

원자력 및 핵의학 분야용 Total RMS (Radiation Monitoring System)의 설계 Design of Total RMS(Radiation Monitoring System) for nuclear and nuclear medicine

고 태 영*, 이 주 현**, 이 승 호*★

Tae-Young Ko*, Joo-Hyun Lee**, Seung-Ho Lee*★

Abstract

In this paper, we propose Total RMS(Radiation Monitoring System) for nuclear and nuclear medicine. The proposed system can expand and control Stack Monitor, Area Monitor, and Water(Liquid) Monitor into one system, and can monitor the signals measured by each radiation detector in an integrated manner. The proposed system consists of a sensor module that detects the radiation, a display unit that displays the radiation dose near the radiation detection location, an alarm unit that reports the alarm when the detected radiation dose reaches the danger level, A Main Hub for collecting and storing the contents to the remote monitoring system, and an RMS Monitoring Unit for clearly displaying the measured radiation dose at the remote site. In order to evaluate the performance of Total RMS for the proposed nuclear and nuclear medicine field, it is confirmed that the measurement uncertainty is less than 8.5% and it operates normally within $\pm 15\%$ of the international standard.

요 약

본 논문에서는 원자력 및 핵의학 분야용 Total RMS(Radiation Monitoring System)를 제안한다. 제안하는 시스템은 Stack Monitor, Area Monitor, Water(Liquid) Monitor 등을 하나의 시스템으로 확장 및 제어할 수 있는 장비로 각 방사선 검출기에서 측정된 신호를 통합 모니터링 할 수 있다. 제안하는 시스템은 해당 방사선을 검출하는 Sensor Module, 방사선 검출 위치에 인접한 곳에서 방사선량을 디스플레이 하는 Display Unit, 검출된 방사선량이 위험 수준에 도달시 경보를 알리는 Alarm Unit, 각 모니터링에서 측정된 방사선량들을 취합하고 저장하여 원격 감시 시스템에 내용을 전달하는 Main Hub, 원격지에서 측정된 방사선량 상태를 일목요연하게 디스플레이 하는 RMS Monitoring Unit 등으로 구성된다. 제안된 원자력 및 핵의학 분야용 Total RMS의 성능을 평가하기 위하여 공인시험기관에서 실험한 결과, 측정 불확도가 8.5%이하로 측정되어 국제 표준인 $\pm 15\%$ 이하에서 정상동작 됨이 확인되었다.

Key words : RMS, Sensor Module, Display Unit, Alarm Unit, Main Hub, RMS Monitoring Unit

* Dept. Electronics&Control Engineering, Hanbat National University

** Dept. Electronics Engineering, Hanbat National University

★ Corresponding author

e-mail: shlee@cad.hanbat.ac.kr, tel: 042-821-1137

※ Acknowledgment

This work was supported by the Human Resource Training Program for Regional Innovation and Creativity through the Ministry of Education and National Research Foundation of Korea(NRF-2015H1C1A1035818)

Manuscript received May.21, 2017; revised Jun.27, 2017; accepted Jun.28, 2017

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

현재 방사선 오염물질을 모니터링 하는 장비는 작업환경에서의 방사선(능)량 측정 및 방사선 오염을 측정하는 센서들이 각각의 모니터링 환경에 따라 구조 및 측정 방법이 다르기 때문에 각 환경에 맞는 센서로 개별적으로 사용되고 있는 실정이다[1][2]. 따라서 현재 시중에서 판매되는 시스템들은 각각 하나의 모니터링만을 별도로 측정 및 관리할 수 있는 장비로 각각의 다른 작업환경에서의 방사선(능)량 측정에 한계성이 존재한다 [3]. 본 논문에서 제안하는 원자력 및 핵의학 분야용 Total RMS 시스템은 Stack Monitor, Area Monitor, Water(Liquid) Monitor 등을 하나의 시스템으로 확장 및 제어할 수 있는 장비로, 사용자는 각각의 개별 모니터링이 아닌 최대 4CH 상태의 통합 모니터링이 가능하다.

II. 본론

1. Total RMS의 전체 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 Total RMS의 전체적인 시스템의 구조는 그림 1과 같이 Sensor Module, Display Unit, Alarm Unit, Main Hub, RMS Monitoring Unit 등으로 구성된다.

