

# 원격 방사선 측정을 위한 ZigBee 원칩형 통신 모듈 설계에 대한 연구 A Study On Design of ZigBee Chip Communication Module for Remote Radiation Measurement

이 주 현\*, 이 승 호\*\*

Joo-Hyun Lee\*, Seung-Ho Lee\*\*

## Abstract

This paper suggests how to design a ZigBee-chip-based communication module to remotely measure radiation level. The suggested communication module consists of two control processors for the chip as generally required to configure a ZigBee system, and one chip module to configure a ZigBee RF device. The ZigBee-chip-based communication module for remote radiation measurement consists of a wireless communication controller; sensor and high-voltage generator; charger and power supply circuit; wired communication part; and RF circuit and antenna. The wireless communication controller is to control wireless communication for ZigBee and to measure radiation level remotely. The sensor and high-voltage generator generates 500 V in two consecutive series to amplify and filter pulses of radiation detected by G-M Tube. The charger and power supply circuit part is to charge lithium-ion battery and supply power to one-chip processors. The wired communication part serves as a RS-485/422 interface to enable USB interface and wired remote communication for interfacing with PC and debugging. RF circuit and antenna applies an RLC passive component for chip antenna to configure BALUN and antenna impedance matching circuit, allowing wireless communication. After configuring the ZigBee-chip-based communication module, tests were conducted to measure radiation level remotely: data were successfully transmitted in 10-meter and 100-meter distances, measuring radiation level in a remote condition. The communication module allows an environment where radiation level can be remotely measured in an economically beneficial way as it not only consumes less electricity but also costs less. By securing linearity of a radiation measuring device and by minimizing the device itself, it is possible to set up an environment where radiation can be measured in a reliable manner, and radiation level is monitored real-time.

## 요 약

본 논문에서는 원격 방사선 측정을 위한 ZigBee 원칩형 통신 모듈 설계방법을 제안한다. 제안된 ZigBee 원칩형 통신모듈 설계는 ZigBee 시스템 구성을 위해 일반적으로 사용되는 2개의 칩 제어 프로세서와 ZigBee RF 디바이스로 구성되는 방식을 한 개의 칩 모듈로 설계한다. 원격 방사선 측정을 위한 ZigBee 원칩형 통신 모듈은 무선통신 통합제어부, 센서 및 고전압 발생부, 충전 및 전원회로부, 유선통신부, RF 회로부 및 안테나부 등으로 구성된다. 무선통신 통합제어부는 ZigBee를 위한 무선통신 제어 기능 및 방사선 측정 및 제어를 위한 기능을 수행한다.

센서 및 고전압 발생부는 2차에 걸쳐 500V의 고전압을 생성하여 GM Tube를 통해 감지된 방사선에 대한 펄스를 증폭 필터링 하는 기능을 수행한다. 충전 및 전원회로부는 리튬이온 배터리의 충전 및 원칩 프로세서에 전원을 공급 하는 기능을 수행한다. 유선통신부는 PC와의 인터페이스 및 디버깅을 위한 USB 인터페이스 및 원거리 유선 통신이 가능하도록 RS-485/422 인터페이스 기능을 수행한다. RF 회로부 및 안테나부는 칩안테나를 적용할 수 있도록 RLC 수동소자를 적용하여 BALUN 및 안테나 임피던스 매칭 회로를 구성하여 무선통신이 가능하도록 한다. 제안된 원격 방사선 측정을 위한 ZigBee 원칩형 통신 모듈을 설계 실험한 결과, 10m, 100m 구간에서 모두 데이터가 정상적으로 전송되어서 원격 방사선량 측정이 되었음을 확인할 수가 있었다. 또한 낮은 소비전류와 적은 비용으로 원격 방사선량 측정환경을 구축할 수 있었다. 따라서 방사선 측정장치의 선형성 확보 및 장치의 소형화를 통해 안정적인 방사선 측정 및 실시간 모니터링 환경을 구축할 수가 있었다.

