

IoT 응용을 위한 오픈 소스 기반의 BLE 센서 모듈 개발

류대현*

Development of BLE Sensor Module based on Open Source for IoT Applications

Dae-Hyun Ryu*

요 약

모든 사물이 지능화되고 인터넷과 연결되는 IoT의 시대가 열리고 있다. IoT 생태계 구축과 활성화를 위해서는 개방형 IoT 서비스 플랫폼이 무엇보다도 중요하다. 본 논문에서는 개방형 IoT 서비스 플랫폼의 한 요소로서 오픈 소스 하드웨어와 Bluetooth4.0을 기반으로 하는 BLE 센서 모듈을 개발하여 그 도달거리와 사용가능 시간과 같은 성능을 평가하고, 테스트베드를 구축하여 그 기능을 확인하였다.

ABSTRACT

The era of IoT in which all objects are intelligent and are connected to the Internet has been started. In order to establish and activate an IoT eco system, open services platform is very important. In this paper, we developed a BLE sensor module as a component of the open service platform based on the IoT and the open source hardware Bluetooth4.0. To verify the functionality and performance of the developed BLE sensor module was built to evaluate the performance of the test environment.

키워드

IoT, BLE, Sensor, Open Source, Arduino
사물인터넷, 블루투스, 센서, 오픈 소스, 아두이노

1. 서 론

센서, 프로세서, 통신 모듈 등 전자 부품이 초소형화, 저전력화 되고, 빅데이터, 클라우드 등 플랫폼 기술과 LTE 등 네트워크 기술이 발전되면서 모든 사물이 지능화되고 인터넷과 연결되는 IoT(Internet of Things : 사물 인터넷) 시대가 열리고 있다[1-2]. 최근 IoT에 대한 관심은 가히 폭발적이라 할 수 있으며 주변의 모든 사물들이 연결되어 다양한 서비스를 제공하는 초연결 사회(Hyper Connected Society)에 대

한 기대감이 어느 때보다 커지고 있다[3].

IoT 시대가 본격적으로 열리게 되면, 사용자가 직접 개입하지 않아도 필요한 정보가 자동적으로 전달되고 주변 사물이 스스로 필요한 작업을 수행하게 될 것으로 보인다. 이러한 IoT를 통해 우리의 삶은 편의성, 안전성, 생산성 등의 측면에서 혁신적으로 변화될 것이다.

인간 중심의 인터넷이 사물 중심의 인터넷으로 발전함에 따라 네트워크 트래픽을 대부분을 사물간의 통신이 차지하게 될 것이다. 사물들은 보다 지능화되

* 교신저자(corresponding author) : 한세대학교 IT학부 교수(dhryu@hansei.ac.kr)
접수일자 : 2015. 02. 03

심사(수정)일자 : 2015. 03. 13

게재확정일자 : 2015. 03. 23

어 인간의 삶은 보다 스마트해질 것이다.

IoT는 현재의 이동통신 음성시장의 포화상태를 해결할 수 있는 중요한 융합서비스로 자리 잡을 것이며, 스마트 홈, 스마트 그리드, 헬스케어, 지능형 교통서비스 등을 중심으로 서비스가 다각화될 것으로 전망된다. IoT가 새로운 시장을 창출할 수 있는 분야로 각광받으면서, 미국, 유럽, 일본, 중국 등에서도 정부 주도의 다양한 정책들이 추진되고 있다. 우리 정부도 사물지능통신 기반구축 기본계획, 인터넷 신산업 로드맵 등을 통해 사물인터넷 시장 활성화를 위한 정책을 지속적으로 추진 중이다[4].

그러나 이러한 지능적인 IoT 서비스 시나리오는 여러 문제점으로 인해 아직 현실화되지 못하고 있다. 그 이유는 여러 가지가 있지만 사물의 센싱에서 발생하는 수많은 서비스를 공통적으로 처리할 수 있는 개방형 IoT 서비스 플랫폼 부재를 중요한 이유로 들 수 있다. 2020년 500억 개가 된다고 하는 사물의 특성, 위치 정보 등을 등록할 수 있는 개방형 서버, 응용서비스를 만들기 위한 개방형 API, 다양한 서비스를 관리하고 제공하는 개방형 서버를 통한 개방형 시스템이 바로 IoT 생태계 구축과 활성화의 중요한 요소라 할 수 있다[3-4].