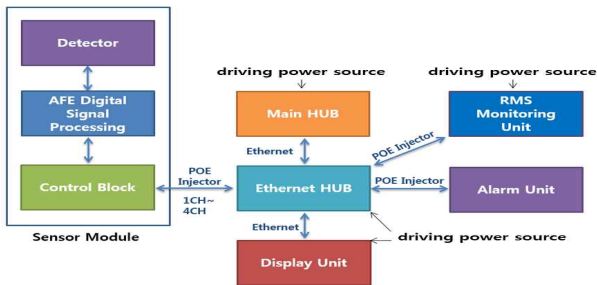


Fig. 1. Overall configuration of Total RMS
그림 1. Total RMS의 전체 구성도

2. Sensor Module

그림 2의 Sensor Module에서는 고전압 발생 장치의 전압을 GM Tube에 인가하여 감마선에 반응하는 펄스를 얻어 내고, 해당 펄스는 빈도에 따라 필터를 통해 펄스의 유무를 판단할 수 있는 디지털 신호로 변환하며, MCU는 단위시간당 발생 횟수를 계수하고, 특성에 맞는 교정을 통하여 실제 방사선 값을 계산한다. 별도의 전원공급 없이 LAN선을 이용한 PoE(Power Over Ethernet) 기능을 내장하여 장거리 통신 및 전력송신 가능(최대 100m) 및 펌웨어 원격 업데이트 및 제어 기능을 수행한다[4].

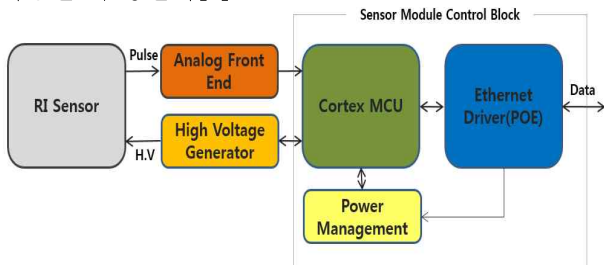


Fig. 2. Overall configuration of Sensor Module
그림 2. Sensor Module의 전체 구성도

가. GM-Tube

GM Tube에 고전압(300~1000V)을 가하면 감마선에 반응하는 펄스가 생성되며, GM Tube 입력 신호는 그림 3과 같이 DC blocking 후에 신호를 감쇄시켜 디지털 입력으로 사용한다[5].

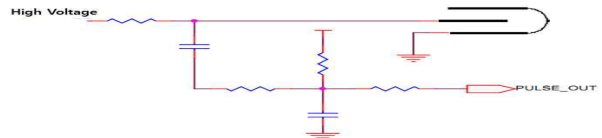


Fig. 3. GM Tube drive and output attenuation schematics
그림 3. GM Tube구동 및 출력 감쇄 회로도

나. 필터 앰프 모듈

그림 4의 필터 앰프 모듈은 GM-Tube로부터 들어오는 신호를 MCU 입력에 맞는 전압으로 변환하며, 각 신호의 꼬리부분의 감쇄를 빠르게 하여 신호간의 간섭을 줄이는 역할을 수행한다.

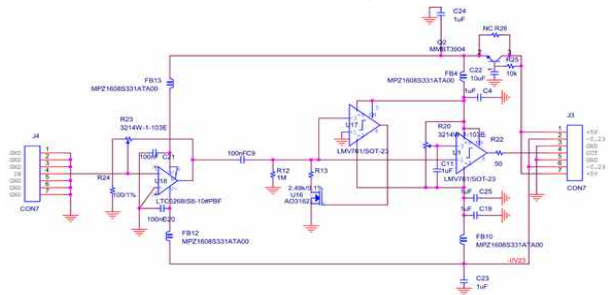


Fig. 4. Circuit of the Filter Amplifier Module
그림 4. 필터 앰프 모듈 회로도

다. MCU 모듈

MCU 모듈은 필터 앰프로부터 들어온 신호를 계수하고, 교정표를 기준으로 측정치를 교정하고, 통신으로 온 명령을 처리한다. 내부 EEPROM에 동작에 필요한 기본 데이터를 저장하고 세부 동작에 초기치로 사용한다.



