

개발된 비접촉형 RF 선량계 구현

Development of an Improved RF Dosimeter

손종대*, 이승민*, 이흥호*, 이남호**, 김승호**

(jong dea son, seung min lee, heung ho lee, nam ho lee, seung ho lee)

*충남대학교

**한국원자력연구소

Abstract : This paper presents design and manufacture of RF type non-contact radiological dosage measuring device. It also concerns on the broad out-line and the ways of improvement about RF type non-contact radiation measuring device. Measuring radiological dosage with non-contact RF, the stability and efficiency of the measure have been improved by reforming constant current circuit. Furthermore, applying communication protocol in process makes it possible to achieve faster and more accurate communication than old circuit. On the base of those, RF type non-contact radiological dosage measuring device which consists of radiological dosage measuring module and Reader module has been designed and manufactured. While testing communication against embodied device, the possibility of the field application could be confirmed.

Keywords : RF, Dosimeter, radiological dosage measuring

1. 서론

우리 나라가 선진국 대열에 들어 서면서 전력의 수요가 급증하고 있다. 이에 추가적인 발전시설 건설이 요구됨에 따라 원전의 건설이 필요시 되고 있다. 원전은 핵분열시 발생하는 열에너지를 이용하여 전기를 발전하지만 고준위의 방사선 또한 방출된다. 이러한 방사선은 의료산업 분야나 비파괴검사등 우리의 일상생활에 이롭게 사용되고 있지만, 안전성을 고려 하지 않고 원자력 에너지를 이용한다면 우리에게 엄청난 피해를 줄수 있는 에너지이기도 하다.

안전성을 고려 하지 않은 무분별한 원자력 에너지 사용은 극단적으로 방사능 누출이라는 상황을 야기 시킬켜 피폭될 가능성은 내포 하고 있다. 이에 방사선 피폭양을 실시간에 산출 할 수 있는 계측장비의 개발이 필요시 되어 다른 선진국에서는 오래전부터 개발, 연구 되어 보급 되고 있으며 국내에서도 많은 연구와 개발이 이루어 지고 있는 상황이다. 이러한 방사선 계측장비의 필요조건이 방사선 방호기능이다. 기존의 유선형 선량계의 데이터 취득 방법은 많은 시설 및 유지 관리 비용이 들었지만 RF형 선량계는 발전소 내부를 돌아다니는 로봇에 Reader 모듈을 내장 하므로서 무선으로 실시간 방사선량 측정이 가능하여 작업자의 피폭 피해를 줄일 수 있고 보다 효율적인 방사선량 관리가

가능하여 비용을 절감 할 수 있다. 이에 많은 RF형 선량계 개발과 연구가 이루어 지고 있다.

본 논문에서는 기존에 연구되고 있는 RF형 선량계를 개선하고자 한다. 비접촉형 RF통신을 이용하여 방사선량을 측정함에 있어 방사선량 측정부의 정전류 회로를 개선함으로써 방사선량 측정에서의 안정화 및 신뢰도의 향상을 도모하였다. 또한 측정의 효율성과 안정성을 높이기 위해 전력증폭을 통해 통신 거리 개선을 하였다. 기존 회로에 비해 정확하고 빠른 통신의 구현을 위해 프로세서를 이용한 통신 프로토콜을 적용하였다.

II. 비접촉형 RF 선량계

1. 비접촉형 RF 선량계 구성

비접촉형 선량계는 그림1과 같이 RF Dosimeter 모듈과 RF Reader 모듈로 나눌수 있으며, RF Dosimeter 모듈은 다시 센서 Data 취득부, MCU부, Data 저장부, 신호 처리부, 주전원 스위칭부, Data 디스플레이부로 세분화 되어 진다. 센서 Data 취득부에서는 PIN 다이오드형 방사선 센서를 사용하여 방사선량을 측정하여 MCU에 보내준다. MCU부는 Dosimeter부의 전반적인 제어를 담당하고, 측정된 방사선량의 정보를 일련의 처리를 거쳐 초당 2byte의 정보를 안테나를 통해

여 RF방식으로 전송한다. 이때 RF신호 감지부, MCU 부, 신호 처리부, Data 저장부, Data 디스플레이부로 구성되어 있는 RF Reader 모듈이 통신 범위안에 존재할 경우 전송된 신호를 감지하여 비접촉식 RF Data 통신이 이루어지게 된다. Reader 모듈내의 RF 신호감지부에서 MCU부로 전달된 RF신호 감지 정보는 MCU부에 Interrupt를 발생시키고 신호 처리부는 연속적으로 입력되는 신호를 디지털로 변환하여 MCU부에 전

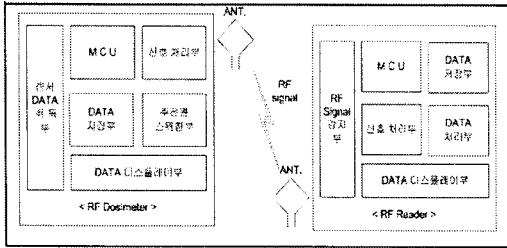


그림 1 RF 선량계의 전체 블록도

달하게 된다. 이때 2Byte의 정보 중 1Byte는 12bit D/A 변환 결과인 상위 6bit 이고, 남은 1Byte는 하위 6bit의 값을 의미한다. Data 저장부에 저장된 변환 결과 정보는 나중에 신호분석에 이용된다.

