



## Design and Implementation of Multi-Access BLE/Wi-Fi Gateway using Arduino

Seok-Yeol Heo, Seungyeol Lee, Wan-Jik Lee\*

*Department of IT Engineering & Application, Pusan National University*

### ABSTRACT

Recently, many hardware platform and communication technologies are developed and being used for IoT. Additionally a lot of new technologies are newly appeared; however these technologies have pros and cons respectively, one hardware platform or communication technologies have some pretty limits to adopt them to all environment and applications. Arduino is open source based single board micro-controller and receives attention as a hardware platform for IoT with Raspberry Pi. Additionally, Arduino is accepted as more proper device for sensor node in IoT environment because of cheapness and lightness compared with other platform. BLE(Bluetooth Low Energy) is evaluated as a technology apt for the healthcare and smart home application which requires a certain level transmission rate based on low energy and fast connection. Arduino using BLE is suitable for sensor node in the IoT environment but we have difficult in enlarging transmission range and sensing area due to restricted transmission range of BLE and I/O port of Arduino. In this paper, we design and implemented a multi-access BLE/Wi-Fi gateway using Arduino. We build a testbed monitoring system using Google Chart which is based on RESTful API. Through the empirical test we confirmed that BLE/Wi-Fi gateway can solve the multiple access and transmission limitation issues of BLE.

© 2016 KKITS All rights reserved

**KEYWORDS :** Arduino, IoT, Bluetooth smart, BLE, Gateway, Multi-access,

**ARTICLE INFO:** Received 11 November 2016, Revised 12 December 2016, Accepted 12 December 2016.

\*Corresponding author is with the Department of IT Engineering & Application, Pusan National University, Cheonghak-ri, Samlanggin-eup Miryang, Gyungnam,

50463, KOREA.

*E-mail address:* wjlee@pusan.ac.kr

## 1. 서론

미래 인터넷 기술의 핵심인 IoT는 아주 빠르게 진화하고 있으며 그 적용 영역을 광범위하게 넓히고 있다. 지금까지 IoT를 위한 많은 하드웨어 플랫폼이나 통신 기술들이 개발되어 사용되고 왔고 또한 많은 기술들이 새롭게 등장하고 있다[1]. 하지만 IoT를 위한 하드웨어 플랫폼이나 통신기술은 각각 장단점을 가지고 있어서 하나의 플랫폼이나 통신 기술로서 모든 환경이나 응용에 적용하는 것은 한계가 있다. 따라서 IoT 서비스 환경이 바뀌거나 새로운 응용이 등장하면 이에 적합한 새로운 기술을 개발하거나 기존 기술들을 적절하게 융합하여 적용하는 것이 필요하다[2].

아두이노는 오픈 소스 기반의 단일보드 마이크로 콘트롤러로서 라즈베리 파이와 함께 IoT를 위한 하드웨어 플랫폼으로 가장 많은 주목을 받고 있다[3]. 또한 아두이노는 다른 플랫폼에 비해 상대적으로 저렴하고 가볍기 때문에 IoT 환경의 센서 단에 가장 적합한 디바이스로 인정받고 있다. 이와 함께 IoT 환경의 통신 기술로는 지금까지 사용되어 온 IEEE 802.15.4[4], Wi-Fi[5], Bluetooth 등을 대신하여 최근에는 저전력을 기반으로 한 BLE(Bluetooth Low Energy)와 LTE-A[6]나 LoRA[7]와 같은 Sub-1Ghz가 새롭게 등장하여 관심을 받고 있다.

이들 중에서 BLE는 저 전력과 빠른 연결, 그리고 메가 급의 대역폭을 제공하기 때문에 일정수준의 전송률을 필요로 하는 헬스케어나 스마트 홈 응용에 가장 적합한 기술로 평가 받고 있다[8,9]. 그러나 BLE는 전송거리에 제한이 있고 일대일 연결을 기본으로 동작하기 때문에 BLE를 사용하는 아두이노는 IoT 환경에서 센서 단에는 적합하지만 전송 거리와 센서 영역을 확장하는데 어려움이 있다. 반면에 Wi-Fi는 기본적으로 다중접속을 제공하며 상대적으로 넓은 전송영역 우수한 확장성을 가

지고 있다.