Fig. 5. MCU Board image
그림 5. MCU Board 이미지

라. High Voltage Generator

그림 6의 High Voltage Generator는 0~1500V 고전압을 인가할 수 있도록 하는 가변 고전압 발생 장치 모듈이다[6].



Fig. 6. High Voltage Generator image
그림 6. High Voltage Generator 이미지

마. PoE(Power Over Ethernet) 모듈

제안하는 Total RMS에서는 Sensor Module과 Alarm Unit에서 필요한 전력을 Network 중간의 Ethernet Hub나 Display Unit에서 PoE로 바로 공급한다. PoE 전원 처리부는 해당 프로토콜에 따라 57V의 전원을 공급하는 부분과 RJ-45를 통하여 공급되는 전력을 장치에 필요한 전압으로 변환하는 부분(PD)으로 구분한다. 따라서 별도의 전원공급 없이 PoE(Power Over Ethernet) 기능을 내장하여 LAN선을 이용한 장거리 통신 및 전력송신 가능(최대 100m) 및 설치의 편리성을 제공한다. 그림 7은 PoE Board 이미지를 나타내고 있다.



Fig. 7. PoE Board image
그림 7. PoE Board 이미지

3. Display Unit

그림 8의 Display Unit은 4 channel 센서 모듈로부터 상태를 입력받아 LCD에 표시하는 장치로써 Touch Panel 입력 방식으로 사용자들이 보다 쉽고 빠르게 사용할 수 있는 환경을 제공한다. 주변장치를 제어하는 통신/제어부, LCD&GUI 구동부를 분리하여 설계한다. GUI 구동 부분에는 Cortex-A8(TCC8801)와 윈도우 CE 6.0 사용하며, 통신/제어부에는 상용의 Ethernet Hub와 제작한 전원 변환부를 사용한다. 통신/제어부와 GUI 구동부는 Ethernet을 이용하여 연결한다.



Fig. 8. Display Unit image
그림 8. Display Unit 이미지

4. Alarm Unit

그림 9의 Alarm Unit은 Ethernet을 통해 Display Unit이나 Sensor Module 또는 Main Hub 출력신호를 받아 경고상태에 따라서 경광등을 깜빡이거나 켜고 소리로 경고음을 발생시킨다. 3색의 고휘도 LED 내장, 다양한 경고음 내장, 위험상황 발생시 해당 사용자들이 안전하게 대피할 수 있도록 하는 사인 및 경고 기능을 가진다.



Fig. 9. Alarm Unit image
그림 9. Alarm Unit 이미지

5. Main Hub

Main Hub는 Sensor Module들로부터 수집한 실시간 자료들을 취합하여 보관하는 기능과 Local/Remote 전송요구가 있을 때, 현재 상황 및 수집도니 내용을 전달해주는 역할을 한다. 또한 Display Unit을 거치지 않고도 Sensor Module을 바로 연결하여 간이 시스템으로 구현 될 수 있도록 하였고, 산업용 Embedded PC를 사용하여 제어 및 관리를 위한 GUI를 구성하였다.

6. Total RMS

그림 10의 Total RMS 안드로이드 또는 윈도우 기반의 대화면 터치 인터페이스 모니터링 장비로 산업용 PC를 적용하여 하드웨어를 구성하였다. 별도의 전용 GUI를 개발 탑재하여 전체 시스템의 상태 모니터링이 가능하도록 하였다. Sensor Module에 장착된 각 방사선 측정 센서들의 위치를 한 눈에 알아보고 해당 센서에서 측정되는 방사선(능)량을 직접 확인할 수 있도록 GUI를 개발하였다.

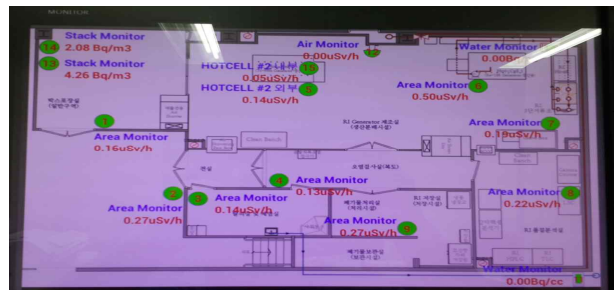


Fig. 10. GUI of Total RMS
그림 10. Total RMS의 GUI화면

7. 성능 실험

가. 실험 방법

본 논문에서 제안한 그림 11의 Total RMS의 성능을 평가하기 위하여 그림 12과 같이 기준선량률 30uSv/h부터 6,000uSv/h까지를 표준선원인 137Cs를 놓고 공인 시험기관의 장비를 사용하여 방사선 값을 측정하였다.



