

# Implementation of automatic detection system of IoT based sensor device (Considering the application service of reduction of consumption current)

Myung-Kyu Kwon\*

## Abstract

In this paper, IoT(Internet of things) technology, which is the core of the 4th industrial revolution, was applied to the study of reduction of consumption current. The IoT is a sensor that collects data, a sensor communication, a gateway that processes and stores the collected data. Data application of IoT technology is applied to smart home, smart city, healthcare, smart factory, etc. and it needs to be applied to various industrial fields. By sensing the location of the sensor device, the specific functions of the gateway and the platform are turned ON and OFF to reduce the consumption current of the equipment during the OFF period. When the sensor device accesses the gateway, the specific function of the gateway is turned ON and When the device is separated from the gateway, it senses the sensitivity of the wireless signal and automatically turns off the certain functions. As a result, it has reduced the consumption of current. In this paper, we propose a novel system for detecting the location of sensor devices by applying IoT technology. The system implementation is realized by software based, and defines the requirements for the implementation of the sensor device gateway. The gateway automatically detects the location, movement of the device and performs necessary functions. Finally verifies the automatic detection performance of the gateway according to the location of the device. It will contribute greatly to the development of the smart city and office.

▶ Keyword: IoT, sensor(device), gateway, RSSI(Signal sensitivity), Bluetooth, Smart City

## I. Introduction

4차 산업혁명 시대에 1차, 2차 산업혁명은 화석과 전기에너지에 기반을 둔 배타적 소유시대라 한다면 3차 산업혁명은 디지털과 네트워크 기반의 인터넷 접속과 공감의 시대로 공간적 제조자 확산과 대량생산 기반을 구축한 것으로 설명할 수 있다. 현재는 초연결(Hyper Connectivity)사회 기반의 4차 산업혁명이 정보통신기술(ICT)과 더불어 인류가 한 번도 경험해보지 못한 새로운 시대의 도래를 예고하고 있다. 즉, 사이버 세상으로, 디지털과 물리적·생물학적 영역 경계가 없는 기술 융합에 목표를 두고 있으며, 그 실현 중심에는 사물인터넷(IoT, Internet of Things)이 위치하고 있다.

일반적인 사물인터넷 구조(Architecture)를 Fig. 1.에 표시하였다. 각 요소는 영어의 머리글자를 인용하여 DNPC(S)라고도 부른다. 센싱을 통해 데이터를 생성하는 디바이스(D), 디바이스와 플랫폼을 연결해주는 네트워크(N), 수집된 데이터를 분석·처리하는 플랫폼(P)을 통해 용도에 따른 서비스(S)를 사용자(C)에게 제공하는 의미의 사물인터넷 주요 구성 요소별 일련의 상관관계를 보여주고 있다[1].

---

• First Author : Myung-Kyu Kwon, Corresponding Author : Myung-Kyu Kwon  
\*Myung-Kyu Kwon (mgkwon@sk.com), Media operation center, SK Broadband  
• Received: 2018. 08. 17, Revised: 2018. 09. 10, Accepted: 2018. 09. 17.

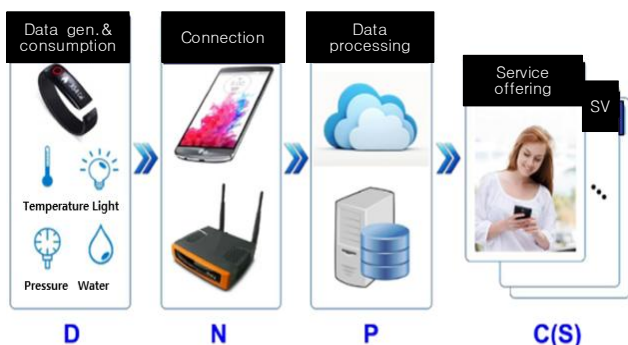


Fig. 1. Structure of IoT

사물인터넷 비즈니스는 Offline인 전통적인 제조와 Online인 IT가 결합된 영역이기 때문에 기업이 제조와 IT 모두를 이해하고 역량을 발휘하기가 쉽지 않다. IT에 익숙하지 않은 제조업체라든지 IT 업체라고 하더라도 내부적으로 전 과정을 소화하기에는 여러 가지 어려움이 예상된다. 사물인터넷 활용은 인공지능 관련 산업, 자동차 산업, 바이오 헬스 산업, 빅 데이터 관련 산업, 정보보호 산업 등 기술융합을 통하여 많은 비즈니스 창출이 가능 할 것으로 예상된다. 구체적인 융합 사례로는 인공지능(AI)과 자동차가 결합된 자율자동차, 알렉사와 같은 인공지능비서, 빅데이터와 플랫폼 등 초연결사회의 급속한 인간 진화 산물인 스마트 신인류 관련 산업, 빅데이터를 이용한 디지털 헬스케어, 해킹 등 보안위협으로부터 사람들을 보호해주는 사이버 보안 등 많은 비즈니스들이 출현할 것으로 예상된다.

기술 표준화 동향을 살펴보자. 사물 간 연결을 통한 가치 있는 서비스 제공을 위해서는 사물 간의 네트워크, 사물(예: 센서, 구동장치), 사용자와 사물, 사물과 사물이 주고받는 데이터(예: 센서 데이터, 제어명령)등 의 전체를 통합할 수 있는 표준의 필요성이 높아지고 있다. 현재 사물인터넷 표준화 기구는 ITU ISO, IETF 등 과 같은 공적·사적 국제기구를 중심으로 사물인터넷의 표준화를 진행하고 있다. 국내에서는 TTA를 중심으로 사물인터넷 기술에 대한 표준화가 진행되고 있다.

논문의 구성은 2장에서 관련연구와 일반기술들에 대해 설명하고, 3장에서는 제안 시스템 특징, 구성 및 개발에 대해 설명하고, 4장에서는 실험과 결과분석 그리고 5장에서는 결론과 향후계획에 대해 설명 한다.

## II. Related works

### 1. Platforms and Gateways of IoT[1]

#### 1.1 Platform technology of IoT

##### 1.1.1 System technology of identification

특정 대상을 유일하게 식별할 수 있는 방법을 제공하는 기술을 식별체계 기술이라 한다. Fig. 2.처럼 주민등록번호, 학생번호, 사원번호, 차량번호 등을 식별하는 기술들이 활용되고 있으며, 출입 통제 장치나 자동 입출 주차장 등에서 이러한 기술들이 활발하게 사용되고 있다.

호, 사원번호, 차량번호 등을 식별하는 기술들이 활용되고 있으며, 출입 통제 장치나 자동 입출 주차장 등에서 이러한 기술들이 활발하게 사용되고 있다.

