연구비에 의해 연구되었음(창신-2017-교내-43)

#### REFERENCES

- [1] C. S. Pyo, "M2M Technology and Its Standardization Trends", *oneM2M 2013 Seoul International Conference*, 2013.
- [2] S. K. DATTA, et al, "oneM2M architecture based user centric IoT application development" in *2015 3rd International Conference on Future Internet of Things and Cloud. IEEE*, 2015. pp. 100-107.
- [3] ALAYA, Mahdi Ben, et al. Toward semantic interoperability in oneM2M architecture. *IEEE Communications Magazine*, 2015, 53.12: 35-41.
- [4] BLDC(Brushless DC) Motor [Internet]. Available: <http://www.ndsl.kr/ndsl/commons/util/ndslOriginalView.do?dbt=KMR&cn=KMR2015000301&m=&url=&pageCode=PG18>
- [5] M. El Hachemi Benbouzid, A review of induction motors signature analysis as a medium for faults detection. *IEEE transactions on industrial electronics*, vol. 47, no. 5 pp. 984-993, Oct. 2000.
- [6] S. S. Lee, S. J. Cho, U. P. Chong, Fault diagnosis system of rotating machines using LPC residual signal energy. *Journal of the institute of signal processing and systems*, vol. 6, no. 3, pp. 143-147, July 2005.
- [7] SKT ThingPlug, <https://sandbox.sktiot.com>

#### 저자 소개

이 영 동 (Young-Dong Lee)

2004년 2월 동서대학교 정보통신공학과(공학사)



2006년 2월 동서대학교

컴퓨터네트워크학과(공학석사)

2009년 2월 동서대학교

유비쿼터스IT학과(공학박사)

2010년 12월 핀란드 University of

Oulu 전기정보공학과(공학박사)

2012년 3월~현재 창신대학교

컴퓨터소프트웨어공학과 부교수

관심분야 : IoT, 무선센서네트워크, 임베디드시스템