본 논문에서는 BLE를 사용하는 아두이노의 장점을 활용하고 제한된 전송거리와 다중 접속 제약을 해결하기 위해 다중접속을 지원하는 BLE/Wi-Fi 아두이노 게이트웨이를 설계하고 구현하였다. 또한 구현된 게이트웨이의 정상적인 동작 테스트를 위해서 RESTful API 기반의 구글 차트를 이용한 모니터링 시스템을 구축하고 시험적인 테스트를 수행하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 다음의 2 장에서는 IoT 환경에서의 게이트웨이 관련연구를 알아보고, 3장에서는 BLE/Wi-Fi 게이트웨이 구현을 위한 요구 사항에 대해 분석한다. 또한 4장에서는 게이트웨이 설계와 구현에 관한 내용을 기술하고, 마지막 5장에서 결론과 향후 계획에 대해 설명한다.

## 2. 관련연구

IoT의 등장과 확산에서 빠질 수 없는 요소가 IoT 게이트웨이이다. IoT 게이트웨이는 각 디바이스의 데이터를 수집하고 인터넷 영역으로 전달하며 외부에서 각각의 디바이스와 연결할 수 있는 인터페이스 역할을 하는 1차 관문이다. IoT 게이트웨이를 사용하면 센서 단의 각 디바이스가 직접 인터넷에 접근할 필요가 사라짐으로써 네트워크 대역폭의 부담을 낮출 수 있다. 또한 IoT 게이트웨이에게 적절한 기능을 부여하여 불필요한 데이터를 제거하고 필요한 데이터만 전달함으로써 데이터 수집과 분석에 대한 실효성을 기대할 수 있다. 이에 따라 IoT 게이트웨이는 IoT 서비스를 구성하는데 꼭 필요한 요소로 권고되고 있으며 인텔[10], IBM[11], 오라클[12]과 같은 글로벌 기업들은 IoT 게이트웨이 플랫폼 시장을 선점하기 위해 노력하고 있다.

한편 Haolin외 2명[13]은 리눅스의 블루투스 스택인 BlueZ을 기반으로 BLE 상에서 IPv6를 이용하

여 센서단의 데이터를 인터넷을 전송하는 방법을 연구하였고 Thomas 외 5명[14,15]은 IoT 환경에서 게이트웨이의 역할 및 문제점을 분석하고 BLE와 Wi-Fi/3G를 연동하는 게이트웨이 구조를 제안하고 이를 스마트폰과 GAP(Generic Access Point) 형태로 구현하였다. Park외 4명[16]은 블루투스를 이용한 다중접속 게임 제어 시스템을 제안하고 구현하였으며 Kim외 3명[17]은 블루투스 기반의 WBAN 응용 시스템 사례를 소개하였다. 또한 인터넷 표준화 기구인 IETF에서는 IPv6를 이용해서 BLE와 인터넷과 연동하는 방식[18]을 발표하였다.

### 3. BLE/Wi-Fi 게이트웨이 구현을 위한 요구사항 분석

IoT 환경에서 센서 단은 대부분 수많은 센서 노드로 구성되며 센서 노드는 수집된 데이터를 로컬 또는 원격에 있는 서버단에 전송하는 역할을 담당한다. 이런 연결 전송 과정에서 센서 노드와 서버를 직접 연결하는 것보다 게이트웨이를 이용하는 것이 확장성과 유용성 면에서 더 유리하다. 본 장에서는 센서단은 BLE를 사용하고 서버단 전송은 Wi-Fi를 사용하는 BLE/Wi-Fi 게이트웨이 구현을 위한 기술 요구 사항에 대해 분석한다.

#### 3.1 탐색기능

아두이노 게이트웨이는 기본적으로 자신의 블루투스 통신 영역 내에 존재하고 있는 슬레이브 노드에 대한 기본 정보를 가지고 있어야 한다. 이를 위해서 게이트웨이는 자신의 블루투스 통신 영역 내에 있는 슬레이브 노드를 탐색하는 기능을 가져야 한다. 게이트웨이의 탐색 기능은 슬레이브 노드와 직접적으로 데이터를 송수신 하지는 않지만 디바이스에 대한 기본 정보를 획득하는 기능이다. 디

바이스에 대한 기본 정보는 빠른 연결설정과 재설정을 쉽게 할 수 있도록 하며 추가적으로 서버와 연동하여 보안이나 실시간 위치추적 등의 응용에 활용할 수 있다. 이러한 기본 정보는 프로파일 정보와 장치이름, 암호 키, MAC 주소 등이 포함된다.