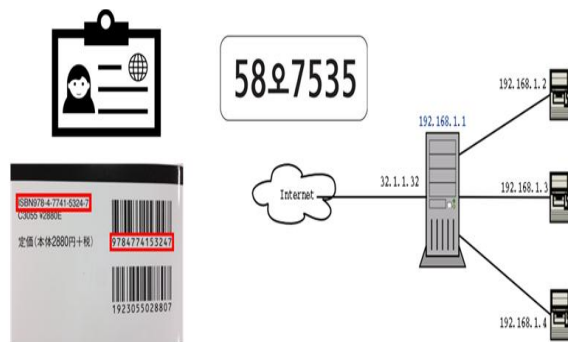


Fig. 2. Various identification targets

#### 1.1.2 Device management technology

기기관리 기술은 사물인터넷 디바이스의 초기 설정, 소프트웨어·펌웨어 다운로드, 디바이스 고장 진단 및 배터리·메모리 등 하드웨어 모니터링, 디바이스 주변장치(USB, 카메라 등) 컨트롤, 시스템 리부팅, 시스템 로그인 등을 제공하는 기술이다. Fig. 3.은 기기관리기술 개념을 보여준다.

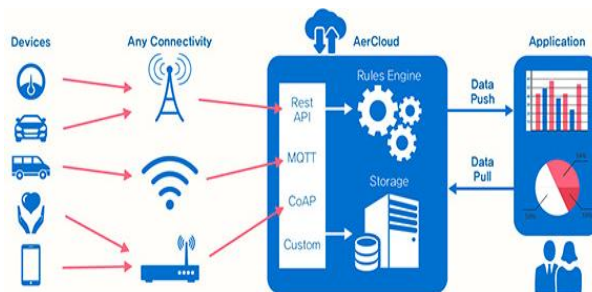


Fig. 3. Concept diagram of device management technology

#### 1.2 Gateway of IoT

센서 네트워크용 IoT 게이트웨이는 로컬과 클라우드 모두에 대해 극도로 이질적이고 복잡한 요구 사항들을 충족해야만 한다. IoT 게이트웨이는 모든 통신의 중심 허브가 되기 때문에, 언제나 특정 용도의 요구사항들을 충족할 수 있도록 맞춤형 설계가 필요하다. 이를 위해 새로운 클라우드 API(Application Programming Interface) 개발이 필요하다. Fig. 4.는 IoT 게이트웨이의 구성 다이어그램을 도시한다. 센서와 연결되는 게이트웨이는 센서의 연결 상태를 관리 하고 센서의 정보를 수신한다. 수집된 센서 데이터 처리는 수집된 데이터를 메인 서버에서 요구하는 형태의 정보로 변환 한다. 인터넷을 통하여 서버나 클라우드의 데이터 수집 플랫폼으로 전송한다[2].

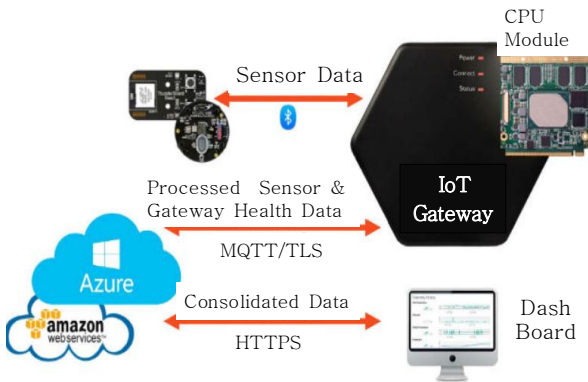


Fig. 4. Configuration of IoT gateway

## 2. Device and Gateway of IoT

### 2.1 Device overview

디바이스란 인터넷을 통해 연결되고 칩셋과 모듈을 이용해 통신이 가능한 하나의 기기로 만들어진 형태를 의미한다. 디바이스에는 상황을 인지할 수 있는 센서와 간단한 기능을 수행하는 경량 소프트웨어가 내장될 수 있다. Fig. 5.는 디바이스 구성 형태를 보여주고 있다. 사물인터넷 서비스를 위한 데이터가 생성되거나 서비스 요청에 따른 반응을 나타내는 장치로서 사물들은 주변의 환경정보를 전기적인 신호로 바꿔주는 센서나 전기적인 신호를 물리적인 변화로 바꿔주는 actuator(구동기)와 이러한 신호들을 주고받기 위한 통신 모듈 등이 포함된다.

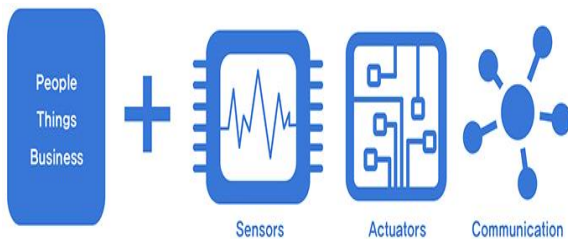


Fig. 5. Configuration type of device

디바이스 종류에는 스마트폰 기기, TV·냉장고와 같은 가전 제품, 조명기기(전구 등), 헬스기기, IP 카메라 등이 디바이스 종류에 포함될 수 있다. 디바이스 주요 역할은 주위 상황을 감지한 후 데이터로 변형하여 해당 서비스를 제공하기 위해 네트워크를 통하여 클라우드 서버 등으로 전송하는 것이다.

### 2.2 Usage of device-specific sensor

센서는 사물인터넷 디바이스의 핵심이다. IoT 서비스 용도별 목적에 맞는 서비스 구현을 위해 필요한 데이터는 센서를 통해 얻어진다. 이러한 센서가 탑재된 디바이스나 시설은 헬스케어, 제조, 유통·물류, 빌딩, 홈, 자동차 및 환경 등 다양한 분야에 적용된다. 특히 스마트시티 개발에 효과적이다[3].

### 2.3 Sensors mounted on a smartphone

Fig. 6.은 스마트폰에 탑재된 다양한 종류의 센서들을 보여주고 있다. 놀랍게도 사람들이 편리하게 사용하고 있는 스마트폰에는 온습도, 지자기, 자이로, 가속도 센서 등 9가지 다양한 센서가 탑재되어 사람들에게 편리한 기능을 제공하고 있다.

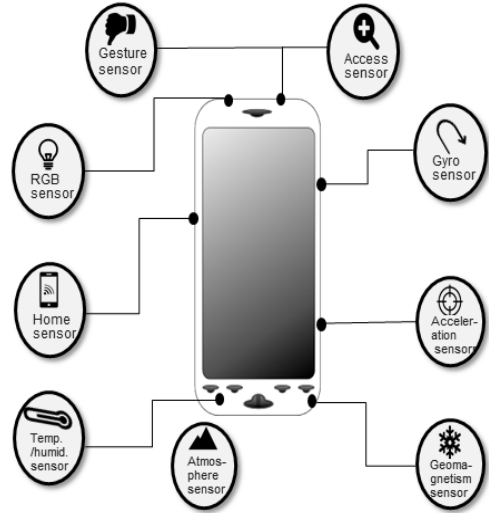


Fig. 6. Various sensors mounted on smart phone

결론적으로 센서는 이미지, 동작, 소리, 빛, 열, 가스, 온도, 습도 등 주변의 물리·화학·생물학적 정보를 감지하여 전기적 신호로 변환하는 모든 장치를 의미한다. 스마트 센서는 마이크로 센서 기술에 반도체 기술을 결합시킨 것으로 우수한 데이터 처리 능력, 판단 기능, 메모리 기능, 통신 기능 등을 갖고 있어 IoT 기기의 핵심 요소로 자리 잡고 있다. 기존 활용 범위를 넘어 스마트홈, 의료 및 건강, 가전, 환경 등 다양한 분야에 활용되고 있다.

