

RF 방식의 실시간 선량계 구현

이승민*, 여진기*, 김명환*, 이흥호*, 이남호**, 김승호**
 충남대학교 전기공학과* 한국원자력연구소**

Development of RF type Dosimeter

Lee, Seung-Min* Kim, Myung-Hwan* Yeo, jin-Gi* Lee, Heung-HoLee* Nam-Ho** Kim, Seungho**
 Dept. of Electrical Eng. Chungnam National Univ.* Korea Atomic Energy Research Institute**

Abstract - 본 논문에서는 변위 손상 현상을 이용하는 중성자 탐지소자와 선량계 모듈에 RF 통신 기능을 추가하여 방사선 환경 내에서 내 방사선화 된 로봇에 의해 가동 중인 원자력 발전소등의 특정 부분에 대하여 실시간에 측정된 방사선량 데이터의 취득이 가능한 모듈을 개발하였다. 기존의 운용중인 발전소에 대한 방사선량은 휴지기간에 탐지소자를 설치하여 다음 휴지기간에 그 탐지소자를 가지고 나와 누적방사선량을 측정하거나, 설치된 탐지소자에서 유선으로 안전한 곳까지 데이터를 취득해 와서 그 값을 분석하여 왔으나, RF 통신 기능이 추가된 모듈은 내 방사선화 된 로봇에 탑재하여 로봇이 가동 중인 발전소 곳곳을 누비며, 설치된 탐지소자로부터 그 방사선량을 취득할 수 있다. 이는 기존의 취득방식에 비해 많은 부분 효율적인 측면이 있으며, 유지보수 비용의 절감을 가져 올 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서는 RF 통신을 하기 위한 안테나 회로의 설계 기법과 취득한 정보를 EEPROM에 저장하고, 그 저장된 데이터를 로봇에 부착된 Reader에 의해 읽을 수 있는 일련의 흐름을 구성하는데 있어 필요한 여러 가지 기술 혹은 기법에 대하여 살펴보았다.

1. 서 론

오늘날 원자력 에너지는 혁신적인 대체연료의 발견이 없는 상황에서 규정을 지켜 안전하게 사용한다면 단시간에 고 에너지를 얻을 수 있는 가장 깨끗하고 효율적인 에너지로 인식되어 있고, 다양한 부분에서 원자력 에너지를 이용하며, 특히 의료산업 부문에 응용하여 인류의 건강증진에 이바지하는 점은 큰 장점 중에 하나이다. 하지만 장점만 있는 것은 아니며, 안정성을 고려하지 않고 원자력 에너지를 이용한다는 것은 가지고 있는 큰 장점만큼이나 엄청난 재난을 가져다 줄 수 있으며, 극단적인 가정으로 무기의 형태로 이용되는 것은 큰 단점이라 하겠다.

원자력 에너지를 이용함에 있어서 불안정한 이용으로 인한 방사능 누출은 충분히 가정해 볼 수 있고, 그 누출은 작업자 혹은 불특정 다수가 방사선에 피폭될 수 있음을 의미한다. 이에 따라 방사선 피폭량을 실시간에 산출할 수 있는 계측장비의 개발이 시대적인 요구이며, 이미 미국, 일본을 위한 선진국에서는 선량계의 개발이 오래 전부터 연구, 개발, 보급되고 있으며, 우리나라에서는 몇 가지 모델이 개발되어 있다. 이러한 계측장비가 방사선이 상시 존재하는 상황, 예를 들면 가동 중인 원자력 발전소의 위험영역 곳곳에 설치되어 있을 경우 작업자가 접근할 수 없는 상황 또는 작업자의 접근이 가능하다면 방사선 방호 기능이 있어야 한다.