애플이 작년 iOS7의 발표와 함께 선보인 아이비콘(iBeacons)은 BLE(블루투스 저에너지/Bluetooth Low Energy)를 기반으로 IoT 시대를 이끌어갈 새로운 시스템이자 '모바일 결제'시장에 새로운 길을 제시할 것으로 기대된다. 모바일을 통한 결제 시장이 주목받고 있고, 스마트홈(Smart Home), 스마트카(Smart Car)와 카플레이(Car play) 등이 우리의 일상이 되려 하는 가운데 애플이 이번 'iOS 8'의 발표와 함께 아이비콘을 통해 혁신적인 변화가 일어날 것이라 예측된다. 특히, 애플은 아이홈(iHome)이라는 서비스를 통해 스마트홈 시장에 진출하여 IoT시대를 이끌어가기 위한 준비를 하고 있다. 애플이 준비하고 있는 스마트 홈인 아이홈(iHome)의 핵심은 바로 BLE를 기반으로 하는 '아이비콘'기술이라 할 수 있으며, 현재 다양한 IoT 제품들이 대부분 BLE 기술을 적용하고 있다.

IoT를 활성화하기 위해서는 다양한 사물의 개발이 선행되어야 하는데 오픈 소스 하드웨어를 이용하여 손쉽게 아이디어를 실현화할 수 있는 ICT DIY(Do It Yourself)는 중요한 역할을 할 것으로 판단된다[5- 6].

그러나 ICT DIY로 개발된 디바이스가 인터넷이나 모바일 서비스와 연결되지 못하면 취미 이상으로 발전하기 어려우며, 이러한 상황을 극복하기 위해서는 다양한 IoT 플랫폼과의 연동이 필수적이다.

본 연구에서는 BLE를 기반으로 하는 스마트 센서 모듈을 개발하고, 오픈 소스 하드웨어인 라즈베리파이를 게이트웨이로 하는 IoT 플랫폼을 구성하여 전산실내의 온습도를 모니터링 하는 시스템을 구성하였다.

BLE를 기반의 스마트 센서 모듈은 다양한 센서들을 인터페이스할 수 있고 아두이노 개발 환경을 그대로 이용할 수 있다는 장점을 갖도록 설계하였다. 본 연구에서 개발한 BLE를 기반의 스마트 센서 모듈은 아이폰이나 안드로이드를 기반으로 하는 스마트 디바이스들과도 쉽게 연동할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 관련기술로서 BLE와 오픈 소스 하드웨어에 대해 간단히 설명한다. 3장에서는 전체 시스템 구성을 제시하고 본 연구에서 개발한 BLE를 기반의 스마트 센서 모듈의 설계를 기술하였다. 4장에서는 3장에서 개발된 모듈을 적용 시험하기 위한 시험환경을 구축한 내용과 몇 가지 시험 결과들을 기술하고 5장에서 결론을 제시하였다.

II. 관련 연구

2.1 BLE

블루투스(Bluetooth) 기술은 1994년 Ericsson의 무선 개발 연구를 기반으로해 1998년 Ericsson, Nokia, Toshiba, IBM, Intel 등이 참여해 조직한 Special Interest Group에 의해 개발되었다. 2010년 6월 30일에 채택된 Bluetooth4.0은 기존의 버전과 다른 주요 특이점을 가지고 있는데 동전크기 만한 저전력으로 1년 이상 사용할 수 있을 정도로 저전력이라는 장점을 가지고 있다. 또한 이전 블루투스 버전의 경우 슬레이브(Slave) 기기가 7대 까지만 가능했으나 Bluetooth 4.0부터는 무제한 동기화가 가능하게 되었다.

기기의 소형화, 저전력화, 그리고 물리적인 환경 요인의 영향이 적은 블루투스의 장점들로 인해 Apple과 Paypal이 BLE를 선택한 것으로 판단된다. 이미 이러한 장점들로 인해 다양한 IoT 제품들이 대부분 BLE를 적용하고 있다.

2.2 오픈 소스 하드웨어

IoT가 제대로 가치를 만들기 위해서는 통신이 가능한 사물, 사물간의 통신을 연결해주는 통신 네트워크, 사물간의 통신으로 수집된 정보로 판단 및 제어를 해주는 서비스의 3가지 요소가 효과적으로 결합되어야 한다[6-7].

이 중에서 사물은 주변의 데이터를 수집할 수 있는 능력과 통신 기능을 갖고 있어야 하는데, 기존에는 이러한 정도의 기능을 가진 사물을 제조할 수 있는 것은 대기업의 영역으로 간주되었다. 그러나 최근에 라즈베리 파이(Raspberry Pi)나 아두이노(Arduino)와 같은 오픈 소스 하드웨어가 소개되면서 다양한 분야의 사람들이 손쉽게 자신의 아이디어를 사물로 실현화할 수 있게 되었다.