*Keywords : Radiation, CC2538, GM Tube, ZigBee, IEEE 802.15.4, USN(Ubiquitous Sensor Network)*

\* Department of Electronic Engineering, Hanbat National University, [jimlee314@gmail.com](mailto:jimlee314@gmail.com), 010-3403-5828

★ Corresponding author

Department of Electronics&Control Engineering, Hanbat National University, [shlee@cad.hanbat.ac.kr](mailto:shlee@cad.hanbat.ac.kr), 010-8807-9876,

Manuscript received Nov. 17, 2014; revised Dec. 9, 2014; accepted Dec. 9, 2014

### 1. 서론

방사선을 사용한 다양한 분야에서 작업 종사자의 방사선 측정을 통해 방사선 피폭의 피해를 최소화하는 예방 및 안전이 중요하게 대두되고 있다. 따라서 방사선 측정장치의 신뢰성을 확보하는 것이 중요한 점이 되고 있기 때문에 원자력 기술과 IT 기술의 융합으로 측정기술을 더욱 향상시켜 해결할 수가 있다. 원자력을 사용하는 많은 산업 시설, 의료시설, 발전소 등에서 원자력 사용에 따른 각 시설들의 다양한 방사선 환경하에서 효과적으로 방사능 측정이 가능한 측정 장치가 요구된다.[1] 방사능 측정장치를 사용하여 일정 구간마다 방사선의 검출량을 측정하여 방사선 안전관리에 중요한 정보로 사용되어진다. 이러한 대부분의 방사능 측정장치는 유선 통신방식을 이용하여 중앙의 상황실이나 관제실과 연동되어 모니터링을 수행하게 된다. 그러나 원자력 관련 시설의 규모나 환경을 고려하면 모든 장비의 유선통신에 의한 중앙관리에는 비용과 시설 등의 많은 인적 물적 비용이 소요된다. 한편, 방사선 측정 장비의 경우에 대부분 구성된 장치의 부피 및 스케일이 크고 고가의 장비로 구성되어있다. 따라서 방사능 측정장비를 여러 개 설치 운영해야하는 경우에 전체 장비들이 네트워크에 연동되지 못하고 개별적으로 운용되기도 한다.[2][3] 본 논문에서는 원격 방사선 측정을 위한 ZigBee 원칩형 통신 모듈 설계를 제안한다. 제안된 원격 방사선 측정을 위한 ZigBee 원칩형 통신 모듈은 방사성 동위원소를 취급하는 산업 시설 등에서 유선의 네트워크를 구성해야 하는 번거로움이 없이 효율적이고 안정적인 방사선 측정 및 실시간 모니터링 환경을 구축할 수가 있다. 본 논문에서는 가장 보편적으로 사용하는 GM Tube 방식의 기체 충전형 검출기를 사용한다.[4][5]

### 2. ZigBee를 통해 원격 전송하는 기술에 관련된 연구

본 장에서는 ZigBee를 통해 원격 전송하는 기술과 관련된 선행기술에 대하여 논한다.

USN기반 무선 멀티커뮤니케이션 회로 설계 및 구현하는 방법으로 RFID 태그를 사용해 획득된 정보를 ZigBee를 통해 원격으로 전송 제어하는 방법이 발표되었다.[6] 이 방법은 데이터를 원격으로 전송 제어한다는 점이 활용범이 될 수 있으나, 장치를 구성하는

회로 및 제어를 위한 프로세서의 구성함에 있어서 저전력 소형화를 구성하기에 어려움이 있다. 응용 기기 제어를 위한 용도로소 실시간 생산정보 시스템을 위한 지그비와 임베디드시스템에 관한 방법이 발표되었다.[7] 이 방법은 RFID 제어를 위해 ZigBee를 사용하여 양방향으로 통신이 가능한 임베디드시스템 설계가 가능하고, 장치의 구성이 제어용 프로세서 및 2 개의 칩으로 구성된 ZigBee 모듈을 탑재하여 ZigBee 솔루션을 완성하였다. 그러나 구성된 장치의 크기가 크며 2개 이상의 제어 디바이스를 사용하므로 소비전력 및 제어에 어려움이 있는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 원격 방사선 측정을 위한 ZigBee 원칩형 모듈 설계를 제안하였다. 제안된 ZigBee 원칩형 통신모듈 설계는 ZigBee 시스템 구성을 위해 대체적으로 사용되는 2개의 칩 제어 프로세서와 ZigBee RF 디바이스로 구성되는 방식을 한 개의 칩 모듈로 설계한다.