### 2.4 Major sensor types

동작인식 센서는 단위 시간당 직선운동에 대한 속도변화를 측정하는 가속도 센서(acceleration sensor), 중력이 어느 방향으로 작용하는 지를 탐지하는 중력 센서(gravity sensor), 한 축 또는 여러 축 회전 움직임의 각 변화량(각속도)을 측정하는 자이로 센서(gyroscope sensor), 각(angle)과 축(axis)의 조합을 통해 디바이스 방향을 표기해주는 회전벡터 센서(rotation vector sensor) 등이 있다. 위치 센서에는 절대적인 위치와 시간 정보를 제공해 주는 위성기반 항법 시스템인 GPS(global positioning system), 지자계를 이용한 절대적 방향 측정과 내비게이션 지도의 정확한 방향 표식에 사용되는 지자계 센서(terrestrial magnetism sensor), 디바이스에서 측정 대상까지의 근접도를 측정하는 근접 센서(proximity sensor) 등이 있다. 환경 센서에는 스마트 디바이스 내부 또는 디바이스 주변 온도 측정에 사용되는 온도 센서(ambient temperature sensor), 습도 센서(humidity sensor), 디바이스 주변의 밝기

를 측정하는데 이용하는 조도 센서(illumination sensor)와 기압 센서(pressure sensor) 등이 있다.

### 3. Network and communication method of IoT

#### 3.1 WSN: Wireless Sensor Network

사물인터넷의 대표적인 네트워크 기술로는 무선 센서 네트워크(WSN: Wireless Sensor Network) 기술이 있다[4]. 이 기술은 21세기의 중요한 기술 중 하나이며, 무선 기술과 미세 전자제어기술(MEMS)의 발전으로 작고 값싼 스마트센서들이 다양한 분야에서 응용되고 있다. WSN은 주변의 다양한 정보를 수집하기 위해 센서, 프로세서, 근거리 무선통신과 전원으로 구성된 센서 노드(Sensor Node)와 수집된 정보를 외부로 연결하기 위한 싱크 노드(Sink Node)로 구성된 네트워크이다. 자동화된 원격정보 수집을 목적으로 과학, 의학, 군사, 산업, 도시와 교통 등 다양한 분야에 응용될 수 있는 기초 기술이다. 서로 다른 종류의 수많은 기기와 사물이 네트워크에 접속되기 때문에 기존의 사물인터넷 네트워크 구조에서 규모의 확장성, 기능의 확장성, 네트워크 모듈화, 이기종(Heterogeneous) 기기·사물 간의 상호 연동성 등을 지원해야 한다.

#### 3.2 Communication method

Fig. 7.은 사물인터넷 네트워크에 사용될 수 있는 통신 기술들의 데이터 속도와 통달 거리 등 특성을 보여주고 있다. 그 외 저전력 장거리 통신, 5G 등 여러 기술들이 개발되었거나 개발 중에 있다[5].

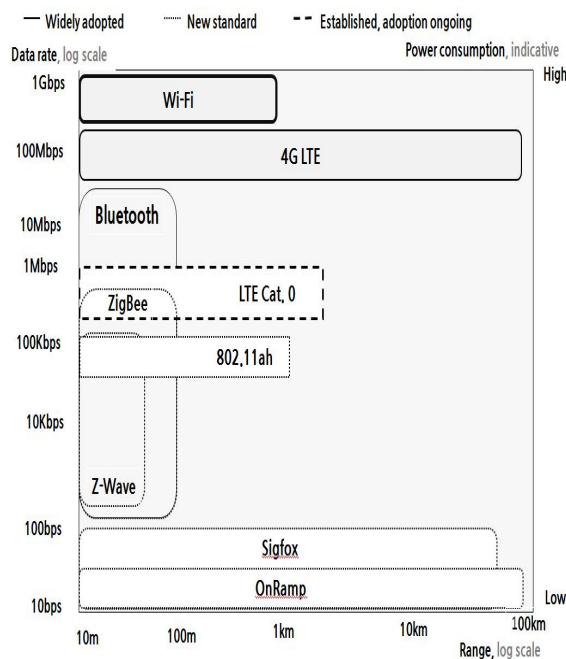


Fig. 7. New Technology of IoT

#### 3.2.1 Wifi

WiFi란 사무실처럼 특정한 공간에 위치한 디바이스들에게

고품질의 무선통신 네트워크를 구성해 주는 기술로서 AP(Access Point) 또는 핫스팟(Hot Spot)을 통해서 인터넷에 접속된다. 그리고 WiFi는 ISM(Industrial Scientific and Medical) 대역으로 지정된 2.4GHz 대역과 5GHz 대역 주파수를 이용하며, 이 주파수 대역은 산업, 과학, 의료용 기기들을 위해 할당된 주파수 대역으로서 주어진 규칙만 지키면 누구라도 허가받지 않고 사용할 수 있다. 한국은 2.4GHz(2.400~2.483GHz) 대역에 83MHz의 주파수 대역을 할당하는데요. 83MHz의 주파수 대역에는 20/22MHz 대역폭이 5MHz 간격으로 13개 채널이 할당됨에 따라 같은 채널에서 여러 대의 WiFi 기기가 사용되거나 WiFi 기기들이 인접한 채널을 이용하는 경우, 서로 다른 기기들이 통신하는 과정에서 충돌이 발생하게 되는데 이를 간섭(Interference)이라고 한다.

#### 3.2.2 Bluetooth

Bluetooth란 10m 안팎의 초단거리에서 데이터나 음성, 영상 등 저전력 무선 연결에 사용하는 무선기술(2.4GHz)이다. Bluetooth는 기기 간 마스터(Master)와 슬레이브(Slave) 구성으로 연결되는데, 마스터 기기가 생성하는 주파수 호핑에 슬레이브 기기가 동기화되지 못하면 두 기기 간 통신이 불가능하다. 초창기 Bluetooth의 전송속도는 최대 1Mbps에 불과해서 고품질 음악이나 동영상과 같은 대용량 데이터를 전송하기에는 부적합한 수준이었으나, 새로운 버전의 Bluetooth가 등장하면서 속도는 크게 향상되었다. Fig. 8.에서 보듯 Bluetooth 2.0(2004년)은 최대 2.1Mbps, Bluetooth 3.0(2009년)은 최대 24Mbps까지 속도가 올라갔다. 2010년에는 24Mbps 속도를 유지하면서도 손목시계용 코인 배터리로도 수년간 쓸 수 있을 정도로 소비 전력을 낮춘 Bluetooth 4.0이 등장하였다.