오픈 소스 하드웨어는 디자인이 공개된 하드웨어로써, 누구나 하드웨어를 배우고, 수정하고, 배포하고, 제조하고, 판매도 가능하다. 최근 각광받는 오픈 소스 하드웨어 보드로는 아두이노, 저렴한 가격이지만 강력한 오픈 소스의 지원을 받고 있는 라즈베리 파이, 인텔 갈릴레오 등이 있다.

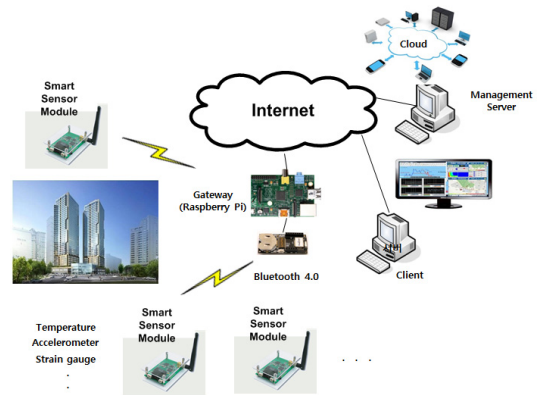


그림 1. 전체 시스템 구성
Fig. 1 Total system configuration

3.2 BLE 센서 모듈 개발

본 논문에서는 Bluetooth Low Energy를 지원하는 초소형 아두이노 호환 모듈인 RFduino를 이용하여 BLE 센서 모듈을 개발하였다. Arm Cortex-M0 32bit Processor 를 내장한 RFduino는 BT4.0 SOC ()를 탑재하고 있고 아두이노 스케치 통합프로그램이 호환이 가능하다. 표 1에 BLE 센서 모듈 규격을 나타내었다.

III. 시스템 구성 및 구현

3.1 전체 시스템 구성

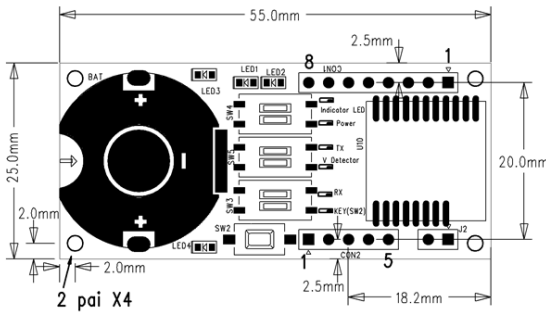
본 연구에서 개발한 오픈 소스 기반의 IoT 플랫폼의 전체 구성은 그림 1과 같다. 라즈베리파이를 게이트웨이로 BLE 모듈을 센서 모듈로 이용하였다.

본 연구에서 개발한 BLE 센서 모듈은 10 비트 ADC, I2C, SPI, UART와 GPIO 등 다양한 인터페이스를 갖도록 하여 아날로그와 디지털 출력을 갖는 다양한 센서를 인터페이스 할 수 있도록 하였다. 라즈베리파이에도 BLE 모듈을 BLE 모듈로 인터페이스하여 다수의 BLE 센서 모듈로부터 생성되는 데이터들을 서버 또는 클라우드로 전송되도록 하였다. 서버에서는 DB를 구성하여 전송되어오는 센싱 데이터를 관리하도록 하였고, 클라이언트에서는 웹 브라우저를 통해 데이터에 접근할 수 있도록 하였다. 향후 IoT 상용화를 위한 퍼블릭 클라우드 플랫폼 컨설팅 서비스인 Xively 등과도 연동할 예정이다.

표 1. BLE 센서 모듈 규격
Table 1. BLE sensor module specifications

item	specification
RF	Bluetooth 4.0 + 2.4Ghz RF TX Power - +4dBm(10.5mA) RX Sensitivity = -93dBm(13mA) Chip Ant
CPU	16MHz ARM Cortex-M0
Flash	128kb
RAM	8Kb
I/O(7)	Digital I/O Analog PWM Out Analog ADC In(10bit)
UART	Serial 38,400bps I2C, SPI
Low Power Current	50uA under @Power Save Control Mode
Operating Voltage	2.1 - 3V

그림 2에는 BLE 센서 모듈의 외형과 사진을 나타내었다.