### 3. 제안하는 방법

#### 3.1 전체 하드웨어 구성 블록도

본 논문에서 제안하는 방사선 측정을 위한 ZigBee 원칩형 통신 모듈의 전체 하드웨어 구성 블록도는 그림 1과 같이 무선통신 통합 제어부, 센서 및 고전압 발생부, 충전 및 전원회로부, 유선 통신부 등으로 구성되어 있다.

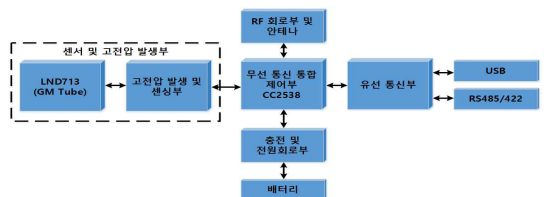


Fig. 1. The Block Diagram of Overall Hardware  
그림 1. 전체 하드웨어 구성 블록도

무선통신 통합제어부는 ARM Cortex-M3 코어와 IEEE802.15.4(ZigBee) Transceiver를 내장한 저전력형 MCU 솔루션으로, ZigBee를 위한 무선통신 제어 기능 및 방사선 측정 및 제어를 위한 기능을 하도록 설계하였다. MCU는 32MHz의 속도로 동작하며, RTC(Real Time Clock)를 위하여 32.768KHz의 크리스탈 발진기를 사용하였다. 데이터 저장을 위해 외부에 시리얼 플래쉬 메모리를 추가로 적용하여, SPI 인터페이스로 제어할 수 있도록 설계하였다.

센서 및 고전압 발생부는 먼저 GM Tube(LND713)

센서로부터 방사선을 센싱하여 고전압 발생부로 전달한다. 센서 및 고전압 발생부는 2차에 걸쳐 고전압을 생성하도록 구성되어 있으며, A8735 디바이스를 사용한 1차 30V 펄스형 전원 생성, 2차측에 약 17배 증폭을 위한 트랜스를 적용하여 500V대의 고전압을 생성하도록 설계하였다. 발생한 고전압은 슈퍼 캐패시터를 통해 충전하여 충전된 전압을 GM Tube 검출기가 사용하도록 구성하였다. 방사선 감지 주기가 빨라지면 그만큼 충전을 자주하여 슈퍼 캐패시터의 충전량을 유지하도록 설계하였다. GM Tube 검출기로부터 방사선 감지에 의한 펄스 발생시 출력된 펄스의 증폭 및 필터링이 가능하도록 수동소자를 사용하여 설계하였다.

충전 및 전원회로부는 LM3658을 사용하여 USB를 통한 충전이 가능하도록 설하였으며, 리튬이온 배터리 충전 및 디바이스에 전원을 공급하도록 설계하였다.

유선통신부는 PC와의 인터페이스 및 디버깅을 위해 USB 인터페이스가 가능하도록 핀을 할당하였으며, 원거리 유선 통신이 가능하도록 RS-485/422 인터페이스가 가능하도록 설계하였다.

RF 회로부 및 안테나부는 모노폴 안테나와 같은 불평형 안테나 사용위하여 R, L, C와 같은 수동소자로 Balance 신호를 Unbalance 신호로, Unbalance 신호를 Balance 신호로 변환하는 역할을 하는 BALUN을 설계 적용하였다.

3.2 펌웨어

설계과정에 따라 하드웨어가 설계된 이후에T사의 CC2538 시스템온칩을 위한 IAR Embedded Workbench for ARM 컴파일러 환경을 구축하였다. 소스작성 및 디버깅을 위해 소스코드 에디터, 디버거, 프로파일러 등을 포함하고 있는Code Composer Studio를 사용하였다.

3.3 하드웨어 회로도

원격 방사선 측정을 위한 원칩형 ZigBee 모듈 회로도는 그림 3과 같이 무선통신 통합제어부, 센서 및 고전압 발생부, 충전 및 전원회로부, 유선통신부, RF 회로부 및 안테나부 등으로 구성되어 있다.