그림 1. BLE/Wi-Fi 게이트웨이 탐색기능  
Figure 1. Neighbor Discovery function in BLE/Wi-Fi Gateway

<그림 1>에서 보는 것과 같이 게이트웨이는 주기적 또는 이벤트(서버에서 전송되는 명령) 기반으로 블루투스 통신 영역 내에 있는 슬레이브 노드를 탐색하고 이 노드에 대한 정보를 자신의 테이블에 저장한다. 테이블에 저장된 정보는 필요에 따라 서버에 전송되어 관리되고 동기화 될 수 있다.

#### 3.2 일대일 전송 기능

게이트웨이가 기본적인 탐색 기능을 수행하면 슬레이브 노드에 대한 기본 정보를 획득 할 수 있으며 획득된 노드의 프로파일 특성에 따라서 전송 형태(단방향 또는 양방향)와 연결 유형(일대일 또는 다대일) 특성이 결정된다. 만일, 게이트웨이가 하나의 슬레이브 노드하고만 페어링을 할 경우에는 일대일 연결이 되며 노드의 프로파일 특성에 따라 단방향 또는 양방향 전송형태를 결정한다.

게이트웨이는 일대일 전송기능을 수행할 때 디바이스와 단방향 연결일 때는 수신된 데이터를 서버에게 포워딩 하는 기능을 수행해야 하며 양방향

연결일 경우에는 수신 데이터 포워딩 기능 외에 서버에서 전송된 명령을 슬레이브 디바이스에게 포워딩 하는 기능을 추가로 수행할 수 있어야 한다. <그림 2>는 슬레이브 노드와 양방향 일대일 연결 동작 환경을 보여준다.

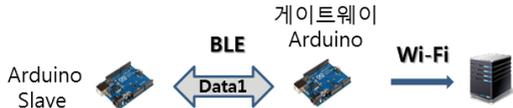


그림 2. BLE/Wi-Fi 게이트웨이 양방향 일대일 송수신 기능  
Figure 2. One-to-one bi-directional communication function in BLE/Wi-Fi Gateway

### 3.3 다대일 전송 기능

게이트웨이가 자신의 블루투스 통신영역 내에 있는 여러 개의 슬레이브 노드에 대해서 데이터를 송수신하거나 서버에서 전송된 명령을 전달하기 위해서는 게이트웨이와 슬레이브 노드 간의 다중 접속이 가능해야 하며 디바이스의 프로파일 특성에 따른 전송형태를 지원해야 한다.

디바이스 간 일대일 연결을 기본으로 개발된 블루투스는 피코넷을 구성할 경우에는 마스터-슬레이브 간 다중접속을 할 수 있다. 따라서 게이트웨이는 다대일로 접속된 슬레이브 노드와 단방향 데이터 수신과 양방향 데이터 송수신 기능을 수행해야 한다. 다중접속 경우에도 일대일 전송과 같이 슬레이브 노드의 데이터를 서버에 포워딩하고 서버가 보내온 명령을 슬레이브 노드에게 포워딩하는 기능이 필요하다.

그러나 지금까지 개발된 대부분의 블루투스 모듈은 다중접속의 경우 단방향 데이터 전송만을 지원하기 때문에 양방향 다중접속 기능은 양방향 일대일 전송기능을 확장하여 구현하는 것이 필요하다. <그림 3>과 <그림 4>는 게이트웨이에서의 다대

일 데이터 송수신 기능을 보여준다.



그림 3. BLE/Wi-Fi 게이트웨이 단방향 다대일 송수신 기능  
Figure 3 Many-to-one uni-directional communication function in BLE/Wi-Fi Gateway

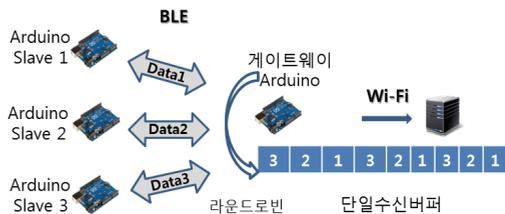


그림 4. BLE/Wi-Fi 게이트웨이 양방향 다대일 송수신 기능  
Figure 4 Many-to-one bi-directional communication function in BLE/Wi-Fi Gateway

### 3.4 데이터 포워딩 기능

게이트웨이는 슬레이브 노드가 송신한 블루투스 패킷을 받으면 이를 Wi-Fi 망을 통해 서버에게 포워딩하기 위한 패킷 변환을 수행한다. Wi-Fi 망은 인터넷 프로토콜을 사용하기 때문에 수신된 블루투스 패킷을 적절한 TCP/IP 패킷으로 변환한 뒤 서버로 포워딩한다. 이를 위하여 게이트웨이는 수신된 블루투스 패킷의 페이로드 필드에서 데이터를 추출하여 TCP/IP 패킷의 페이로드 필드에 복사한다. 서버로 전송되는 TCP/IP 패킷은 게이트웨이와 서버 사이의 서비스 접속 형태(예: 웹 접속)에 따라 달라질 수 있다. <그림 5>는 슬레이브 노드가 보낸 블루투스 패킷을 서버로 포워딩하기 위해 TCP/IP 패킷으로 변환하는 과정을 보여준다.