(a) BLE 센서 모듈의 외형
(a) Shape of BLE sensor module



(b) BLE 센서 모듈의 사진
(b) Picture of BLE sensor module

그림 3. BLE 센서 모듈의 외형(a)과 사진(b)
Fig. 3 Shape(a) and picture(b) of BLE sensor module

IV. 시험 및 평가

3.4 시험 환경 구성

본 연구에서 개발한 BLE 센서 모듈을 시험하기 위해 그림 4와 같이 테스트베드를 구축하였다. 먼저 본 논문에서 개발한 BLE 센서 모듈에 AM2302 온습도 센서를 Digital I/O로 연결하여 BLE 온습도 센서 모듈을 구성하였다. BLE 센서 모듈에 6개의 GPIO가 있어서 총 6개까지의 AM2302센서를 사용하는 것이 가능하다. AM2302 센서의 데이터시트에 표시된 규격은 다음과 같다.

- 전원 전압 : 3.3~5.5V
- 인터페이스 : 1-Wire Bus
- 측정범위 : 습도 0~100%, 온도 -40~85°C
- 측정오차 : 습도 +/- 2% (최대 5%), 온도 +/- 0.5도
- 해상도 : 습도 0.1 %, 온도 0.1 °C
- 출력신호 최대전송거리 : 100 m

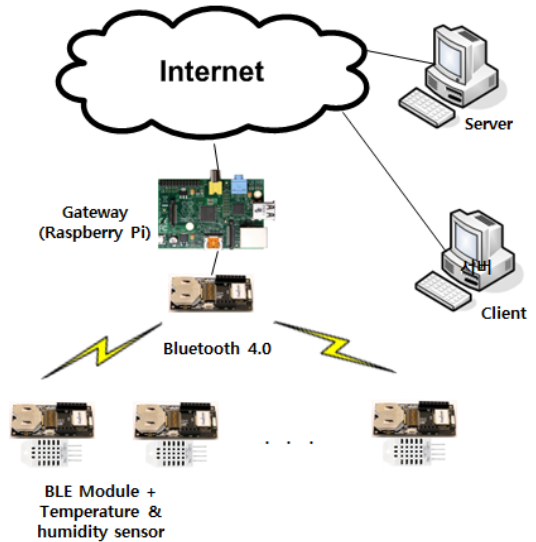


그림 4. IoT 테스트베드
Fig. 4 Test Bed for IoT

다수의 BLE 온습도 센서 모듈에서 전송되는 센싱 데이터를 모아서 인터넷을 통해 서버로 전송하기 위한 게이트웨이로는 역시 오픈 소스 기반의 하드웨어인 라즈베리파이를 활용하였다. 라즈베리파이에는 Bluetooth 4.0을 지원하는 통신모듈이 탑재되어 있지 않으므로 본 연구에서 개발된 BLE 모듈을 시리얼로 라즈베리파이와 인터페이스하여 BLE 모듈로 활용하였다. 서버로는 Ubuntu 14.04을 탑재한 PC를 활용하였으며, DB는 mysql, 웹 환경은 Apache2 그리고 웹 언어는 PHP5를 사용하였다. BLE 온습도 센서 모듈은 온습도 및 각 센서 모듈들의 ID, 설치날짜 등을 게이트웨이(라즈베리파이)를 통해 서버에 구축된 DB의 테이블에 값을 Insert한다. DB에 저장된 센서 데이터들은 그림 5와 같이 클라이언트에서 웹브라우저로 그 값을 확인할 수 있다.

testDB1 접속완료
ktsensorsdb table

idx	measurementnumber	GW (id)	movestatement	equimentnumber	heightlength (x)	width (y)	height (z)	temperature	humidity
1	2014-10-21 23:20:42	1111	111	aaa	1	2	3	11	11
2	2014-10-21 23:21:42	1111	111	aaa	1	2	3	11	11
3	2014-10-21 23:24:46	2222	222	bbb	4	6	6	22	22
4	2014-10-21 23:28:56	2222	222	bbb	4	6	6	22	22
5	2014-10-21 23:29:31	3333	333	ccc	7	8	9	33	33
6	2014-10-21 23:30:27	4444	444	ddd	10	11	12	44	44
7	2014-10-21 23:30:27	5555	555	eee	13	14	15	55	55

그림 5. 서버 UI
Fig. 5 UI of server

본 연구에서는 BLE 센서 모듈 전송 거리를 측정하여 그 결과를 표 2에 나타내었다. 총 10회를 측정한 결과 약 20m 정도의 도달 거리를 확인할 수 있다. 이 결과는 표 1에 나타난 RF 규격에 집안테나를 사용한 경우이고 외장안테나를 적용한다면 도달거리는 증가할 것으로 예상된다.