2. RF형 도시메타

RF 선량모듈은 PIN다이오드 방사선 센서에 누적 피복된 방사선량을 실시간 측정을 위해 개발된 선량계에 RF통신 기능을 추가하여 구성한 것으로서 주전원 스위칭 기능이 포함되어 있다. 이 주전원 스위칭 기능은 선량계 모듈에서 소요되는 전원의 절약과 함께 PIN다이오드 방사선 센서의 방사선 조사모드와 방사선 신호 측정모드를 전환 시키는 역할을 같이 수행한다. RF 선량 모듈의 동작은 살펴보면, 우선 이동 로봇에 탑재되어 있는 RF Reader기 모듈이 통신 가능한 범위 안으

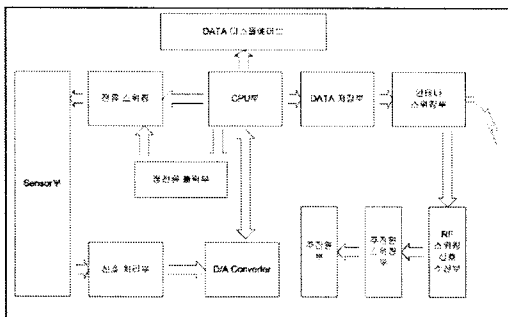


그림 2 RF Dosimeta 모듈 블록선도

로 접근하게 되면 RF 선량모듈의 안테나에 전력이 유기되고 RF 스위칭 신호 수신부 TR의 Gate 단자에 4Vpp의 전압이 걸리게 된다. 이 전압은 스위칭 트랜지스터를 Trun on 시킬수 있는 충분한 전압이고,

Trun on된 스위칭 트랜지스터는 소스단자에 연결되어 있는 주전원 공급장치의 릴레이를 동작시켜 RF 선량 모듈을 동작 시키게 된다.

3. 리더기

RF형 Reader기 모듈은 13.56MHz로 기본 발진하며, 안테나를 통하여 전력을 전송하기 위한 부분과 안테나를 통해 전달되는 RF 신호를 처리하기 위한 부분으로

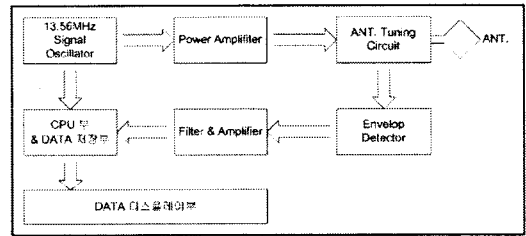


그림 3 RF Reader 모듈 블록 선도

크게 나눌 수 있다. 위의 그림에서 보듯이 전력을 전송하기 위해 발진한 구형파는 전력 증폭부와 안테나 튜닝 회로를 거쳐 정현파의 형태로 안테나에 가해져 전력을 전송하고, 안테나에 유기된 RF 데이터는 Envelope Detector, 필터, 증폭기, 비교기등을 거쳐 디지털 형태의 데이터로 변환된 CPU에 저장되어 진다.

III. 비접촉식 RF 선량계의 개선

1. 정전류

PIN다이오드 방사선량 센서는 전류를 안가하여 방사선의 누적 피복에 따라 가변적으로 변하는 저항특성을 이용한 센서로 PIN다이오드 방사선량 센서를 동작시키기 위해서는 정전류소스가 필요하다. 기존의 연구에서 많이 사용되 왔던 AD420은 MCU부에서 지정하여 5mA 정전류 소스로 출려해 주고 있다. 하지만 이 칩은 고가인 관계로 저가형의 정전류회로를 구현할 필요가 있어 LM334를 이용하여 정전류 개선해보았다.

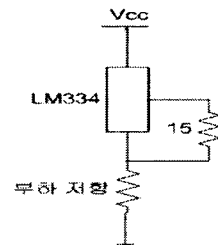


그림 4 정전류 회로

실험 조건은 전원 VCC를 +28V 으로 놓고 정전류 5mA를 얻기 위해 전류 제한 저항을 15Ω을 사용하였다. 부하저항은 10Ω에서 5.6kΩ 사이의 저항중 몇가지를 선택하여 실험하였다.