기존에 가동 중인 발전소에서 실시간 방사선량 측정을 위해 발전소 내부 각 지점에 선량계를 설치하고 유선으로 선량계의 데이터를 취득하는 방법은 시설 및 유지관리비용의 문제와 신뢰성의 문제가 제기 될 수 있다. 하지만 선량계에 RF통신 기능을 추가하고 가동 중인 발전소 내부 돌아다니는 로봇에 Reader 모듈을 내장하여

무선으로 방사선량을 취득하는 방법을 사용하면 보다 효율적인 방법으로 방사선량에 대한 관리가 가능하며 유지보수비용의 절감을 가져 올 것으로 기대된다.

본 연구에서는 개발한 중성자 선량계에 RF 통신 모듈을 적용함에 있어서 필요한 여러 가지 기술 혹은 기법에 대하여 살펴보았으며, 특히 RF 통신을 위한 안테나 회로의 설계기법, 데이터 가공, 데이터 송, 수신법, 전원 절약을 위한 주전원 스위칭 방법 등 취득정보를 EEPROM에 저장하고, 그 저장된 데이터를 로봇에 부착된 Reader에 의해 읽을 수 있는 일련의 흐름을 구성하는데 있어 필요한 여러 가지 요소들에 대하여 살펴보았다.

2. RF형 DosiMeter 및 Reader

2.1 RF형 도시메타 및 Reader의 전체적인 구성

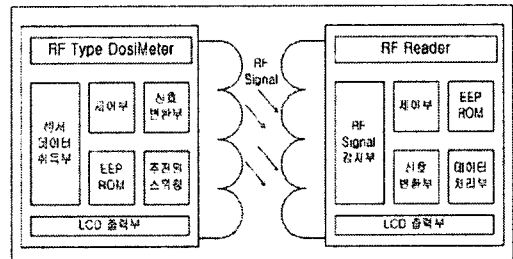


그림 1. RF형 DOSIMETER SET

RF형 DosiMeter Set은 크게 RF형 도시메타부와 RF Reader부 이렇게 두 부분은 나누어지며, RF형 도시메타부는 제어부, 센서데이터 취득부, EEPROM, 신호 변환부 주전원 스위칭부, LCD 출력부로 구분할 수 있으며, 제어부는 모든 시퀀스의 제어를 담당하는 역할을 하고, 일련의 처리를 통하여 방사선량의 정보를 초당 2Byte 정보로 가공하여 안테나를 통하여 RF 신호를 내보내게 된다. 이때 RF Signal 감지부, 제어부, 신호 변환부, EEPROM, 데이터 처리부, LCD 출력부로 구성되는 RF Reader가 통신 범위 내에 존재한다면 RF Signal 감지부가 이 RF 신호를 감지하여 감지된 신호를 제어부에 전달하면 제어부에는 인터럽트가 걸리게 되고 계속적으로 들어오는 신호를 신호 변환부가 Digital 신호를 변환하여 제어부에 전달하게 되는데 2byte의 정보 중 1byte는 12bit A/D 결과의 상위 6비트가 되며, 다른 1Byte는 하위 6비트 값을 의미한다. 또한 EEPROM에 저장된 정보는 차후 분석을 용이하게 하는 기능을 수행한다.

2.2 RF형 DosiMeter

기존에 개발된 중성자 선량계에 RF 통신 기능을 추가한 모듈로 주전원 절약을 위하여 RF Reader에서 발생하는 신호를 감지하여 RF Reader의 근접을 감지하여

주전원을 스위칭 할 수 있는 기능이 추가된 것이 특징이다. 세부적인 블록도는 <그림 2.>와 같이 표현될 수 있으며, 기존의 도시메타부와 주전원 스위칭부, 안테나 스위칭부로 나눌 수 있다.