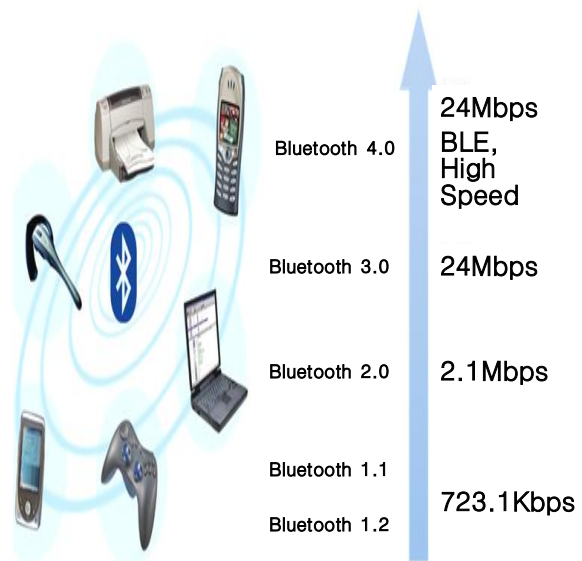


Fig. 8. Bluetooth development process

변조방식은 전송 Rate 1Mbps의 GFSK 이라 불리는 방법을

사용한다. 이 방식은 Fig. 9.에 표시된 것처럼, FSK 변조에 Gaussian 특성을 갖는 필터를 앞단에 둔 변조기를 사용하는 변조방식이다.

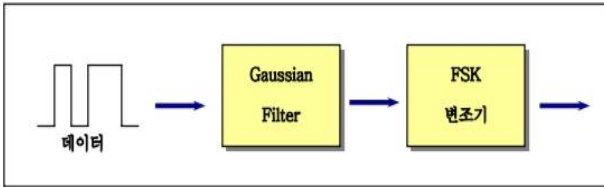


Fig. 9. Modulation method of bluetooth frequency

Gaussian Filter의 정의는 식(1)과 같이 표시 된다.

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

where  $\sigma = \sqrt{\ln(2) / 2\pi BT}$   
 (B = bandwidth, T = period)

### 3.2.3 ZigBee 및 Z-Wave

ZigBee는 사물인터넷 디바이스들 간의 통신에 필요한 요구사항들을 고려하여 꾸준히 발전된 표준기술로서 소형·저전력·저비용·근거리통신을 목적으로 IEEE 802.15.4 기반으로 구성되었다. 변조 방식은 하나의 신호 심볼을 일정한 시퀀스로 확산시켜 통신하는 방식인 직접 시퀀스 확산 스펙트럼(DSSS) 방식이며, 데이터 전송 속도는 20~250Kbps이다. Z-Wave는 덴마크 젠시스(ZenSys)가 주축이 되어 2005년에 설립된 Z-Wave Alliance에서 개발한 홈오토메이션의 모니터링과 컨트롤을 위한 저전력 통신 기술로서 908.42MHz(미국)와 주변 주파수 대역에서 동작하기 때문에 2.4GHz 대역을 사용하는 다른 표준에 비하여 통신거리가 길고, 같은 2.4GHz 주파수 대 통신 기술인 WiFi, Bluetooth, ZigBee 등이 활용처가 많아 혼잡한데 비해 Z-Wave는 간섭에 자유로운 장점이 있다. 또한 Z-Wave는 투과성이 좋아 벽이 있어도 30m 정도의 거리에서 통신이 가능하다[6].

## III. The Proposed Scheme

### 1. Configuration of Suggested system

#### 1.1 Requirements

디바이스 자동감지 시스템은 다음과 같은 요구사항이 만족되어야 한다. 첫째, 자동감지 시스템의 게이트웨이는 일정 거리(공간)내에서 디바이스의 위치를 정확하게 파악하여 디바이스의 현재 위치에서 필요한 정보를 용이하게 제공하도록 할 수 있어야 한다. 둘째, 센서 디바이스와 통신을 수행하여 상기 디바이스의 위치를 감지하는 시스템에 있어서 측위신호(Sp)를 수신 하여야 한다.

셋째, 센서 디바이스로부터 감지신호(Sd)를 수신하는 감지신호(Sd) 수신 기능이 제공되어야 한다. 넷째, 상기 측위신호(Sp) 수신부에 연결되어 상기 위치 신호를 기준값과 비교하여 기 설정된 기능의 온오프 동작을 제어하는 제어 기능을 제공하여야 한다. 마지막으로 디바이스의 종류가 다양화됨에 따라 다양한 디바이스를 수용할 수 있는 확장성을 지원해야 한다[7].

### 1.2 System design and implementation

디바이스 자동 감지 시스템 구성은 센서 디바이스로부터 측위신호(Sp)를 수신(received signal strength indication, RSSI)하는 측위신호(Sp) 수신부, 측위신호(Sp)의 세기를 기준값과 비교하여 상태를 판단하는 제어부, 상태를 표시하는 디스플레이부를 포함하고 제어부는 센서 디바이스로부터 수신된 신호에 따라 상태의 판단을 보정하는 기능을 포함한다. 이러한 기능을 포함하는 디바이스 자동감지 시스템의 구성도는 Fig. 10.과 같다. 전체 시스템 구성은 디바이스의 신호를 자동으로 감지하고 IoT 주변 장치를 제어하는 게이트웨이와 IoT 센서 디바이스로 구성되며 상호간에 통신을 수행한다. 게이트웨이 예로는 노트북이나 데스크탑PC와 같은 장치가 될 수 있다. 신호 수신부에서 자동 감지한 센서 디바이스신호를 전달받아 수신신호 세기를 측정한다[8].