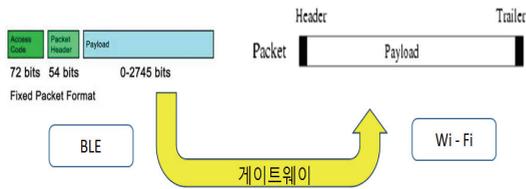


그림 5. BLE/Wi-Fi 게이트웨이 데이터 변환기능  
Figure 5 Data conversion function in BLE/Wi-Fi Gateway

위의 그림처럼 슬레이브 노드가 보낸 데이터를 서버로 포워딩하는 것과 반대로 양방향 서비스일 경우에는 서버가 보낸 데이터(명령)를 해석한 뒤 이를 해당 디바이스에게 포워딩 하는 기능도 필요하다. 양방향 데이터 서비스를 위해서는 슬레이브 노드와 서버 사이의 주소 매핑이 필요한데, 이것은 응용레벨에서 처리할 수도 있고 TCP 레벨에서 TCP 포트와 블루투스 주소를 매핑하는 방법을 사용할 수도 있다.

### 3.5 슬레이브 노드 기능

블루투스 모듈을 탑재한 아두이노 슬레이브 노드는 이미 설정된 프로파일 특성에 따라서 전송형태와 연결유형이 결정된다. 따라서 게이트웨이 접속을 위한 특별한 기능을 필요로 하지는 않으며 작동초기에 게이트웨이에게 필요한 프로파일 정보를 전송하고 자신의 응용에 따른 고유한 기능을 수행하면 된다.

## 4. BLE/Wi-Fi 게이트웨이 설계 및 구현

본장에서는 3장에서 분석한 게이트웨이 기능을 바탕으로 본 연구에서 설계한 BLE/Wi-Fi 게이트웨이 설계와 구현에 대해 기술한다.

### 4.1 BLE/Wi-Fi 게이트웨이 기능 설계

게이트웨이와 슬레이브 노드와의 전송형태와 연결유형을 효과적으로 관리하기 위하여 다음과 같은 3가지 모드를 정의하였다.

- **비콘모드:** 초기상태에서 이 모드로 들어가며 주변 노드에 대한 탐색을 처리하며 서버의 명령이나 이벤트를 대기
- **페어링모드:** 일대일 데이터 송수신을 기본으로 하며 다중접속일 경우에는 접속된 슬레이브에 대해서 라운드 로빈 방식으로 다대일 데이터 송수신 서비스를 수행
- **스트림모드:** 다중접속에서 다대일 단방향 데이터 송수신 서비스를 수행

게이트웨이는 필요한 기능과 발생하는 이벤트에 따라서 모드를 전환하도록 설계하였다. 초기 모드는 비콘 모드이며 슬레이브 노드의 프로파일 특성이나 명령에 따라서 페어링 모드나 스트림 모드로 변경된다. <그림 6>은 게이트웨이의 상태 천이도를 보여준다.

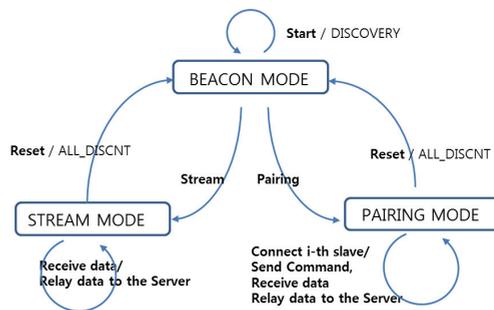


그림 6. BLE/Wi-Fi 게이트웨이 상태 천이도  
Figure 6 State transition diagram of BLE/Wi-Fi Gateway

게이트웨이는 동작모드(페어링/스트림)에서 기능을 수행하다가 모든 노드의 접속이 종료되거나 서버로부터 Reset 명령이 오면 다시 비콘 모드로 돌아가서 초기 절차를 수행한다. 게이트웨이의 중요

동작 절차를 <그림 7>에 나타내었다.