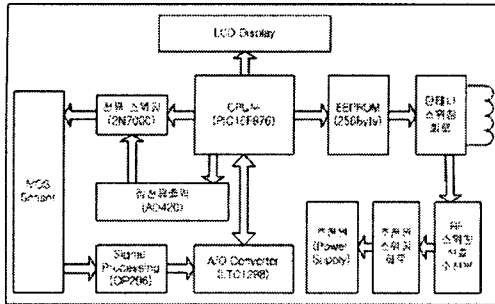


그림 2. RF형 DOSIMETER BLOCK DIAGRAM

일련의 동작을 살펴보면 우선 이동 로봇에 탑재되어 있는 RF reader가 근접하게 되면 안테나 회로를 통하여 전력이 유기되고 RF 스위칭 신호 수신부에서는 4Vpp의 아날로그 값이 발생되고 이 전압은 스위칭 Tr의 Gate로 입력되면서 Tr을 ON 하게 되며, 동시에 Tr의 ON은 주전원의 ON을 의미한다. 주전원이 들어오면서 CPU가 최초 동작을 수행하면서 순차적인 동작을 수행하게 된다.

2.2.1 안테나 부

안테나 부는 RF 통신을 수행함에 있어서 가장 중요하면서도 기본적인 부분이다. 안테나 부는 그림 3.와 같이 구성할 수 있으며, L과 C1, C2, 스위치로 구성되어 있으며, L과 C의 병렬 회로로 구성되어 있다.

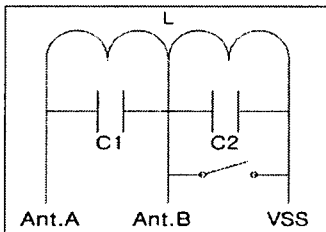


그림 3. 안테나의 구성

본 연구에서 구성된 안테나의 모양과 L, C의 값은 MicroChip사의 Application Note(Antenna Circuit Design For RFID Applications, RFID Coil Design)를 참조하였으며, 전력 전송 주파수 13.56 MHz에서 공진시키기 위해 적절한 L과 C값을 산출하였다. 기본적인 산출식은 아래와 같다.

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\left(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}\right)}}$$

Ant.B와 VSS 사이에 사용된 스위치의 스위칭에 의해 C_T의 변화가 생기고 이로 인해 공진주파수의 값이 변한다. 이때 RF Reader에는 스위칭 된 신호가 감지되어 데이터의 전달이 가능케 됨을 알 수 있다. 설계과정에서 적절한 L과 C의 값은 수식적으로 초기에 계산한 값과는 차이를 보였으며, 이유는 사용한 Coil의 L 값이 높은 영역의 주파수에서 값의 변화를 보였으며, 전용 제작기를 이용하지 않고 직접 감아서 제작하여 높은 신뢰

성을 보증할 수 없었다. 그리고 L의 제작이 어려운 관계로 L을 고정하고 C의 값을 조합하는 방법으로 안테나 회로를 Turning 하였다.

2.2.2 주전원 스위칭 부

도시메타는 설치 후 교체 및 보수가 용이하지 않기 때문에 배터리 사용에 있어 최소의 전원으로 동작하고, 그 작동시간이 길어야 한다. 이점을 보완하기 위하여 사용한 기법이 주전원을 RF Reader의 접근여부를 인식하여 스위칭 가능하도록 하는 기능을 추가하였다. 이 기능은 최초 RF형 도시메타는 주전원이 OFF 된 상태에 있을 때 RF Reader가 근접하면 코일에 교류 전압(50V 정도)이 유기되면 이 전압은 정류를 통해 직류로 정류될 수 있다. 정류한 전압이 2V 이상일 때부터 주전원을 스위칭하는 Tr이 ON 되며, 주전원이 들어오며, CPU가 동작하면서 RF형 도시메타는 일련의 작업을 수행한다. 이때 Reader가 다시 멀어지게 되면 Tr은 OFF 되고 주전원이 차단되게 된다.

2.2.3 RF형 Dosimeter의 프로그램 흐름

대기상태(파워다운모드)를 유지하다가 Reader의 근접으로 주전원이 들어오게 되면 RF형 도시메타는 <그림 4.>와 같은 일련에 정의된 동작을 수행하게 된다.