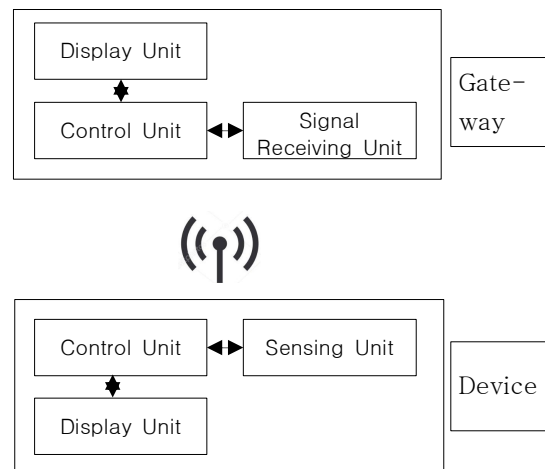


Fig. 10. Configuration diagram of device auto detection system

Fig. 11.은 시스템 전체 동작을 설명한 흐름도 이다. 첫 번째 단계는 사용자 보정단계로 일정 거리에서 미리 설정한 임계값과 측정된 값이 상이할 경우 측정된 값으로 수정하는 단계이다. 두 번째는 센서 디바이스가 발생하는 신호값을 게이트웨이가 측위신호(Sp)를 수신하는 단계이다. 보통 무선신호로 dBm으로 표시한다. 세 번째는 수신된 측위신호(Sp)와 기 설정한 임계값과 비교하는 단계이다. 네 번째는 센서 디바이스의 감지신호(Sd)(예, 가속도, 자이로, 중력 등) 수신 단계이다. 다섯째는 측위신호(Sp)와 감지신호(Sd)의 세기와 기 설정된 임계값과 비교하는 단계이다. 즉 센서 디바이스가 게이트웨이에 접근되었는지 이격되었는지 상태를 판단하는 단계이며, 접근시는 기능 활성화(작업모드)로 장치를 구동하

는 것이고 이격시는 기능 비활성화(부재모드)로 수행된다. 마지막 단계는 향후계획으로 평소 사용자의 습관을 학습시켜 두는데 학습이 특이한 상황이 발생 하더라도 평소 학습된 상태로 작동하게 하는 단계이다.

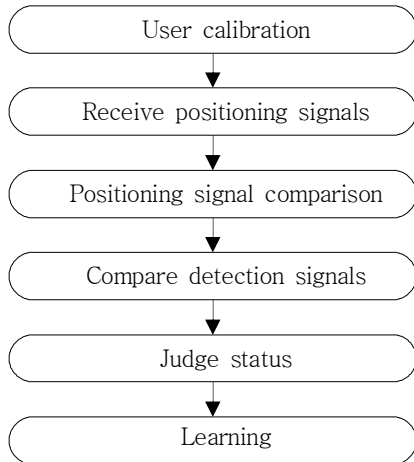


Fig. 11. Flowchart illustrating the operation of the auto-sensing system

시스템 설계는 게이트웨이에서 수신한 센서 디바이스의 측위 신호(Sp) 세기를 제1 기준값(V1ref)과 비교하여 근접 상태를 판단하되 센서 디바이스의 센서부에서 자체적으로 측정된 감지신호(Sd)를 이용하여 근접 상태에 대한 보정을 수행함으로써 게이트웨이의 안정적인 동작이 가능하도록 설계 되었다. 게이트웨이 제어부는 미리 설정된 제1 기준값(V1ref)과 실제 환경에서 수신된 측위 신호(Sp)의 세기가 동일한지 여부를 비교하고 동일하지 않으면 상기 수신된 측위 신호(Sp)의 세기를 상기 제1 기준값(V1ref)으로 설정하는 자동감지 시스템의 보정단계를 Fig. 12.에 표시 하였다.

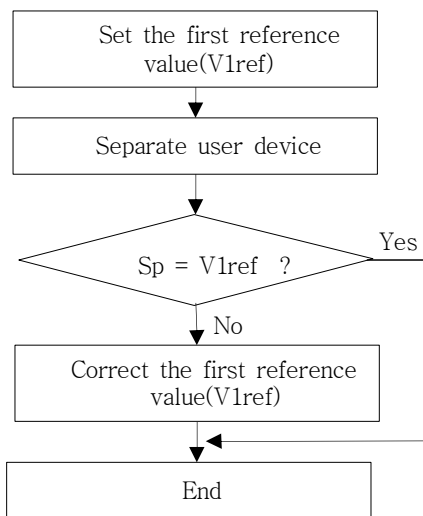


Fig. 12. Flowchart describing the calibration steps of the auto-sensing system

이용하여 구동장치를 활성화(작업모드) 시킬것인지 비활성화(부재모드) 시킬것인지 상태를 판단하는 플로우차트이다. 게이트웨이에서 측정한 센서 디바이스의 측위신호(Sp) 세기가 설정된 제1 기준값(V1ref)간의 크기를 비교하여 대소 관계의 변화가 없다면 게이트웨이와 센서 디바이스 사이에 거리상 큰 변화가 없는 것으로 판단하여 이전 상태를 그대로 유지 한다. 측정한 측위신호(Sp)와 기준값과 대소관계 변화가 있다면 측위신호(Sp)의 세기가 제1 기준값(V1ref)보다 크거나 같은 것을 비교한다. 이 상황에서 수신된 측위신호(Sp)가 기준값보다 클 경우 센서 디바이스가 게이트웨이에 근접하고 있다고 판단한다. 그러나 정확성을 위하여 센서 디바이스의 감지신호(Sd)를 제2 기준값(V2ref)과 비교하여 제2 기준값(V2ref) 보다 클 경우 근접위치로 판단한다. 반대로 감지신호(Sd)가 제2 기준값(V2ref)보다 적을 경우 이격위치로 판단한다. 상기의 감지신호(Sd)가 제2 기준값(V2ref)보다 클 경우 게이트웨이는 센서 디바이스가 게이트웨이에 대해 가까워지는 방향으로 이동중인 것으로 판단하여 게이트웨이에서 지정된 기능을 활성화 시킨다[9].

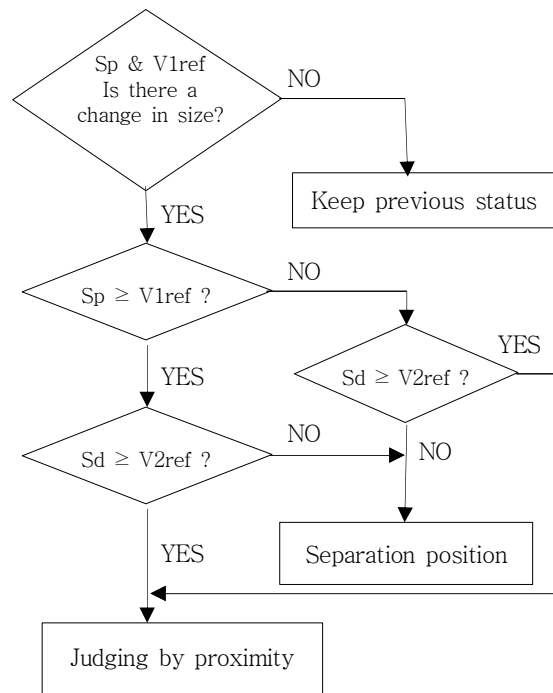


Fig. 13. Flowchart for determining the status of positioning and sensing signals

Fig. 14.는 측위신호(Sp)가 제1 기준값(V1ref)보다 크고 감지신호(Sd)가 제2 기준값(V2ref)보다 작을 때 이격위치와 근접위치 상황을 표시 하였다. 센서 디바이스의 측위신호(Sp)가 제1 기준값(V1ref) 이상이기는 하나, 상기 감지신호(Sd)가 상기 제2 기준값(V2ref) 미만인 경우 게이트웨이의 제어부에서는 센서 디바이스가 사용자에 의해 이동되지 않았음에도 측위신호(Sp)의 출력거림에 의해 상기 측위신호(Sp)의 세기가 커진 것으로 감지하여 이격위치인 것으로 판단한다.