부하저항	10Ω	56Ω	100Ω	511Ω
R=15	4.9mA	5.01mA	4.93mA	5.00mA
오차	-0.1mA	0.01mA	-0.07mA	0mA
부하저항	1kΩ	1.5kΩ	2.2kΩ	5.6kΩ
R=15	5.04mA	4.94mA	5.0mA	4.7mA
오차	0.04mA	-0.06mA	0mA	-0.3mA

표 1 정전류 실험 결과표

실험 결과 10Ω에서 5.6kΩ 사이에서는 거의 정확한 정전류가 나오는 것을 확인 할 수 가 있었다. 실험 결과가 PIN다이오드 방사선 센서의 저항 가변영역에서 정전류가 나옴을 확인하여 AD420을 LM344 로 대체 가능하다는 결론을 얻을 수 있었다. 이로 이하여 시스템이 기존 Dosimeter 모듈에 비해 소형, 경량화 되어 졌고 저가형 Dosimeter 모듈을 구현 할 수 있게 되었다.

2. 통신거리 향상

통신거리를 향상시키는 데는 여러 가지 방안들이 있다. RF통신 회로부의 임피던스 매핑이 잘되었다는 가정하에 통신거리를 향상 시키는 방법은 안테나의 size을 크게 하던지 전송전력을 높이는 방안등이 있다. 그러나 안테나의 size를 무한정 늘릴 수 없기 때문에 통신거리 개선을 위해서 전송전력을 높이는 방향으로 잡았다.

그림5와 그림6은 기존의 전력전송과 개선된 전력전송 시뮬레이션의 결과이다.

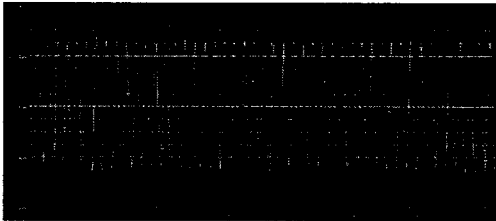


그림 5 기존의 전력전송 시뮬레이션 결과

기존의 전력증폭은 일반적인 A급 전력증폭기를 사용하였고 개선된 전력증폭기에서는 의사 상보형 푸시-풀 B급 증폭기를 사용하였다.

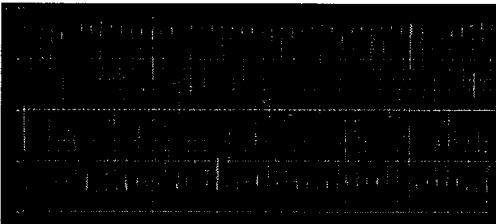


그림 6 개선된 전력전송 시뮬레이션 결과

그림5와 그림6 에서 보여 주듯이 기존의 A급증폭기를 사용하여 시뮬레이션 결과는 약 ± 500mA의 전류가 흐르는 것을 확인 할 수 있었고 개선된 B급증폭기의 시뮬레이션은 약 ± 800mA 정도의 전류가 흐르는 것을 확인 할 수 있었다. 두 시뮬레이션 모두 약간의 리플이 있지만 RF 통신 특성을 감안 하여 전반적으로 일정한 측정 결과로 볼 수 있다. 다시 말해 전력증폭의 개선으로 안테나에 많은 전류를 흘려 보다 큰 전력을 유기 시키 므로서 통신 거리의 향상을 가져 올 수 있었다.

3. 통신 프로토콜 개선

기존의 통신 프로토콜은 "1"은 200us 간격으로 low-high-low-high-low 씩으로 전송하고 "0"은 270ms 동안 low 전송하여 "1", "0" Data를 구분 지어 전송하였다. 이렇게 "1" 와 "0" Data를 구분지어 전송한 것은 RF 통신에서 주변 환경에 많은 Noise 요소들이 있기 때문에 Noise 강한 프로토콜을 구현하기 위하여 선택한 방법이다. 하지만 통신거리가 가까운점을 착안

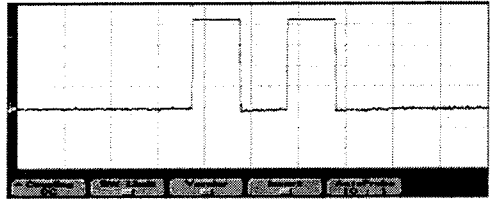


그림 7 "1" Data Signal

하여 "1"의 전송 간격을 100us로 단축하여 보다 빠른 Data전송을 하고 하였다. 그림7은 100us 간격으로 출력되는 "1" Data의 signal을 보여 주고 있다.