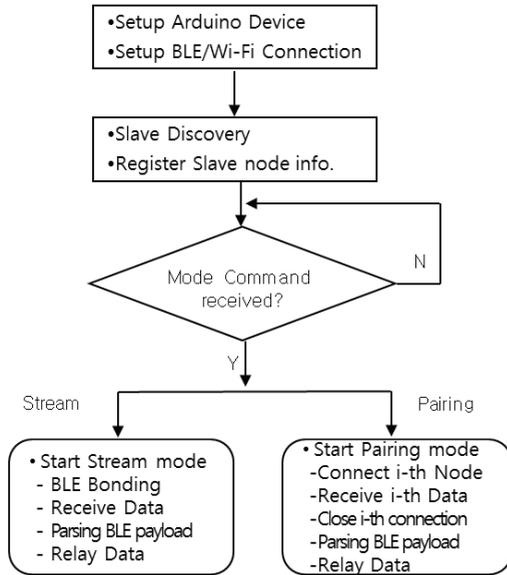


그림 7. 게이트웨이 주요동작 순서도  
Figure 7 Flowchart of major operation of BLE/Wi-Fi Gateway

## 4.2 BLE 슬레이브 기능 설계

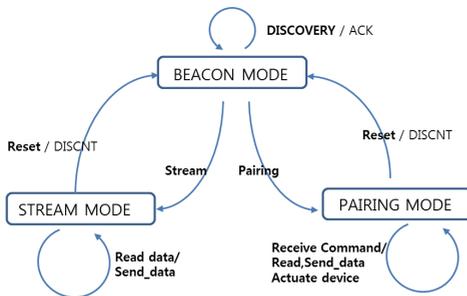


그림 8. 슬레이브 노드 상태 천이도  
Figure 8 State transition diagram of slave node

슬레이브 노드는 자신에게 부여된 고유한 프로파일 특성에 따라서 단방향 송신 또는 양방향 데이터 송수신 기능을 모두 가질 필요는 없다. 그러나 본 연구에서는 슬레이브 노드도 게이트웨이와

동일하게 3가지 모드를 가지면서 게이트웨이와 접속 형태에 따라서 동작모드 설정을 할 수 있도록 설계하였다. <그림 8>은 슬레이브의 상태 천이도를 보여준다.

슬레이브 노드의 중요 동작 절차는 <그림 9>에 나타내었다

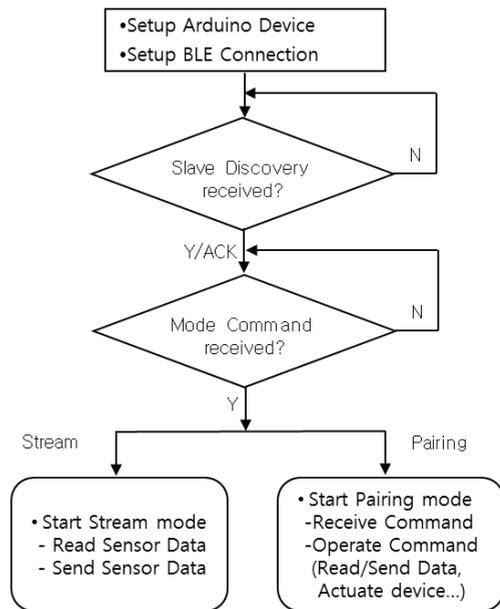


그림 9. 슬레이브 노드 주요동작 순서도  
Figure 9 Flowchart of major operation of slave node

## 4.3 BLE/Wi-Fi 게이트웨이 테스트



그림 10-a. 테스트베드 전체 시스템 구성도  
Figure 10-a. Block diagram of entire test-bed system

본 연구에서 구현한 BLE/Wi-Fi 아두이노 게이트

웨이의 동작을 시험하기 위하여 <그림 10>과 같이 테스트베드를 구축하였다. 테스트베드의 서버에는 REST API[19] 기반의 구글 차트[20]를 이용한 모니터링 시스템을 구축하고 시험적인 테스트를 수행하였다.



그림 10-b. BLE/Wi-Fi 게이트웨이 테스트베드 환경  
Figure 10-b. Test-bed environment of BLE/Wi-Fi gateway

게이트웨이의 정상적인 동작 테스트를 위하여 다대일 양방향 데이터 송수신 기능을 중심으로 다음과 같은 시나리오를 구성하였다.