Fig. 13.은 센서 디바이스의 측위신호(Sp) 및 감지신호(Sd)를

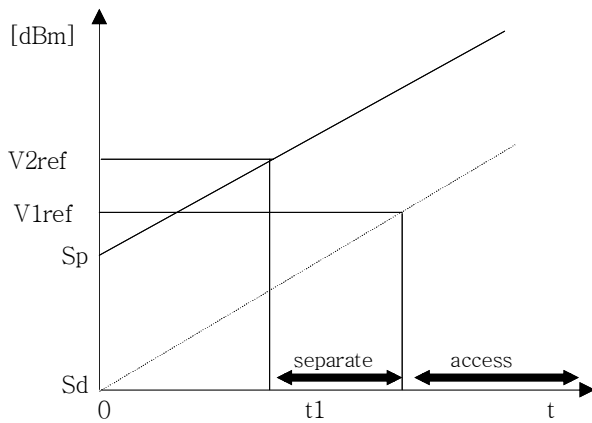


Fig. 14. When the positioning signal is larger than the first reference value and the sensing signal is smaller than the second reference value, Separated position.

## 2. Development of proposed system

센서 디바이스 자동감지 개발시스템의 기능흐름 및 모듈별 설명을 Table 1.에서 보여준다. Software based 시스템(A system that automatically detects devices)이며 시스템의 기능 블록도이다.

Table 1. Functional Flow and Explanation of each module

Functional Flow	Explanation of each module
<b>1. System activation and communication steps</b> - Gateway and sensor device communication - Measuring received signal strength	- Drive gateway and sensor - Signal strength measurement(RSSI) - Locate sensor devices and Measuring detecting signals (Acceleration, gyro, gravity)
<b>2. The received signal strength comparing step</b> - The RSSI and the first reference value	- Comparing the intensity of the device signal received from the gateway to the first reference value - If the received signal is greater than the first reference value and the sensed signal is greater than the second reference value, the function activation(ON)
<b>3. The detection signal strength comparison step</b> - The detection signal and the second reference value	- If the received signal is larger than the first reference value but the detected signal is smaller than the second reference value(OFF) - If the received signal is smaller than the first reference value and the detection signal is larger than the second reference value(ON)
<b>4. Steps to Perform</b> - Activate or deactivate - Keep previous behavior	- If the received signal is smaller than the first reference value and the detection signal is smaller than the second reference value(OFF)

소프트웨어 기반 센서 디바이스 자동감지 시스템은 C#언어로 개발되었다. 센서 디바이스 에이전트 모듈, 게이트웨이 모듈, 프로그램업데이트모듈, 디바이스 록킹모듈 등 9개로 구성하였다. 센서 디바이스 구동 제어 프로그램중 일부를 Fig. 15.와 같이 표시 하였다[10].

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Drawing;
using System.Data;
using System.Windows.Forms;

namespace SSES_Program
{
    public partial class DeviceUserControl :
        UserControl
    {
        private System.Windows.Forms.TextBox
        tbDeviceAddr5;
        public System.Windows.Forms.TextBox
        TbDeviceAddr5
        {
            get { return tbDeviceAddr5; }
            set { tbDeviceAddr5 = value; }
        }
        private System.Windows.Forms.TextBox
        tbDeviceAddr4;
        public System.Windows.Forms.TextBox
        TbDeviceAddr4
        {
            get { return tbDeviceAddr2; }
            set { tbDeviceAddr2 = value; }
        }
        private System.Windows.Forms.TextBox
        tbDeviceAddr1;
        private System.Windows.Forms.Button btOk;
        {
            get { return btOk; }
            set { btOk = value; }
        }
        public System.Windows.Forms.RadioButton
        RadioButton2
        {
            get { return radioButton2; }
            set { radioButton2 = value; }
        }
        {
            InitializeComponent();
        }
    }
}
    