표 2. BLE 센서 모듈 전송 도달 거리
Table 2. The transmission range of BLE sensor module

attempt	1st	2nd	3rd	4th	5th
distance	22m	23m	25m	20m	22m
attempt	6th	7th	8th	9th	10th
distance	24m	21m	22m	23m	21m

본 연구에서 개발한 BLE 센서 모듈의 중요한 장점 중의 하나는 배터리 사용 시간이라 할 수 있다. 배터리 사용 시간 예측을 위해 먼저 BLE 센서 모듈에 DC 3.0V 인가 후 Idle 상태, Sleep 상태 그리고 통신 상태의 소비전류를 측정하여 그 결과를 표 3에 나타내었다. 240 mAh 정도의 용량을 갖는 코인 배터리인 CR2032을 사용한 경우, 하루 24시간 중에 활동시간 오전 10시부터 오후 6시까지 Sleep 상태, 오후 6시부터 다음날 오전 10시까지 비 활동시간으로 Idle 상태로 설정하고 데이터 전송은 하루 중 10초만 이루어지는 상황을 가정할 때 약 204일(4,903시간) 정도 사용 가능한 것으로 계산된다. 이는 데이터 전송이 하루 중 10초만 이루어지는 특별한 경우를 가정한 결과이고 데이터 전송이 많아진다면 배터리 사용 기간도 단축될 것이나 데이터 전송이 빈번하지 않은 IoT 응용에서는 양호하다고 볼 수 있다.

표 3. 배터리 사용 시간
Table 3. Battery life

	time(sec)	ratio(%)	Power Consumption (mAh)
Total time	86,400 (24hour)	100	-
Communication	10	0.012	12
Sleep	287,790	33.3	0.1157
Idle	57,600	66.6	0.0135

V. 결론

본 논문에서는 BLE를 기반으로 하는 스마트 센서 모듈을 개발하고, 라즈베리파이를 게이트웨이로 하여 온습도를 모니터링 하는 IoT 테스트베드를 구성하였다. IoT 응용에서 무선 스마트 센서 모듈로서 활용에 있어서 중요한 성능이라 할 수 있는 도달거리와 배터리 사용 시간을 측정하였다.

BLE를 기반의 스마트 센서 모듈은 다양한 센서들과 쉽게 인터페이스할 수 있고 아두이노 개발 환경을 그대로 이용할 수 있다는 장점을 갖는다. 또한 Bluetooth 4.0을 지원하므로 아이폰이나 안드로이드를 기반으로 하는 스마트 디바이스들과도 쉽게 연동할 수 있다.

본 연구가 향후 사물 인터넷의 중단 단말이나 신규 서비스로 발전하기 하기 위해서는 이를 통합적인 차원에서 연결해줄 수 있는 플랫폼과 이를 통한 생태계 구축이 매우 중요할 것이다.

감사의 글

본 논문은 2012년도 한세대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] D. Bandyopadhyay and J. Sen, "Internet of things : applications and challenges in technology and standardization," *Wireless Personal Communications*, v. 58, no. 1, May 2011, pp. 49-69.
- [2] H. Sundmaeker, P. Guillemin, P. Friess, and S. Woelffle, "Vision and challenges for realizing the internet of things," *Future Generation Computer Systems archive*, v. 29, no. 7, September, 2013, pp. 1645-1660.
- [3] Y. Oh and S. Lee, "IoT and the open source development platform," *J. of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, vol. 32, no. 6, June 2014, pp. 25-30.
- [4] K. Min, "Market policy trend analysis of

Internet of Things (IoT)," *Internet & Security Issues*, KISA, Sep. 2012, pp. 3-33.

- [5] K. Nam, "A Study on the Office Management Service Platform based on M2M/IoT," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 12, Dec. 2014, pp. 1405-1413.
- [6] K. Jeong and W. Kim, "The Implementation of Smart Raising Environment Management System based on Sensor Network and 3G Telecommunication," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 4, Aug. 2011, pp. 595-601.
- [7] J. Kim, "A cluster head replacement based on threshold in the Internet of Things," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 11, Nov. 2014, pp. 1241-1248.

저자 소개



류대현(Dae-Hyun Ryu)

1983년 부산대학교 전기기계공학과 졸업(공학사)

1985년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1997년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1987년~1998년 2월 전자통신연구원 선임연구원

1998년 3월~현재 한세대학교 IT 학부 교수

※ 관심분야 : IoT, M2M, 정보보호, 영상처리