- (1) 게이트웨이와 슬레이브 노드는 초기 상태로 진입하여 탐색기능을 수행한 뒤 데이터 전송모드로 전이하기 위해 대기
- (2) 게이트웨이는 탐색기능을 통해 발견된 슬레이브 노드의 기본정보를 서버에게 전송하고 서버의 명령을 대기
- (3) 서버는 게이트웨이가 보내온 슬레이브 노드에 대한 정보를 DB에 등록하고 양방향 다중접속 모드 명령을 게이트웨이에게 전달
- (4) 게이트웨이는 서버에서 보내온 명령을 슬레이브 노드에 포워딩하고 페어링 모드로 변경
- (5) 슬레이브 노드는 게이트웨이가 포워딩한 명령어를 받고 페어링 모드로 변경

- (6) 게이트웨이는 등록된 슬레이브 노드들에 대해서 라운드 로빈 방식으로 데이터를 서버에게 전달

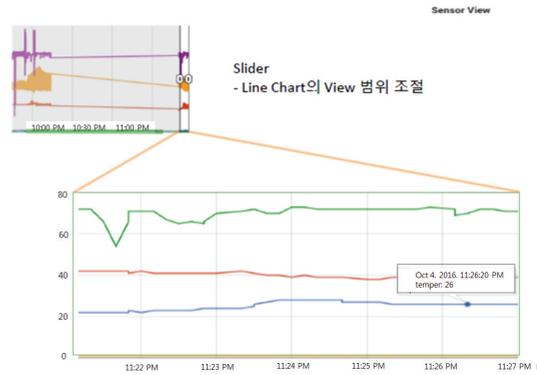


그림 11. 라인차트를 이용한 모니터링 시스템 실행 결과  
Figure 11. Test result of monitoring system using Line Chart

Table Chart  
-온습도, 조도 센서 실시간 값 파악 가능

created_at	device	temper	humidity	led	light
Oct 4, 2016, 11:27:00 PM	1	26	39	1	71
Oct 4, 2016, 11:27:00 PM	1	26	39	1	71
Oct 4, 2016, 11:26:50 PM	1	26	39	1	71
Oct 4, 2016, 11:26:40 PM	1	26	39	1	72
Oct 4, 2016, 11:26:30 PM	1	26	39	1	72
Oct 4, 2016, 11:26:20 PM	1	26	39	1	70
Oct 4, 2016, 11:26:10 PM	1	26	39	1	72
Oct 4, 2016, 11:26:10 PM	1	26	39	1	69
Oct 4, 2016, 11:25:50 PM	1	26	39	1	73
Oct 4, 2016, 11:25:40 PM	1	26	39	1	72
Oct 4, 2016, 11:25:30 PM	1	26	39	1	72
Oct 4, 2016, 11:25:20 PM	1	26	39	1	72
Oct 4, 2016, 11:25:10 PM	1	27	38	1	72
Oct 4, 2016, 11:25:00 PM	1	27	38	1	72
Oct 4, 2016, 11:24:40 PM	1	28	39	1	72
Oct 4, 2016, 11:24:40 PM	1	27	39	1	72
Oct 4, 2016, 11:24:30 PM	1	28	39	1	72

그림 12. 테이블 차트 실행 결과  
Figure 12. Test result of Table Chart

위의 테스트 시나리오를 이용하여 서버에서 모니터링 시스템을 실행한 결과를 <그림 11>과 <그림 12>에 나타내었다. <그림 11>과 <그림 12>에서 슬

레이브 노드들이 게이트웨이에 다중접속해서 전송한 데이터가 정상적으로 수신되고 DB에 업데이트되는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 구현한 BLE/Wi-Fi 게이트웨이는 BLE의 전송거리 한계를 2배 이상 늘렸으며 직진성을 보완하여 센서 디바이스의 담당영역을 확장할 수 있다. 추가적으로 게이트웨이의 성능이 담보된다면 종단 디바이스의 프로파일에 따라 서로 다른 접속제어가 가능하다.

## 5. 결 론

IoT를 구성하는 여러 가지 요소들 중에서 IoT 게이트웨이는 각 디바이스의 데이터를 수집하고 인터넷 영역으로 전달하며 외부에서 각각의 디바이스와 연결할 수 있는 인터페이스 역할을 하는 관문 역할을 수행 한다.