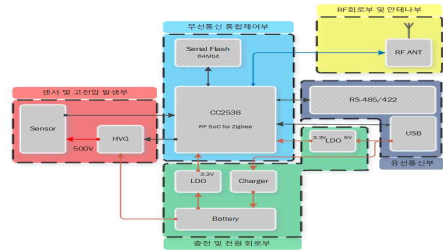


Fig 2. Circuit diagram of ZigBee Chip Communication Module for Remote Radiation Measurement

그림 2. 원격 방사선 측정을 위한 원칩형 ZigBee 통신 모듈 회로도

1) 무선통신 통합제어부

무선통신 통합제어부는 ARM Cortex-M3 코어와 IEEE802.15.4(ZigBee) Transceiver를 내장한 저전력형 MCU로, ZigBee를 위한 무선통신 제어 및 방사선 측정 제어, 전체 통신 모듈의 제어를 위해 구성되었다. 방사선 측정을 통해 획득된 로그 데이터를 저장하기 위하여 외부에 시리얼 플래쉬 메모리를 SPI 인터페이스로 설계하였다. 또한 32MHz의 크리스탈 발진기를 사용하여 32MHz의 속도로 시스템이 운영되도록 설계하였으며, 실시간 클럭(Real Time Clock)을 위하여 32.768KHz의 크리스탈 발진기를 사용하였다. 무선통신 통합제어부의 회로도는 그림 3과 같다.[8][9]

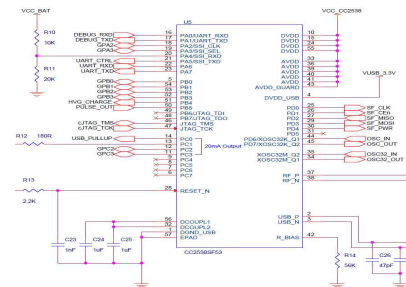


Fig 3. Circuit diagram of wireless communication integrated control

그림 3. 무선통신 통합제어부의 회로도

2) 센서 및 고전압 발생부

센서 및 고전압 발생부는 먼저 GM Tube(LND713) 센서로부터 방사선을 센싱하여 고전압 발생부로 전달한다. 센서 및 고전압 발생부는 2차에 걸쳐 고전압을 생성하도록 설계되었으며, A8735 디바이스를 사용한 1차 30V 펄스형 전원 생성, 2차측에 약 17배 증폭을 위

한 트랜스를 적용하여 500V대의 고전압을 생성하도록 설계하였다. 발생한 고전압은 슈퍼 캐패시터를 통해 충전하여 충전된 전압을 GM Tube 검출기에 인가하여 사용하였다. HVG\_CHARGE 신호선에 주기적으로 펄스 신호를 인가하여 2차측 트랜스 출력단의 슈퍼 캐패시터를 충전하여 자전상태의 방사선량을 측정할 수 있도록 하였다. PULSE\_OUT으로 출력된 펄스의 수를 무선통신 통합제어부에서 카운트하여 그 누적 값의 증가 또는 감소에 따라 HVG\_CHARGE에 펄스의 수를 조절하여 슈퍼 캐패시터의 충전 주기를 조절하여 GM Tube 검출기가 외부의 방사선량 측정에 대응할 수 있도록 설계하였다. GM Tube 검출기로부터 방사선 감지에 의한 펄스 발생시 출력된 펄스의 증폭 및 필터링이 가능하도록 수동소자를 사용하여 설계하였다. 센서 및 고전압 발생부의 회로도도는 그림 4와 같다.

