

---

# RF433 무선 센서 네트워크 및 ARDUINO YUN을 활용한 전력 효율적인 IoT 시스템

최은석\* · 심재용\*\* · 장석진\*

\*서울시립대학교  
\*\*(주)벤텍

Power Efficient IoT (Internet of Things) System using the RF433 Wireless Sensor Network and ARDUINO YUN as the Gateway

Eun-Seok Choi\* · Jae-Ryong Shim\*\* · Sek-Chin Chang\*

\*University of Seoul  
\*\*Vetec,Ltd.

E-mail : schang213@uos.ac.kr

## 요 약

현재 산업 분야 전반에 걸쳐 다양한 IoT 기술들을 접목하려 하고 있다. 그러나 센서 디바이스, 게이트웨이, 네트워크 서버, 그리고 어플리케이션 서버로 구성되는 복잡한 IoT 시스템 구조는 구현 상의 어려움과 설치 비용의 증가를 초래하고 이로 인해 소규모 네트워크 환경이 필요한 산업 분야에서 IoT 도입을 저해하는 결과로 나타나고 있다. 이에 따라, 본 논문에서는 소규모/저비용의 IoT 환경이 필요한 산업분야에서 활용될 수 있는 시스템 구조를 제안 한다. 또한 RF433 모듈을 이용한 무선 센서 네트워크, 아두이노 Yun을 활용한 게이트웨이, 그리고 APM (Apache, PHP, MySQL)을 적용한 어플리케이션 서버를 구현하고 센서 디바이스의 효율적인 전력관리 방안을 제시한다.

## ABSTRACT

These days there have been trying to fuse the various of IoT (Internet of Things) technology over the industrial field. However the complicated IoT System structure comprised of sensor devices, gateway, network server, and application server causes the difficulties to the system implementation and the increment of installation cost, thereby preventing IoT system deployment in the industry fit for small size network environment. In this paper, authors propose a novel IoT system architecture that is useful in the industry field to be implemented by the small size network with low cost. Also, we implement the infrastructure to RF433 wireless sensor network, the gateway on ARDUINO YUN, and the application server using AMP (Apache, PHP, MySQL) package and then present a power efficient management scheme for sensor devices.

## 키워드

무선 센서 네트워크, RF433, 아두이노 Yun, IoT

## I. 서 론

IoT(Internet of Things: 사물인터넷)는 각종 사물에 센서와 통신기능을 부여하여 인터넷에 연결하는 기술을 의미한다. 여기서 사물이란, 가전제품, 모바일 장치, 스마트 디바이스, 헬스 케어 장비, 웨어러블 컴퓨터 등 다양한 임베디드 시스템이 된다. 이러한 각종 사물들의 센서 정보는 원격에 위치하고 있는 서버로부터 통신 기능을 통해 취득되고 제어될 수 있도록하며 또한 다수의 센서 디바이스 및 게이트웨이(G/W)를 계속 추가할 수 있는 유연함 및 확장성을 보장한다. 그러나 저비용/소규모 IoT환경을 자체적으로 구축 하여 활용 하려는 분야에서는 구조의 복잡성, 설치비용, 그리고 운영의 어려움 등으로 적합하지 않을 수 있다. 따라서 본 논문에서는 소규모 무선 센서 네트워크에 적합하며 저비용으로 구축 가능한 효율적인 IoT 시스템 구성 방안을 제안한다.

제안하는 시스템은 433MHz 대역의 무선통신을 활용한 센서 네트워크 연결, 게이트웨이로 오픈 하드웨어 플랫폼인 ARDUINO YUN (이하 YUN 으로 표기) 적용, 그리고 어플리케이션 서버로 APM(Apache, PHP, MySQL) 패키지를 사용하여 구성된다. 또한 센서 디바이스들의 효율적인 전력 관리 방안을 제시하며 이를 통해 배터리 수명을 연장하여 궁극적으로 시스템의 Life Cycle 연장이 가능함을 증명한다.

본론에서는 구현한 IoT 시스템 구조를 서술하고, 각 구성 요소에 대해 자세히 설명 한다. 3절에서는 전력관리 방안 및 실험결과를 제시하며 4절에서는 관련된 결론에 대하여 논의한다.

## II. 본 론

IoT는 광의의 개념인 LPWAN(Low Power Wide Area Network)에 [1] 종속된다. LPWAN 시스템은 센서 디바이스의 가입 또는 해지를 용이하도록 하기 위해 게이트웨이를 관리하는 별도의 네트워크 서버를 가지고 있다. 제안하는 시스템은 네트워크 서버 없이 게이트웨이와 어플리케이션 서버의 직접 연결을 통해 소규모 그리고 저가 부품 사용의 구성으로 그림 1와 같이 구현된다.