본 논문에서는 IoT 서비스를 구성하는데 필수적인 요소로 권고되고 있는 IoT 게이트웨이를 아두이노를 이용하여 설계하고 구현하였다. 이를 위하여 본 논문에서는 BLE망과 인터넷을 연동할 수 있는 BLE/Wi-Fi 게이트웨이 구조에 필요한 요구사항을 분석하고 이를 바탕으로 게이트웨이를 구현하였다. 구현한 IoT 게이트웨이는 BLE 통신을 통해 센서 노드를 연결하고 Wi-Fi 통신을 이용하여 서버와 접속하는 구조를 가진다. BLE/Wi-Fi 게이트웨이는 가장 기본적인 이웃 탐색 기능 외에 센서 노드와 양방향 일대일 연결과 단방향/양방향 다대일 연결을 지원한다. 또한 센서 노드가 전송한 데이터를 인터넷 상의 서버에게 전송하는 데이터 포워딩 기능도 가지고 있다.

구현된 BLE/Wi-Fi 게이트웨이는 RESTful API 기반의 구글 차트를 이용한 모니터링 시스템 테스트 베드에서 시험적인 테스트를 통해서 본 논문에서 분석한 기능들을 정상적으로 수행하였으며 BLE의 다중접속과 전송거리 제한문제를 해결할 수 있음

을 확인하였다. 하지만 본 논문에서 구현한 게이트웨이는 낮은 성능과 단일 스테드만을 지원하는 아두이노의 제한성 때문에 접속할 수 있는 슬레이브 노드 수가 제한되고 제한된 대역폭만 제공되는 문제점을 가지고 있다. 앞으로 본 연구에서 개발된 게이트웨이 기능을 라즈베리 파이와 같은 좀 더 높은 사양의 플랫폼에 이식할 계획이다.

## References

- [1] L. D. Xu, H. Wu, and L. Shancang, *Internet of things in industries: A survey*, IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 10, No. 4, pp. 2233-2243, Nov. 2014.
- [2] D. Suparna, T. Elsaleh, P. Barnaghi, and S. Meissner, *An internet of things platform for real-world and digital object*, Scalable Computing: Practice and Experience, Vol. 13, No. 1, pp. 45-58. 2012.
- [3] Arduino. What is Arduino, <http://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>, Jul. 2016.
- [4] J. A. Gutierrez, M. Naeve, E. Callaway, M. Bourgeois, V. Mitter, and B. Heile, *IEEE 802.15. 4: a developing standard for low-power low-cost wireless personal area networks*, IEEE network, Vol. 15, No. 5, pp. 12-19, Sep.-Oct. 2001.
- [5] E. Ferro, and F. Potorti, *Bluetooth and Wi-Fi wireless protocols: a survey and a comparison*, IEEE Wireless Communications, Vol. 12, No. 1, pp. 12-26, Feb. 2005.
- [6] A. Ghosh, R. Ratasuk, B. Mondal, N. Mangalvedhe, and T. Thomas, *LTE-advanced: next-generation wireless broadband technology [Invited Paper]*, IEEE Wireless Communications, Vol. 17, No. 3, pp. 10-22, Jun. 2010.

- [7] L. Alliance, NB-IoT vs LoRa Technology: Which could take gold?, <http://www.lora-alliance.org/What-Is-Lora/LoraWan-White-Paper>, Jul. 2016.
- [8] C. Bisdikian, *An overview of the bluetooth wireless technology*. IEEE Communication Magazine Vol. 39, No. 12, pp. 86-94, 2001.
- [9] Texas Instruments. Building a gateway to the Internet of Things. <http://www.ti.com/lit/wp/spmy013/spmy013.pdf>, Jun. 2016.
- [10] Intel Corporation. Developing solutions for the Internet of Things White Paper. <http://intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/white-papers/developing-solutions-for-iiot.pdf>, Aug. 2016.
- [11] P. Crocker, *IBM Watson IoT platform*, In InterConnect 2016, The Premier Cloud & Mobile Conference, March 19-23 NV, IBM, USA, 2016.
- [12] Pande, Prajakta, and A. R. Padwalkar, *Internet of things—a future of Internet: a survey*, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Management Studies. Vol. 2, No. 2, Feb. 2014.
- [13] H. Wang, M. Xi, J. Liu, and C. Chen. *Transmitting IPv6 packets over bluetooth low energy based on BlueZ*, Advanced Communication Technology(ICTACT), 2013, 15<sup>th</sup>International Conference on, pp. 72-77, Jan. 2013.
- [14] T. Zachariah, N. Klugman, B. Campbell, J. Adkins, N. Jackson, and P. Dutta, *The internet of things has a gateway problem*, In HotMobile 2015, Proceedings of the 16<sup>th</sup>International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, NY, ACM, USA, pp. 27-32, Feb. 2015.
- [15] N. Klugman, B. Campbell, T. Zachariah, N. Jackson, and P. Dutta, *Demo: Open gateway architecture for the internet of things*, In HotMobile 2015, Proceedings of the 16<sup>th</sup>International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications NY, ACM, USA, Feb. 2015.
- [16] S. M. Park, H. J. Kim, J. K. Kim, T. G. Hwang, and S. J. Lee, *Design and implementation of multiple access game control system using Bluetooth*, Journal of IKEEE. Vol. 17, No. 4, pp. 492~498, 2013.
- [17] M. K. Kim, J. Y. Sohn, I. S. Yang, and J. S. Park, *WBAN applications based on Bluetooth*, Information and Communications Magazine of KICS, Vol. 25, No. 2, pp. 47-53, 2008.
- [18] J. Nieminen, T. Savolainen, M. Isomaki, B. Patil, Z. Shelby, and C. Gomez, *IPv6 over BLUETOOTH(R) low energy*, RFC 7668, 2015.
- [19] Google Charts, <https://developers.google.com/chart>, Sep. 2016.
- [20] REST API Resources, <http://www.developer.wordpress.com/docs/api>, Aug. 2016.