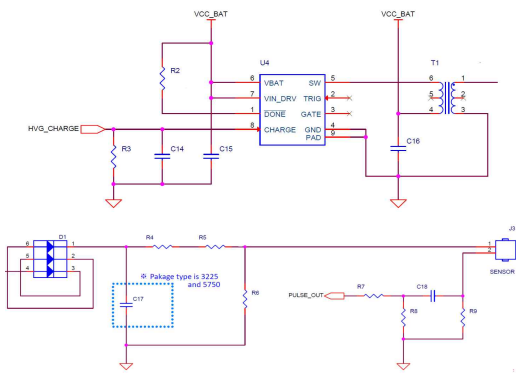


Fig 4. Main circuit configuring of sensor and high voltage generator unit  
그림 4. 센서 및 고전압 발생부의 주요회로 구성

3) 충전 및 전원회로부

LM3658을 사용하여 AC 어댑터 또는 PC 또는 장치의 USB를 통한 충전이 가능하도록 설계하였다. AC 어댑터의 경우에 10 ~ 1,000mA의 전류범위에서 충전이 가능하며, USB 포트를 통해서 100 ~ 500mA의 충전전류를 허용한다. 따라서 원격 방사선 측정을 위한 ZigBee 원격형 통신 모듈을 사용하여 제품 등에 적용하게 되는 경우에 인가전원의 다양화가 가능하도록 하였다. 본 논문에서는 USB 포트를 통해 충전이 되는 구성만을 예로 설계하였으나 추가 부품이나 회로의 큰 변화없이 AC 어댑터를 적용할 수 있다. 또한 리튬이온 배터리를 충전함에 있어 4.2V를 기준으로  $\pm 0.35\%$  범위 내에서 충전을 멈추고, 배터리 충전여부를 지속적으로 제어하도록 설계되었다. 향후에는 리튬이온 배터리 충전 및 디바이스에도 전원을 공급하도록

설계하였다. USB 포트를 통해 인가된 5V의 전원은 LM3658을 통해 리튬이온 배터리를 충전하도록 설계되어 있으며, 전체 시스템은 충전된 리튬이온 배터리를 통해 전원 공급되어진다. 한편, LDO를 사용하여 리튬이온 배터리에 전원을 인가하여 무선통신 통합제어부의 주전원 및 RS485 통신을 위한 전원, 시리얼 플래시 메모리에 전원을 공급하도록 설계하였다. 충전 및 전원회로부의 회로도도는 그림 5와 같다.

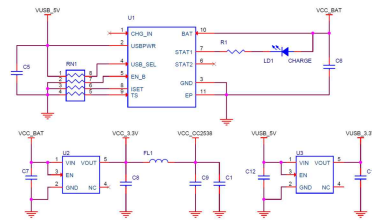


Fig 5. Main circuit configuring of charging and power supply circuit unit  
그림 5. 충전 및 전원회로부 주요 회로 구성

4) 유선통신부

유선통신부는 MAXIM-IC사의 MAX3085 디바이스를 사용하여 RS-422/485 통신이 가능하도록 설계하였으며, 최대 10Mbps의 전송 속도를 제공한다. 원격 방사선 측정을 위한 ZigBee 원격형 통신 모듈이 유선 통신에 의한 인터페이스로 구성될 수 있는 경우를 고려하여 설계하였으며, 최소 수백미터 이상의 거리까지 유선으로 데이터를 전송할 수 있도록 설계 하였다. 유선통신부의 회로도도는 그림 6과 같다.

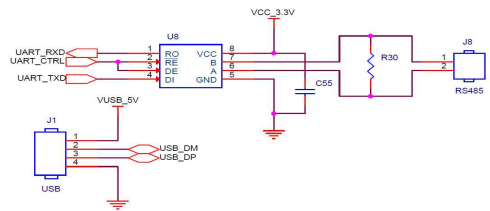


Fig 6. Main circuit configuring of wire communication circuit unit  
그림 6. 유선통신부 주요 회로구성

5) RF 회로부 및 안테나부

모노폴 안테나와 같은 불평형 안테나를 사용하기 위하여 R, L, C와 같은 수동소자로 Balance 신호를 Unbalance 신호로, Unbalance 신호를 Balance 신호로

변환하는 역할을 하는 BALUN 회로를 설계 적용하였다. RF 출력을 위해 위상차를 두고 출력된 RF\_P, RF\_N의 신호를 BALUN 회로를 통해 하나의 위상으로 만들어 안테나로 전달하여 2배의 에너지를 전달한다. 적용하기 위한 안테나의 임피던스 특성을 고려하여 안테나 임피던스 매칭을 위해 파이회로, 안테나 임피던스 매칭 회로를 구성하여 칩 안테나 또는 외장 안테나의 임피던스 매칭을 위한 회로 구성을 하였다. RF 회로부 및 안테나부의 회로도도 그림 7과 같다.