Fig. 11. Full hardware image of Total RMS
그림 11. Total RMS의 전체 하드웨어 이미지



Fig. 12. Experimental environment of radiation examination room of accredited testing institute
그림 12. 공인시험기관의 방사선 조사실 실험 환경

나. 실험 결과

실험 결과 표 1과 같이 모든 시료들에 대하여 ±8.5% 이하의 불확도가 측정되어 국제 표준인 ±15% 이하에서 정상동작 됨이 확인되었다.

Table 1. Experimental Results on the Measurement Uncertainty Rate

표 1. 측정 불확도에 대한 실험 결과

radiation quality	Reference dose rate	Calibrator measured value	Measurement uncertainty
¹³⁷ Cs	30uSv/h	27.8uSv/h	8.5 %
	50uSv/h	49.0uSv/h	
	80uSv/h	81.0uSv/h	
	200uSv/h	199.6uSv/h	7.5 %
	500uSv/h	485.5uSv/h	
	800uSv/h	795.6uSv/h	
	2000uSv/h	1988.8uSv/h	6.4 %
	4000uSv/h	3989.8uSv/h	
6000uSv/h	5955.8uSv/h		

III. 결론

본 논문에서는 원자력 및 핵의학 분야용 Total RMS(Radiation Monitoring System)을 제안하였다. 제안하는 시스템은 Stack Monitor, Area Monitor, Water(Liquid) Monitor 등을 하나의 시

스템으로 확장 및 제어할 수 있는 장비로 각 방사선 검출기에서 측정된 신호를 통합 모니터링할 수 있다. 제안된 시스템은 해외에서 거의 전량 수입되고 있는 Total RMS을 저렴한 가격으로 국내에서 개발 생산할 수 있을 것이다. 따라서 원자력 및 기초 관련 분야에 쉽게 적용할 수 있어, 관련 산업 및 기초 과학 연구 분야의 활성화가 될 것이다. 제안한 Total RMS의 불확도에 대하여 공인 시험기관의 장비를 사용하여 실험한 결과, ±8.5% 이하의 불확도가 측정되어 국제 표준인 ±15% 이하에서 정상동작 됨이 확인되었다. 향후 연구과제로는 회로의 안정화 및 측정 불확도를 더욱 낮추는 방법에 대한 연구가 필요하다.

References

[1] Jin-Soo Lee et al, "Quantitative Evaluation of Image Quality using Automatic Exposure Control & Sensitivity in the Digital Chest Image," *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol.13, No.8, pp. 275-283, 2013. DOI:10.5392/JKCA.2013.13.08.275

[2] Stokes et al, "The Atmospheric Radiation Measurement (ARM) Program: Programmatic background and design of the cloud and radiation test bed," *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol.75, No. 7, pp. 1201-1221, 1994. DOI:10.1175/1520-0477(1994)075<1201:TARMPP>2.0.CO;2

[3] Weise K et al, "Bayesian decision threshold, detection limit and confidence limits in ionising-radiation measurement," *Radiation protection dosimetry*, Vol.121, No.1, pp. 52-63, 2006. DOI:10.1093/rpd/ncl095

[4] Na, Dong-Ho et al, "Development of Time Information Broadcasting System using Power Line Communication," *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.12, No.1, pp. 217-223, 2012. DOI:10.7236/JIWIT.2012.12.1.217

[5] Hee-Yeol Lee et al, "Design of Tester Apparatus for 48 Channel GM Tube Sensor," *Journal of IKEEE*, Vol.20, No.3, pp. 310-313, 2016. DOI:10.7471/ikeee.2016.20.3.310

[6] Kyeong-Uk Jang et al, "A Study On Hardware Design for High Speed High Precision Neutron Measurement," *Journal of IKEEE*, Vol.20, No.1, pp. 61-67, 2016. DOI:10.7471/ikeee.2016.20.1.061