```

Fig. 15. Procedure for device control

## IV. Experiment and analysis

### 1. System configuration and experiment

#### 1.1 Test environment

센서 디바이스 자동감지 시스템을 테스트할 구성도는 Fig. 16.과 같다. 고정위치에서 블루투스 LE(Low Energy) Proximity 기능 어플리케이션이 설치 된 센서 디바이스는 블루투스 신호를 수신 할 수 있는 동글(Dongle)이 삽입된 노트북(게이트웨이)에 블루투스 데이터를 주기적으로 전송한다. 이를 확인하기 위해 블루투스 프로토콜 분석기 인 BPA600 을 사용한다. 센서 디바이스와 자동감지 시스템이 적용된 노트북(게이트웨이)의 측정 거리는 1m, 3m, 5m 이다.

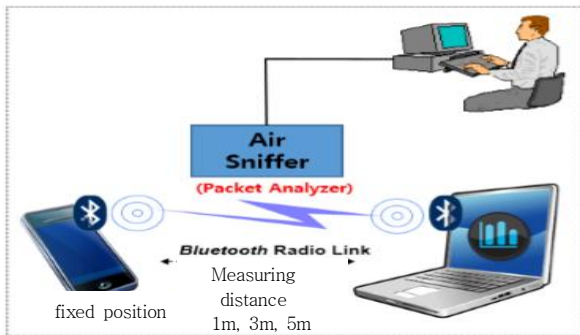


Fig. 16. Configuration diagram of fixed position signal stabilization test

시험 항목은 2가지로 수행되며 첫째는 고정위치 신호 안정화 확인 이다. 이 시험은 자동감지 시스템이 블루투스 신호를 안정적으로 수신하는지 점검하는 시험이다. 둘째는 이 시스템의 응용서비스인 전력부하 절감 확인 시험이다. 이 시험은 자동감지 시스템을 적용하였을 경우 게이트웨이에서 전력부하가 얼마나 절감되는지 확인하는 시험이다. 전력부하 감소 확인시험의 구성도는 Fig. 17.과 같다.

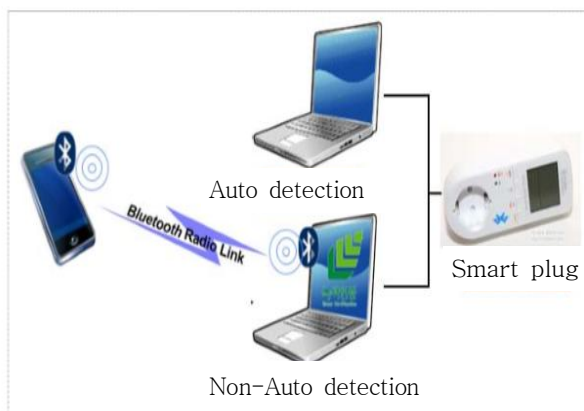


Fig. 17. Test configuration diagram of reduction of consumption current load

동일 사양의 노트북(게이트웨이) 2 대를 준비한다. 첫번째 노트북(게이트웨이)의 경우 운영체제의 전원 관리 옵션 메뉴를 사용하여 절전 모드로 설정한다. 모드 전환 기준시간인 1분, 3분, 5분, 10분 동안 소비전력을 측정한다. 동시에 다른 노트북에는 자동감지 시스템 에이전트를 이용하여 절전 모드를 실행하여 소비전력을 측정한다. 이때 각 노트북에서 소모되는 소비전력을 측정하기 위해 스마트 플러그를 사용한다.

#### 1.2 Perform the test

##### 1.2.1. Confirm signal stabilization in stationary position

시험대상은 신호 자동감지 시스템이며 게이트웨이와 디바이스 모두 시험한다. 시험목적은 자동감지 기능 적용시 블루투스 신호를 안정적으로 수신하는지 확인한다. 시험조건은 블루투스 LE Proximity 기능 어플리케이션을 디바이스에 설치한다. 디바이스로부터 블루투스 신호를 수신 할 수 있는 동글(Dongle)을 게이트웨이에 설치한다. 블루투스 데이터가 정상적으로 디바이스에서 게이트웨이로 전송되는지를 확인하기 위해 블루투스 프로토콜 분석기 BPA600을 사용한다. 시험절차는 게이트웨이에서 디바이스 자동감지 기능을 가진 에이전트를 실행한다. 디바이스의 블루투스 어플리케이션을 이용하여 게이트웨이의 동글을 찾아 블루투스 링크를 연결 한다. 디바이스와 게이트웨이간 블루투스 데이터가 정상적으로 전송되는지 확인한다. 게이트웨이에 실행되고 있는 신호처리 알고리즘 프로그램을 통해 수신된 데이터 신호세기(RSSI)의 Raw Data를 추출하여 편차를 분석한다. 자동감지 기능이 미적용된 데이터 신호세기(RSSI)의 Raw Data와 비교한다. 디바이스와 게이트웨이 측정거리를 1m, 3m, 5m에서 반복 측정한다. 시험결과를 자동감지 기능이 적용된 경우는 Fig. 18.과 같으며 미 적용된 경우의 Raw Data는 Fig. 19.와 같다. 데이터 비교시 적용 했을 경우 블루투스 신호를 안정적으로 수신함을 알 수 있다[11].

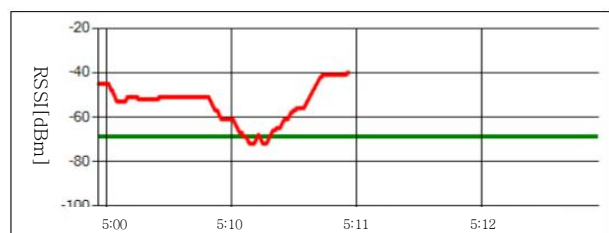


Fig. 18. Receiving bluetooth signal when auto detection function is applied

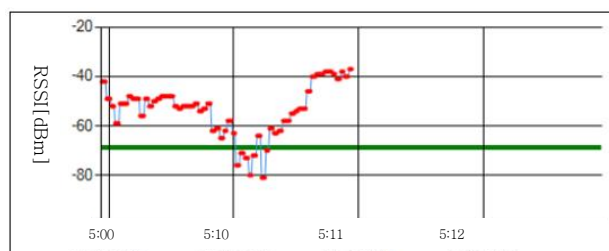


Fig. 19. Receiving bluetooth signal when auto detection function is not applied

디바이스와 게이트웨이간 거리에 따라 블루투스 신호가 안정적인지 불안정적인지 결정된다. Fig. 20.은 디바이스와 게이트웨이간 거리가 5m 이격되었을때의 자동감지 기능 적용과 미적용시의 수신신호 세기를 비교한 것이다. 수신신호 세기의 단위는 [dBm]이다[12].

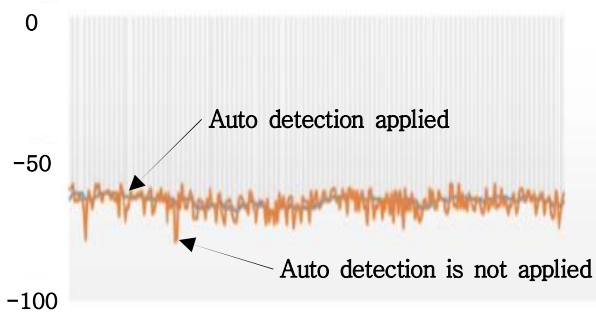


Fig. 20. Bluetooth RSSI with and without auto detection function. Distance is 5m apart

### 1.2.2. Confirm reduction of power load

시험대상은 고정위치 신호 안정화 확인 시험과 동일하게 신호 자동감지 시스템이며 게이트웨이와 디바이스 모두 시험한다. 시험목적은 자동감지 기능이 적용되어(적용시 디바이스 자동감지로 부하 절감 기능 활성화) 미적용시(운영체제의 절전 모드) 경우보다 전력부하가 절감됨을 확인한다[13].

## 2. Experimental results and analysis

자동감지 기능 미적용 게이트웨이는 운영체제의 전원 관리 옵션 메뉴를 이용하고 자동감지 기능 적용 게이트웨이는 자동감지 기능 에이전트를 사용하여 절전 모드 전환을 설정한다. 각 게이트웨이는 절전모드로 전환 후 1분, 3분, 5분, 10분 동안 소비전력을 측정한다. 각 게이트웨이의 전력부하는 스마트플러그를 사용하여 측정한다. 시험절차는 동일 사양의 게이트웨이에 전원을 공급한다. 디바이스 자동감지 게이트웨이에 자동감지 에이전트를 실행하여 디바이스와 블루투스 링크를 연결한다. 자동감지 미적용 게이트웨이는 전원 관리 옵션을 이용하여 절전 모드 전환을 최소 시간인 1 분으로 설정한다. 자동감지 기능 적용 게이트웨이의 자동감지 에이전트를 이용하여 절전모드로 진입한다. 각 게이트웨이 1분 동안의 소비전력을 측정한다. 자동감지 기능 적용 및 미적용 노트북의 절전 모드 전환 기준 시간을 3분, 5분, 10분으로 설정 한 후 각각의 경우에서의 소비전력을 측정한다. 시험 결과는 자동감지 기능 기반기술 적용시 절전모드 전환으로 인한 전력부하가 미적용 게이트웨이의 절전모드를 이용 할 경우보다 절감됨을 확인하였고 운영체제에서 제공하는 절전모드 전환 최소 시간은 1 분이며, 일반적인 사용자는 절전모드 전환을 10 분 이상으로 설정하여 사용한다. 이 경우 PC가 사용되지 않는 경우에도 전력이 소모되나, 자동감지 기능 적용 시 설정된 기준 거리 이상으로 센서 디바이스가 벗어나는 경우 바로 절전모드로 전환 되므로 자동감지 기능 미적

용 시 보다 소비전력이 낮아 절감됨을 확인 할 수 있다. Fig. 21.은 기능 적용시와 미적용시 부하절감을 비교 하였다.

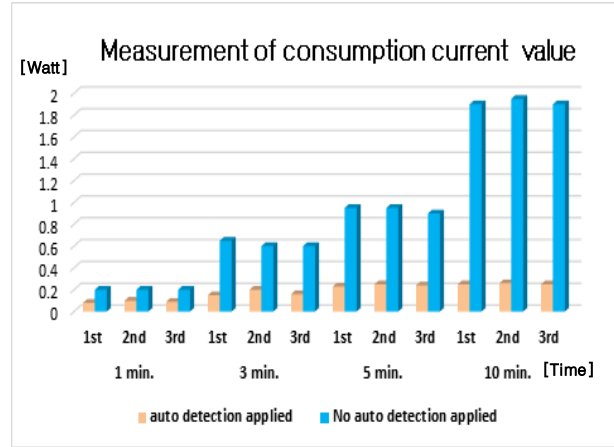


Fig. 21. Comparison of reduction of consumption current

자동감지 기능 활성화를 통하여 1분, 3분, 5분, 10분 동안 전력부하 절감을 측정 하였다[14]. 그 결과 57.1% ~ 86.3%의 절감효과를 가져 온 것으로 측정 되었다. 절감 사유는 디바이스가 이격시 게이트웨이 기능을 사용하지 않는다고 판단하여 해당 기간 동안 자동으로 절전모드로 진입하게 된다. 10분 동안 자동감지하여 절전시 0.26watt 소모되지만 자동감지 안될시 1.9watt를 소모하게 되어 최대 86.3% 절감효과를 가져온다.