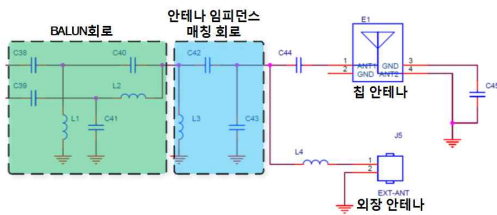


Fig 7. Main circuit configuring of RF circuit and antenna circuit unit

그림 7. RF 회로부 및 안테나부의 주요회로 구성

#### 4. 실험 결과 및 고찰

##### 4.1 실험 환경

본 실험을 진행한 환경은 그림 4와 같이 저준위에서 최대 13mSv/h 레인지에서의 방사선 조사 및 테스트가 가능한 공인 시험기관의 장비를 사용하여, 시험 및 공인 성적을 발급받는 방식으로 실험을 진행하였다. 당초 방사선 측정장치의 저준위 방사선 측정에서 기준 조사 방사선량에 대해 측정값이  $\pm 5\%$ 로 출력되는 폭이 큼이 확인되어 저준위 방사선 측정을 위한 자동 calibration 포인트를 5uSv/h로 추가하였다. 또한 저준위 측정을 위한 첫번째 윈도우(누적 측정시간)를 512초로 설정하였다. 급격히 변화하는 방사선량의 값을 즉시 갱신하기 위한 두 번째 윈도우(누적 시간)를 설정하여 종전보다 저선량에서 정밀하고 안정적인 방사선량 값을 제시할 수 있는 환경을 구성하였다. 그림 9, 그림 10과 같이 본 논문에서 제작한 원격 방사선 측정을 위한 원칩형 ZigBee 모듈의 PCB를 사용하여 원격으로 방사선량을 실측하는 방식으로 실험을 진행하였다. PCB는 38mm × 20mm의 크기로 제작되었다.

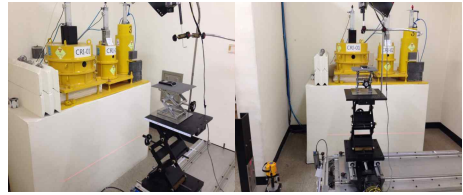


Fig 8. Accredited testing laboratory equipment capable of Irradiation and test

그림 8. 방사선 조사 및 테스트가 가능한 공인 시험기관의 장비



Fig 9. PCB of ZigBee Chip Communication Module for Remote Radiation Measurement(TOP Side)

그림 9. 원격 방사선 측정을 위한 원칩형 ZigBee 모듈의 PCB(윗면)



Fig 10. PCB of ZigBee Chip Communication Module for Remote Radiation Measurement (BOTTOM Side)

그림 10. 원격 방사선 측정을 위한 원칩형 ZigBee 모듈의 PCB(뒷면)

##### 4.2 실험 결과 고찰

1) 원격 방사선 측정을 위한 원칩형 ZigBee 통신 모듈의 거리별 데이터 전송과 무선 특성에 대한 실험결과 및 고찰

원격 방사선 측정을 위한 원칩형 ZigBee 통신 모듈의 거리별 데이터 전송률과 무선 특성에 대한 결과는 표 1과 같다. ZigBee 무선 대역 채널중에서 11번째 채널을 사용해 테스트하였으며, 총 100회의 데이터 전송 테스트를 수행하였다. 표 1에서 나타난 바와 같이 모

든 경우에 있어서 데이터가 100% 정상적으로 전송됨을 확인할 수 있었다. 데이터 전송속도(Baudrate)는 평균속도를 측정한 결과로써 평균 148kbps의 전송속도를 나타냄을 확인할 수 있었다. 따라서 원격지로 데이터를 전송함에 있어서 ZigBee 통신을 사용한 통신환경을 구축할 수 있었다. 패킷(Packet)을 전송함에 있어 실험 환경과 주변 WiFi, Bluetooth, ISM 밴드 대역의 여러 환경영향으로 인하여 PER(Packet Error Rate)가 거리별로 6~7%의 비율을 나타내는 것으로 확인되었다. 따라서 전송을 성공함에 있어 문제가 되는 환경 정도는 아닌 것으로 판단되었다. 무선 감도 특성인 RSSI 평균값은 거리에 반비례하여 거리가 가까울수록 수신 감도가 좋아지는 것을 확인할 수 있었다.[10]