---

## 아두이노를 이용한 다중접속 BLE/Wi-Fi 게이트웨이 설계 및 구현

허석렬, 이승열, 이완직

부산대학교 IT응용공학과

---

### 요 약

지금까지 IoT를 위한 많은 하드웨어 플랫폼이나 통신 기술들이 사용되어 왔고 또한 많은 통신 기술들이 사용되어 왔고 또한 많은 통신 기술들이 새롭게 등장하고 있다. 그러나 이들은 각각의 장단점으로 가지고 있기 때문에 하나의 플랫폼이나 통신기술로서 모든

환경이나 응용에 적용하는 것은 한계가 있다. 아두이노는 오픈 소스 기반의 단일보드 마이크로 컨트롤러인 라즈베리 파이와 함께 IoT를 위한 하드웨어 플랫폼으로 가장 많은 주목을 받고 있다. 또한 아두이노는 다른 플랫폼에 비해 상대적으로 저렴하고 가볍기 때문에 IoT 환경의 센서 단에 가장 적합한 디바이스로 인정받고 있다. 이와 함께 BLE는 저전력과 빠른 연결을 기반으로 일정수준의 전송률을 필요로 하는 헬스케어나 스마트 홈 응용에 가장 적합한 기술로 평가받고 있다. BLE를 사용하는 아두이노는 IoT 환경에서 센서 단에는 적합하지만 BLE의 제한된 송신 거리와 아두이노의 I/O 포트 제한 때문에 전송 거리와 센싱 영역을 확장하는데 어려움이 있다. 본 논문에서는 아두이노를 이용한 다중접속 BLE/Wi-Fi 게이트웨이를 설계하고 구현하였다. 구현된 게이트웨이는 RESTful API 기반의 구글차트를 이용한 모니터링 시스템 테스트베드 상에서 BLE의 다중접속과 전송거리 제한문제를 해결할 수 있는 것을 확인하였다.

## 감사의 글

이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.



**Seok-Yeol Heo** received bachelor's degree in the Department of Electronics from the Kyungbook National university in 1986. He received the M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Computer Engineering from Kyungbook National University in 1991 and 2008, respectively. From 1992 to 2006, he was a professor in the Department of Computer Engineering at Miryang National University. He has been a professor in the Department of Applied IT & Engineering at Pusan National University since 2006. From 2012 Aug. to 2013 Jul., he was a visiting scholar at University of Dallas. His current

research interests include IoT and USN technology. He is a regular member of the KKITS.

*E-mail address:* syheo@pusan.ac.kr



**Seung-Yeol Lee** is attending an undergraduate course in the Department of Applied IT & Engineering, Pusan National University. He is student member of KKITS.

*E-mail address:* runtimeing@naver.com



**Wan-jik Lee** received the bachelor's degree in the Department of Statistics from the Kyungbook National university in 1992. He received the MS degree and the Ph.D. degree in the Department of Computer Engineering from Kyungbook National University in 1994 and 2007, respectively. From 1997 to 2006, he was a professor in the Department of Information & Communication Engineering at Miryang National University. He has been a professor in the Department of Applied IT & Engineering at Pusan National University since 2006. His current research interests include network communication protocol, SDN and IoT communication technology. He is a regular member of the KKITS.

*E-mail address:* wjlee@pusan.ac.kr