## V. Conclusions

본 논문에서는 IoT기반 센서 디바이스의 접근과 이격을 게이트웨이가 자동으로 감지하는 시스템을 제안 하였다. 이러한 시스템을 활용하여 센서 디바이스의 위치에 따라 특정 솔루션(예, 컴퓨터, 공장기기 등)을 작동하거나 작동 정지(절전모드 운용)를 수행하여 장치에 부과되는 부하(예, 전력)를 절감할 수 있다. 특히 전력기기의 절전모드를 사용자 부재시 자동 수행하므로서 최대 86.3%의 절감효과를 가져왔다. 제안하는 시스템은 소프트웨어로 구성되며 IoT 관련 장치에 설치하여 시스템을 구동시키거나 또는 정지 시켜 장치의 리소스를 절약 할 수 있다[15]. IoT의 다양한 센서 디바이스 및 게이트웨이에 탑재하여 불필요한 부하를 줄일 수 있게 된다. 다음 연구로는 임베디드 시스템으로 구성 가능한 디바이스 게이트웨이의 안정적인 통신 성능에 대하여 연구 할 계획이다. 시험 시간도 늘려서 효과를 측정해 보고자 한다. IoT 기반의 스마트오피스 서비스 분야는 IT 분야의 성장하는 산업계 분야이다. 또한 도어록, 스마트시티 같은 IoT응용서비스에도 적용을 연구할 계획이다. 아울러 사용자 습관을 머신러닝 통해 학습된 행태로 운용될 수 있게 인공지능과 접목하는 연구도 진행할 예정이다.

## REFERENCES

- [1] K. H. Seo, M. K. Kwon, W. G. Jang, D. H. Kim, "Introduction to Internet of Things" baeumteo, pp.170-191 2018.
- [2] S. H. Shin, "Study on Sensor Gateway for Reliable Connection Guarantee on Large IoT Environment", Journal of KIIT, Vol. 13, No. 9, pp. 131-136, Sep. 2015.
- [3] J. H. Kim, S.M. Jeong, "Strategies for IoT-Enabled Smart City Platform based on Case Studies", Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 36, pp. 74-82, July 2018.
- [4] S. M. Jung, K. T. Kim, J. J. Lee, H. Y. Yoon, "A Research of Indoor Localization Method in WSNs Using RSSI and LQI", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 24, Jan. 2016.
- [5] S. U. Choi, "An indoor location recognition scheme combining the triangulation method and fingerprinting," Korea Information Science Society, Vol. 38, pp 112-114, Nov. 2011.
- [6] W. Y. Chang, Y. C. Lee, S. J. Yoon, H. S. Kim, "Gateway Implementation that Provides Multi-Connectivity for IoT Service", The Korean Society of Mechanical Engineers, pp. 133-134. May 2016.
- [7] I. S. Choi, Y. W. Cha, C. H. Kim, and I. K. Cho, "Design and Implementation of Management Protocol and Web Services for Sensor Network", Journal of KIIT, Vol. 9, No. 7, pp. 93-104, July 2011.
- [8] P. J. Hoon, K. H. Gi, Y. J. Uk, S. H. Lee, W. L. Kim, Y. W. Kim, "A Study on Indoor Air Sensing System Development, Based on IoT", Korean Society of Civil Engineers. pp. 1133-1134, Oct. 2014.
- [9] S. H. Shin, "Study on Lightweight IoT Sensor Gateway Using Open Source Hardware", Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 13, No. 10, pp. 85-90, Oct. 2015.
- [10] H. J. La, M. K. Kim, S. D. Kim, "A Health Assessment Platform with IoT Devices", KIISE Transactions on Computing Practices, Vol. 22, No. 5, pp.225-234, May 2016.
- [11] M. K. Chun, J. Y. Lee, "IoT Device Localization Estimation in Indoor Environment", Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, pp. 1300-1301, June 2015.
- [12] S. W. Lee, J. H. Yu, K. B. Sim, "Real-time Streaming and Remote Control for the Smart Door-Lock System based on Internet of Things", Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 25, pp. 565-570, Dec. 2015.
- [13] Y. C. Park, T. L. Due, S. G. Jung, S. G. Yeoum, M. H. Son, H. S. Choo, "Gateway and application for connection of IoT and WSNs", Korea Information Science Society, pp. 531-532, June 2015.
- [14] H. G. You, Y. E. Kim, H. J. Kim, W. H. Jang, J. J. Kook, K. J. Lee, "A Design of an Energy-saving Doorbell with Blinking Light Function using IoT Technology", The Transaction of Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 90-93, June 2018.
- [15] I. H. Lee, D. H. Park, Y. S. Son, Y. H. Lee, T. J. Park, "Technology Trends of IoT-based Smart city application", Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 36, pp. 61-68, July 2018.

## Authors



Myung-Kyu Kwon received the B.S. degree in electric engineering from Kyungpook National University, Korea, in 1985 and Ph. D. degree in Convergence Engineering from Hoseo University, Korea, in 2017. He is currently working for SK Broadband.

He is interested in Distributed system, Digital content, ICT, Digital convergence, AI, IoT, Cloud computing, and Big data.