Table 1. Data transfer rate and wireless characteristics of ZigBee Chip Communication Module for Remote Radiation Measurement

표 1. 원격 방사선 측정을 위한 원칩형 ZigBee 통신 모듈의 거리별 데이터 전송률과 무선 특성표

	20m	50m	100m
채널	11	11	11
데이터 전송속도 (Baudrate)	149.2 kbps	148.2 kbps	147.5 kbps
원격 데이터 전송률 (100회 테스트)	100%	100%	100%
PER(Packet Error Rate)	7.65%	6.79%	6.9%
RSSI 평균값	-50	-59	-79

2) 원격 방사선 측정을 위한 원칩형 ZigBee 통신 모듈의 소비 전류 및 장치 소요비용에 대한 실험결과 및 고찰

원격 방사선 측정을 위한 원칩형 ZigBee 통신 모듈의 소비 전류 및 장치 소요비용에 대한 실험결과는 표 2와 같다. 표 2에 나타난 바와 같이 최대 소비전류의 측정(MCU+ZigBee Module)결과는 본 논문에서 제안한 원칩형 통신 모듈이 A사 통신모듈 및 B사 통신모듈에 비하여 적게 나타났다. 본 논문에서 제안한 원칩형 ZigBee 통신 모듈은 TI사의 CC2538 디바이스를 사용하여 원칩으로 설계하여 소비전류를 줄일 수 있었

으나, A사, B사의 통신모듈을 적용하여 원격 방사선 측정을 위한 ZigBee 통신 모듈을 설계하는 경우에는 최소 2개 이상의 프로세서를 사용해야하기 때문에 소비전류가 많아짐이 확인되었다. 본 논문에서 제안한 원칩형 통신 모듈은 정상적인 모듈 구성에 소요되는 비용이 GM Tube 검출기를 제외하면 약 60,000원 정도에 설계가 가능하였다. 그러나 A사 및 B사의 ZigBee 모듈을 사용하여 본 논문에서 제안한 통신 모듈과 유사한 조건을 구축하는데 2개 이상의 프로세서를 사용해야 하는 점 등이 있어 약 90,000원 정도의 소요비용이 들것으로 판단되었다. 따라서 본 논문에서 제안한 원칩형 ZigBee 통신 모듈을 사용하여 원격 방사선 측정 환경을 구축할 경우에 적은 비용이 소요됨을 확인할 수 있었다.

Table 2. Current consumption and cost analysis of ZigBee Chip Communication Module for Remote Radiation Measurement

표 2. 원격 방사선 측정을 위한 원칩형 ZigBee 통신 모듈의 소비전류 및 장치 구성시 소요비용 분석표

	본 논문에서 제안한 원칩형 통신모듈	A사 통신 모듈	B사 통신 모듈
최대소비전류 (MCU+ZigBee 모듈)	36mA	48mA	49mA
Tx Power (실측결과)	32.86mA	41.5mA	45mA
Rx Power (실측결과)	35.99mA	35.2mA	31mA
장치 구성시 예상 가격	60,000원	88,000원	90,000원

## 6. 결론

본 논문에서는 원격 방사선 측정을 위한 ZigBee 원칩형 통신 모듈 설계를 제안하였다. 제안된 ZigBee 원칩형 통신모듈 설계는 대체적으로 사용되는 2개의 제어 프로세서와 ZigBee RF 디바이스로 구성되는 방식을 1 개의 제어 및 ZigBee 제어를 위한 프로세서를 방사선 측정을 위한 회로와 함께 모듈로 설계하였다. 원격 방사선 측정을 위한 ZigBee 원칩형 통신 모듈은 무선통신 통합제어부, 센서 및 고전압부, 충전 및 전원