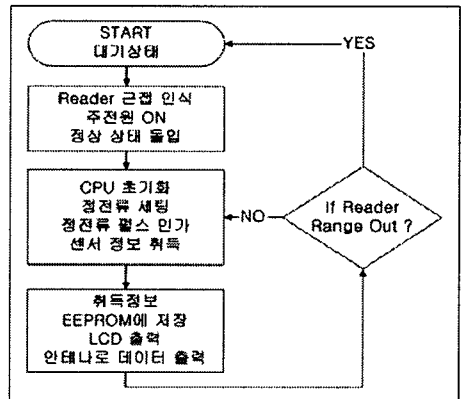


그림 4. RF형 도시메타의 프로그램 흐름도

전원이 들어오게 되면 CPU 및 변수가 초기화 하고, 센서 정보 취득을 위해 출력할 정전류 값이 Setting 되며, 다음으로는 CPU에 의해 정전류를 펄스의 형태로 센서에 인가되면 센서 양단에 걸리는 전압을 취득한다. 이 취득정보는 EEPROM에 저장, LCD로 출력, 안테나를 통하여 RF 데이터의 형태로 출력되게 되는 일련의 과정들을 수행하게 된다.

2.3 RF형 Reader

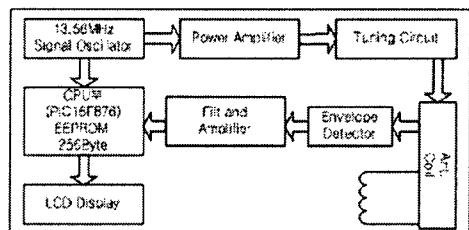


그림 5. RF형 Reader의 BLOCK DIAGRAM

RF형 Reader는 13.56MHZ로 기본 발진하며, 안테나를 통하여 전력을 전송하기 위한 부분과 안테나에 유

기되는 RF 신호를 처리하기 위한 두 부분으로 나누어질 수 있다. <그림 5.>를 참조해 보면, 전력을 전송하기 위해 발진한 구형파는 전력 증폭하여 Turning Circuit를 거쳐 안테나에는 정현파의 형태로 실리게 되고, 코일에 유기된 RF 데이터는 Envelope Detector, Filt & Amplifier, Comparator를 거치면서 디지털 데이터로 CPU에 입력이 된다.

2.3.2 수신 데이터의 형태

초당 수신되는 데이터의 형태는 <그림 6.>과 같으며, 수신되는 2byte 데이터의 상위와 하위를 구분하기 위하여 1,1 과 1,0 의 식별비트를 사용하였고, 각 나머지 6bit들은 실제 센서의 데이터가 된다.

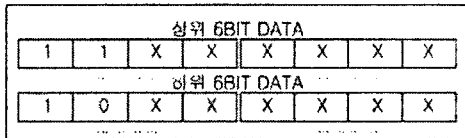


그림 6. 수신 데이터의 형태

2.3.3 RF형 Reader의 프로그램 흐름

RF Reader의 데이터 취득을 위한 내부 프로그램의 흐름은 아래 <그림 7.>과 같다.

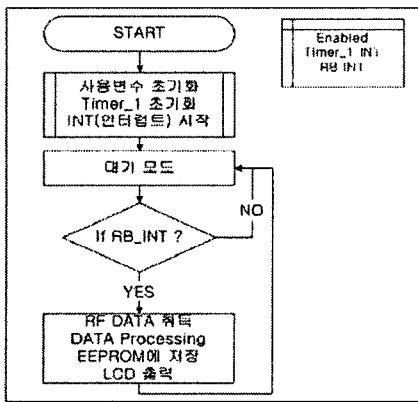


그림 7. RF Reader의 프로그램 구성

RF형 도시메타에서 송신되는 데이터는 Reader의 안테나 수신회로 부분을 거쳐 디지털 데이터로 가공되며, 처리된 데이터는 CPU로 입력되는데, 이때 최초 수신 데이터의 비트 반전여부를 판단하여 프로그램을 시작하게 된다. 데이터의 0,1 구분은 비트 반전과 Timer_1 인터럽트를 조합하여 구분되며, RF DATA 취득 후 취득 DATA를 처리하고, EEPROM에 저장 및 LCD에 출력하게 된다.