IV. RF 통신 실험

1. RF 통신 모듈의 실험 구성

RF 통신모듈 실험은 아래의 그림과 같은 형태의 데이터 송수신 상태를 실험하였다. 두 안테나의 거리는

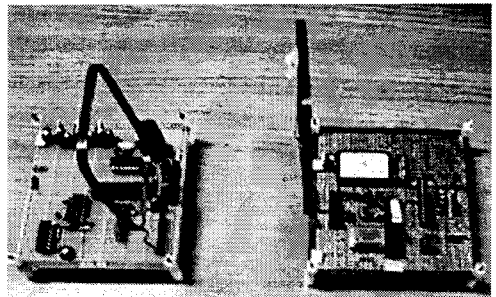


그림 8 통신 모듈 실험 구성

7~8cm를 유지하였으며, 그림8의 오른쪽에 있는 RF형 Dosimeter 모듈의 LCD에는 센서에서 취득한 결과를 처리하여 디스플레이 하였고, 그림8의 왼쪽에 있는 RF형 Reader 모듈의 LCD의 1행에는 안테나에서 수신한 2Byte의 데이터중 식별비트를 제외한 상위6bit를 HEX값으로 출력하고 2행에는 2Byte의 데이터중 식별비트를 제외한 하위6bit를 HEX값으로 출력하였으며 3행에는 1행과 2행의 데이터 값을 처리하여 정보를 보여 주었다. 아래의 그림9는 실제로 통신 되어 LCD에 디스플레이 되는 값들을 보여 주고 있다.

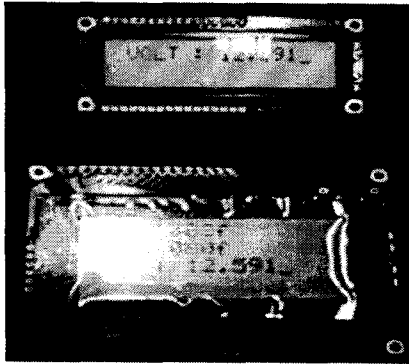


그림 9 LCD에 디스플레이 되는 Data

2. RF 데이터의 송/수신 파형

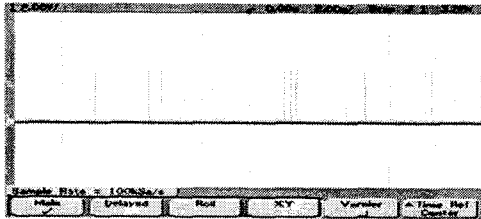


그림 10 송신 Data signal

그림 10는 Dosimeter 모듈에서 송신되는 데이터를 측정된 결과이다. 그림 11은 RF reader 모듈의 MCU의 수신데이터 입력부를 오실로스코프로 본 결과이다. 수신데이터가 비트 손실 없이 수신됨을 확인 할 수가 있었으며 수백mV 정도의 고주파 노이즈가 측정되어 보이지만 RF 통신에는 거의 영향을 미치는 않는 크기이므로 통신에는 거의 지장이 없다.

위의 두 그림을 통하여 알 수 있듯이 송신 데이터가 거의 손실 없이 전송되는 것을 확인 할 수 있었다.

IV. 결론

본 연구에서는 기존의 RF형 선량계의 몇가지 구성요소들을 개선하여 기존의 RF 선량계보다 여러 가지

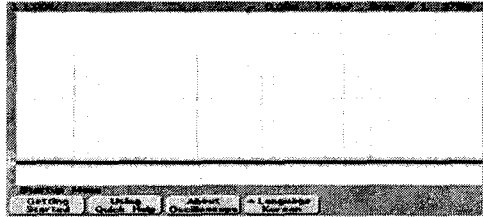


그림 11 수신 Data signal

면에서 좋은 성능을 가져왔다. 하지만 정전류 측면에서는 PIN다이오드를 이용한 방사선량 측정에는 적용 가능 하였지만 MOSFET형 방사선량 센서에는 적용하기 어려운 문제점이 제기 되어 졌다. 또한 통신 거리 향상을 위하여 전력을 증폭하여 통신거리를 향상 하였지만 상용 안테나나 PCB형 안테나를 사용하지 않고 직접 손으로 감은 안테나를 사용하다 보니 더 좋은 성능을 얻을 수 있었지만 얻지 못한 점이 아쉬웠다. 또한 프로토콜 개선에서는 개선을 하였지만 가시화된 성능 향상을 보기 힘들었다. 하지만 전반적인 RF 선량계의 동작에 비추어 불매 만족스러운 결과라 할 수 있었다. 차후의 연구에는 실용화된 안테나를 사용하거나 PCB기판용 안테나를 사용하여 성능을 개선하고 도시배타의 무 전원 동작을 위하여 소비전력의 최소화와 정류 회로 개선에 관한 연구를 할 예정이다.

[참고문헌]

- [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
- [4] MicroChip Technology Inc, "Antenna Circuit Design for RFID Applications", 2003