회로부, 유선통신부, RF 회로부 및 안테나부 등으로 구성하였다. 본 논문에서 제안한 원격 방사선 측정을 위한 ZigBee 원칩형 통신 모듈을 설계 실험한 결과, 원격 데이터 전송을 위해 거리 10m, 100m 구간에서 측정 데이터가 정상적으로 전송되어서 원격 방사선량이 측정 되었음을 확인할 수가 있었다. 또한 낮은 소비전류와 적은 비용으로 원격 방사선량 측정환경을 구축할 수 있었다. 따라서 방사선 측정장치의 선형성 확보 및 장치의 소형화를 통해 안정적인 방사선 측정 및 실시간 모니터링 환경을 구축할 수가 있었다. 향후 ZigBee 원칩형 통신모듈의 크기를 더욱 최적화하기 위하여 커넥터 등 불필요한 부품들을 조정하여 크기를 줄이고, 소비전력을 감소시킬 수 있는 방법 및 ZigBee RF 회로 및 부품 및 패턴 특성을 고려하여 무선 특성 개선에 대한 연구가 필요하다.

## References

- [1] Nuclear Training Center, "Radiation Measurement and handling", Korea Atomic Energy Research Institute, Nuclear Training Center, 2004
- [2] Suk Lee, Young-Hun Song, Jee Hun Park, "Implementation of IEEE 1451 based ZigBee Smart Sensor System for Active Telemetries", Journal of the Korean Society of Precision Engineering , Vol.28 No.2, pp.176-184, Feb., 2011.
- [3] Kim Dong-Hoon, Song Jun-Yeob, Lee Seung-Ho, Cha Suk-Keun, "Development and Evaluation of Zigbee Node Module for USN", International Journal of the Korean of Precision Engineering and Manufacturing, Vol.10, No.5, pp.53-57, Dec., 2009
- [4] Keun-Bae Lee, Jong-Nam Kim, Jae-Yeun Lee, Pil NamKung, Jun-Hee Lee, "The Development of the Multipurpose Portable Radiation Survey Meter", IJin Radiation Engineering, 2003
- [5] Yong-Tae Kim, "A measurement instrument of radiation using a GM-Tube and photodiode" Chungnam National University, 2008
- [6] Gab-Sig Sim, Jae-Hyuk Jang, "Design and Implementation of Wireless Multi-communication Circuit Based On USN", The Journal of the Korea Contents Association, Vol.11, No.8, pp.33-42, Oct., 2011.
- [7] Joo-Sik Park, Young-Deuk Jung, Hyun-Jae Shin, "A Research of Zigbee & Embedded System for Real Time Production System", Korea Safety Management Society 2012 Conference, Vol.11, No.8, pp.561-571, 2012.
- [8] Do Keun Kwon, Ki Hyun Chung, Kyunghee Choi, "A Dynamic Zigbee Protocol for Reducing Power Consumption", Journal of Information Processing Systems, Vol.9, No.1, pp.41-53, Sep., 2013
- [9] Lubomir Mraz, Vladimir Cervenka, Dan Komosny, Milan Simek, "Comprehensive Performance Analysis of ZigBee Technology Based on Real Measurements", Wireless Personal Communications, Vol.71, No.4, pp.2783-2803, Jan., 2013
- [10] Je Won Ryu, Jeong Woo Lee, "An Efficient Channel Selection Algorithm of Zigbee Considering the Interference of WLAN in ISM Band", Korea Instiyute of Information & Telecommunication Facilities Engineering, Vol.8, No.1, pp.18-23, Mar., 2009

## BIOGRAPHY

### Joo-Hyun Lee (Student Member)



1997 : BS degree in Electronic Engineering, Hanbat National University

2000 : MS degree in Electronic Engineering, Hanbat National University

2013 ~ current : Ph. D course of Electronic Engineering, Hanbat National University

### Seung-Ho Lee (Member)



1986 : BS degree in Electronic Engineering, Hanyang University

1989 : MS degree in Electronic Engineering, Hanyang University

1994 : Ph. D degree Electronic Engineering, Hanyang University

1994 ~ current : Professor, Department of Electronics&Control Engineering, Hanbat National University