시스템은 센서 디바이스, 게이트웨이, 그리고 어플리케이션 서버로 구성된다. 그리고 구성 요소 사이의 통신방식으로 센서 디바이스와 게이트웨이는 RF433 무선 통신, 게이트웨이 내 RF433과 YUN은 RS232 시리얼 통신, 그리고 게이트웨이와 어플리케이션 서버는 Wi-Fi 무선 통신을 이용, 공중망과 접속하여 연결된다.

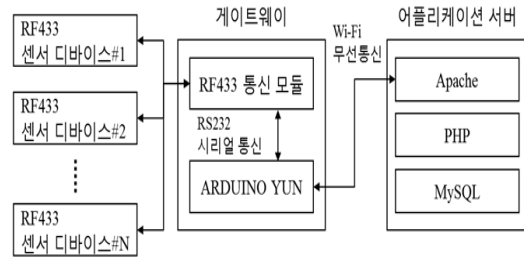


그림 1. 제안하는 IoT 시스템 구조

센서 디바이스는 온도, 습도, 조도 그리고 디바이스에 공급되는 배터리 전압 레벨을 취득한다. 사용되는 MCU는 ATmel사의 8-bit AVR RISC 기반의 Microcontroller인 ATmega328[2], RF433 통신모듈은 TI사의 CC1101[2], 온도/습도 정보 취득을 위한 SENSIRION사의 SHT21[3], 그리고 조도 센서(CDS) 및 배터리 전압 측정을 위해 MCU에 내장된 10-bit 해상도의 ADC(Analog-To-Digital Converter)를 사용한다. 각 센서를 통해 취득된 정보는 MCU의 SPI를 통해 CC1101로 입력되고 CC1101에서는 내장된 FIFO에 수신된 정보를 임시 저장 후 주파수 433MHz로 변조하여 게이트웨이에 전송한다.

게이트웨이인 아두이노 Yun(YUN) [4] 은 IoT를 위한 솔루션들 중의 하나로 오픈 하드웨어 기반의 플랫폼 이다. 센서들을 통해 정보를 취득 할 수 있는 기존 ARDUINO 플랫폼에 인터넷 연결이 가능하도록 Wi-Fi 기능이 추가된 형태로 구성되어 있다. 따라서 본 논문에서 제안하는 게이트웨이는 센서 디바이스에서 433MHz로 전송된 신호를 복조하기 위한 Shield 디바이스 및 수신된 데이터를 공중망을 통해 전송 가능한 패킷으로 변환할 수 있는 YUN으로 구성된다. YUN 내부는 메인 CPU인 Atmega32u4, Wi-Fi 무선통신을 담당하는 리눅스 환경의 AR9331, 그리고 두 MCU의 통신을 연결하는 BRIDGE로 구성된다. 리눅스 환경으로는 Linino가 설치되는데 Linino는 IoT 시스템에 최적화되어 있는 OpenWRT를 의미하며 OpenWRT는 무선랜 라우터를 위한 리눅스 기반의 오픈 소스 운영체제 이다.

어플리케이션 서버는 웹 서버 형태로 정적 웹 페이지를 위한 Apache, 동적 웹 페이지를 위한 PHP, 그리고 데이터베이스 관리를 위해 MySQL을 설치하여 구현 되었다. 게이트웨이로부터 HTTP 프로토콜을 이용하여 POST 방식으로 전송된 정보는 PHP 페이지에서 해석되어 미리 정의되어 있는 데이터베이스의 특정 테이블에 주기적으로 저장 된다. 데이터베이스에 저장된 정보는 어플리케이션 서버에서 다음 절에서 제안하는 효율적인 전력관리 전략을 수립 하는데 활용 된다.

### III. 실험

무선 센서 네트워크에서 센서 디바이스는 배터리를 사용하기 때문에 효율적인 전력관리가 반드시 요구되며 이에 대한 많은 연구가 수행되어 왔다[5][6]. 그러나 대부분의 연구들이 이론적인 측면에 치우쳐 있다. 본 논문에서는 실제 적용 및 구현 가능한 센서 디바이스를 위한 전력제어 방안을 실험하였다.