2.4 RF 통신 실험

2.4.1 RF 통신 모듈의 실험 구성

RF 통신 모듈의 실험은 <그림 8.>과 같은 형태 그 데이터 송, 수신 상태를 실험하였다. 두 안테나의 거리는 6~7cm를 유지하였으며, 그림 위의 RF형 도시메타의 LCD에는 센서에서 취득한 정보를 출력하였고, 그림 아래 RF Reader의 LCD의 1행에는 안테나에 수신된 2byte 데이터를 HEX 값으로 2행에는 식별 BIT를 제외한 12비트의 값을 HEX로 마지막 3행에는 RF형 도시메타에서 보낸 센서 정보를 출력하였다.

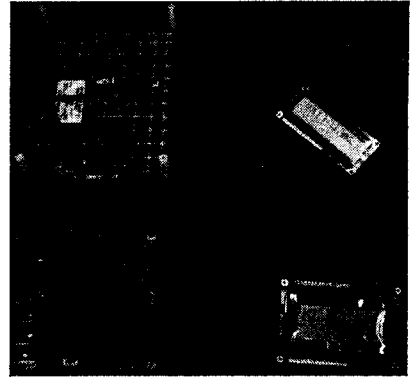


그림 8. 구현된 RF 모듈의 통신 실험

2.4.2 RF 데이터의 수신 파형

RF Reader의 Comparator의 출력단을 스코프로 본 결과는 <그림 9.>와 같다. 두 안테나의 거리 7cm 내에서는 비트 손실 없이 송신된 모든 데이터가 수신됨을 확인할 수 있었으며, 0 전위에서 200mV 정도의 고주파 노이즈가 보이지만 이는 RF 통신에 영향을 미치지 않는 크기이다.

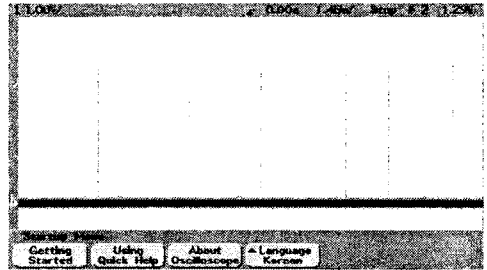


그림 9. RF 데이터의 수신 형태

3. 결 론

본 연구에서는 기존의 도시메타에 RF 모듈을 추가하여 그 기능을 구현함에 있어, 각 구성요소별로 중요한 내용에 대하여 살펴보았으며, 7cm 거리에서 RF 통신이 이루어짐을 확인하였다. 하지만 보다 먼 거리의 통신을 하기 위해서는 여러 가지 방법의 개선이 필요하겠지만, 특히 안테나 회로 설계 및 제작의 개선이 중요하였다. 이번에 구현한 안테나는 전용 기계로 제작하지 않고 수작업으로 감은 관계로 감긴 안테나의 간격이 일정치 않아, 주파수 특성이 좋지 않았으며, 전송 주파수에서 공진점을 찾기가 어려웠다. 하지만 RF 모듈의 전체적인 구성 및 동작에 초점을 맞추어 볼 때, 만족스러운 결과를 보여 주었다. 이후 연구는 안테나 회로 개선을 위한 설계 및 제작, 도시메타의 무 전원 동작을 위하여 동작 전력을 줄이는 방법 및 정류 회로의 개선에 대한 연구를 진행할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Floyd, R.E. "Radio Frequency identification", Electrical and Computer Engineering, Canadian Conference on, vol.1, p377-380, 1993
- [2] Riabtsev, A; Zakopailo, I, "The versatile RFID system", Science and Technology, 2000. vol.2, p709-711, 1999
- [3] MicroChip Technology Inc, "MicroID 13.56MHz Design Guide, 2001