표 1. 최적의 Power Table 설정값

출력[dBm]	설정	소모전류[mA]
-30	0x12	11.9
-20	0x0E	12.4
-15	0x1D	13.1
-10	0x34	14.4
0	0x60	15.9
5	0x84	19.4
7	0xC8	24.2
7.8	0xC6	25.2
10	0xC0	29.1

TI사의 CC1101[7]은 RF 출력 파워 관리를 위하여 8단계의 Output Power[dBm] 설정을 위한 Power Table을 제공한다. 또한 RF 신호 수신 시 신호 세기를 알 수 있는 RSSI를 제공한다. 따라서 실험은 게이트웨이에서 수신 세기에 따라 센서 디바이스의 RF Power Table Level을 조절하는 적응 전력 제어를 하였다. 게이트웨이에서 센서 디바이스로부터 정보를 전달 받을 때 수신 신호 세기를 측정하고 측정된 신호 세기가 사전에 지정한 Threshold보다 작을 경우 Power Level을 증가시키고 큰 경우에는 감소시켜 조정된 RF Power Level 값을 센서 디바이스에 전송한다. 응답 시 게이트웨이는 자신의 송신 출력 파워를 센서 디바이스에 응답하는 Power Level과 동일하게 설정하여 전송한다. 이 과정을 게이트웨이와 연결된 모든 센서 디바이스에 대해 반복 수행함으로써 적응 전력 제어를 수행한다. CC1101의 RF Output Power는 -30dBm ~ 10dBm 이고 이에 따른 소모 전류를 표 1에 보인다.

그림 2는 적응 전력 제어를 통해 센서 디바이스가 RF 출력 파워를 제어하는 과정을 보이고 그림 3은 가변하는 RF 출력 파워에 따라 변화하고 있는 소모 전류의 파형을 보이는데 그림 2의 RF Output Power에 따라 소모되는 전력이 증가하거나 감소하는 추세를 보인다. 따라서 감소하는 부분에서 적응 전력 제어에 의한 전력 절약이 수행되므로 효율적인 전력관리가 가능하다. 상단 신호가 센서 출력이며 하단 신호가 RSSI 이다.

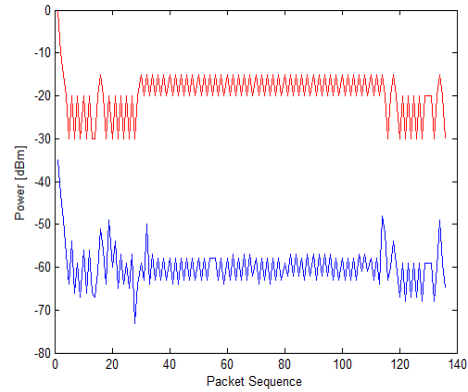


그림 2. 센서 디바이스 적응 전력 제어

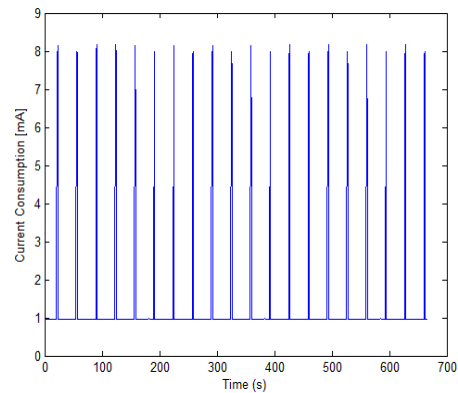


그림 3. 적응 전력 제어에 따른 전력 소모

### IV. 결 론

제한하는 전력적응제어 알고리즘으로 전력을 관리하게 되면 배터리 사용시간을 연장할 수 있고 Sleep Interval을 더 길게 적용하면 그 이상의 기간 동안 사용이 가능하다. 또한 필요시에 배터리를 교체할 수 있으므로 연속성 있는 IoT 통신의 유지가 가능하다.

### 참고문헌

- [1] N. Sornin, M. Luis, T. Eirich, T. Kramp and O. Hersent, "LoRaWAN TM Specification," LoRa Alliance, Jan. 2015.
- [2] Atmel Corporation, "ATmega328.pdf" Available: <http://www.atmel.com>
- [3] SENSIRION, "Datasheet SHT21.pdf" Available: <http://www.sensirion.com>
- [4] Arduino Yun [Online] Available: <http://www.arduino.cc/Main/ArduinoBoardYun>
- [5] D. Cascado, J.L. Sevillano, A. Jimenez, A. Civit, P.

- Inigo, J.L. Font, "Determination of a Power-Saving Method for Real-Time Wireless Sensor Networks," IEEE SPECTS International Symposium, 2010.
- [6] Xiao Chen, Neil C. Rowe, "Saving Energy by Adjusting Transmission Power in Wireless Sensor Networks," IEEE Globecom proceedings, 2011.
- [7] Texas Instruments Incorporated, "Low-Power Sub-1 GHz RF Transceiver" Available: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc1101.pdf>