

Cortex-A9 기반 휴대용 방사선 검출장치에서의 온도보상 알고리즘 구현

남해진¹ · 이준휘² · 김영길^{3*}

Realization of temperature compensation algorithm on portable radiation detection device based on Cortex-A9

Hye-jin Nam¹ · Jon-Hwey Lee² · Young-kil Kim^{3*}

¹ Department of Electrical Engineering, Ajou University, Suwon 443-749, Korea

² Research Engineer, LG Electronics, Seoul 443-749, Korea

³ Department of Electrical Engineering, Ajou University, Suwon 443-749, Korea

요 약

국제적으로 해운물류의 안전과 보안이 강화되고 있다. 이에 맞추어 국내에서 해운물류의 안전과 보안을 위한 기술에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 관련한 기술 중에 컨테이너 검색의 강화에 따라 휴대용 방사선 검출장치의 필요성이 증가하고 있다. 본 논문에서는 Cortex-A9을 기반으로 한 휴대용 방사선 검출 장치의 구현에 관한 연구와 온도보상 알고리즘의 적용으로 결과의 정확도를 향상하는 연구를 제안하고자한다. 센서의 신호를 아날로그 보드를 통해서 준석에 용이하도록 변형시키고 Cortex-A9 플랫폼에서는 신호를 받아 분석하고 결과를 출력한다. 추가로 온도보상 알고리즘을 적용하여 온도가 변해도 같은 결과를 나타낼 수 있도록 한다.

ABSTRACT

Safety and security system have been internationally enhanced in a field of shipping logistics. Accordingly, techniques for safety and security have been studied steadily. The need of portable radiation detection device is increasing by the search of the container is enhanced. In this paper, we propose to study on the application of the temperature compensation algorithm to the platform to improve the accuracy and the realization of portable radiation detection device based on Cortex-A9. Analog board deforms signal output from the sensor. And Cortex-A9 platform analyzes the signal received and displays the results. Additionally we use the temperature compensation algorithm and thereby we can look the same results even if the temperature changes.

키워드 : 방사선, 감마선, Cortex-A9, 해운물류, 온도보상

Key word : Radiation, Gamma-ray, Cortex-A9, Shipping logistics, Temperature compensation

접수일자 : 2013. 07. 03 심사완료일자 : 2013. 08. 05 게재확정일자 : 2013. 08. 16

* **Corresponding Author** Young-kil Kim(ykkim@ajou.ac.kr, Tel:+82-31-219-2364)

Department of Electrical Engineering, Ajou University, Suwon 443-749, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.11.2729>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

해운물류의 안전·보안이 세계적으로 강화되면서 관련한 기술들이 지속적으로 연구되고 있다. 국내의 경우에는 물류강국으로 키우기 위해 국가적인 지원이 이루어지고 있다. 해외 기술에 의존적인 부분들을 국내 기술들로 이루어내기 위해서다. 수입 컨테이너들의 100% 사전 검색이 이루어질 예정이기 때문에 관련 기술들 중 휴대용 방사선 검출장치에 대한 필요성이 높아지고 있다. 이와 관련해서는 현재 국내에서 연구가 점차 이루어져서 센서를 제외한 부분은 국내 기술로 구현이 가능한 상황이다[1].

현재 접할 수 있는 휴대용 방사선 검출장치들은 센서의 신호를 저장하는 프로세서와 저장된 데이터를 분석하고 출력하기 위한 프로세서를 별도로 사용하고 있다. 그리고 온도변화에 따른 오차를 줄이기 위한 방법으로 별도의 샘플시료로 기준점을 잡는 방법을 사용하고 있다.

본 논문에서는 고속의 Cortex-A9 쿼드코어 프로세서 사용으로 신호 처리와 분석, 출력을 하나의 프로세서에서 모두 가능케 하였다. 그리고 온도변화에 따른 오차를 제거하기 위해 실시간으로 온도를 측정하여 보정하는 알고리즘을 적용하였다. 이로써 기존의 휴대용 방사선 검출장치들이 가진 단점을 해결하고 더 나아가 안드로이드 운영체제 사용으로 차별화를 두게 한다.

II. 본 론

2.1. 신틸레이터

신틸레이터는 방사선이 입사하면 상호작용으로 발광현상을 일으키는 물질을 말한다. 신틸레이터는 크게 NaI(Tl), ZnS(Ag), CsI(Tl) 등으로 대표되는 무기 신틸레이터와 안드라신으로 대표되는 유기 신틸레이터로 나눌 수 있다[2].

본 논문에서는 감마선 검출에 주로 사용되는 무기 신틸레이터인 NaI(Tl) 신틸레이터를 사용하였다. 붕괴시간이 빠르고 광전변화 효율이 뛰어나기 때문이다.

2.2. 광전자증배관(PhotoMultiplier Tube)

광전자증배관은 신틸레이터를 통해 발생하는 광전변화를 증폭시키는 역할을 하는 장치다. 광전자증배관은 빛을 증폭시켜서 그대로 빛으로 내보내지는 못하고 전류로 변환시켜 출력이 가능하다. 그렇기 때문에 일반적으로 측광의 용도로 많이 사용된다.

광전자증배관의 입사창으로 입사된 빛은 광전음극에 부딪쳐 광전자를 발생시킨다. 이 때 발생한 광전자는 높은 전압에 연결된 다수의 다이노드들에 연속적으로 충돌하면서 점차 증폭된다. 이렇게 증폭된 다수의 전자들은 최종적으로 애노드에 모이게 되고 전류의 형태로 출력된다. 이렇게 전류로 바뀐 신호는 매우 약하기 때문에 전치증폭기를 사용하여 분석이 가능하도록 증폭시켜 준다[3]. 이와 같은 광전자증배관의 동작과정은 그림 1과 같다.

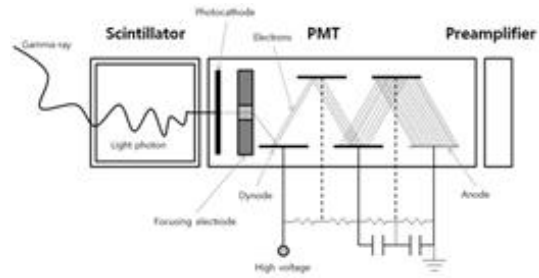


그림 1. 광전자증배관의 동작
Fig. 1 Operating of photomultiplier tube

2.3. ARM Cortex-A9

ARM Cortex-A9은 ARMv7 아키텍처를 기반으로 한 싱글 및 멀티코어 프로세서다. 공정과 아키텍처의 변화로 인해 이전 세대 프로세서인 Cortex-A8보다 성능은 높아지고 전력소모는 줄어들었다. 이전 세대 아키텍처와 유사한 점이 많이 있지만 기존의 ARM 프로세서들과 가장 큰 차이는 멀티코어가 가능해진 점이다. 이로 인해 캐시와 AMBA(Advanced Microcontroller Bus Architecture) 버스의 구조도 변화였다. 이러한 Cortex-A9의 아키텍처는 다음의 그림 2와 같다.

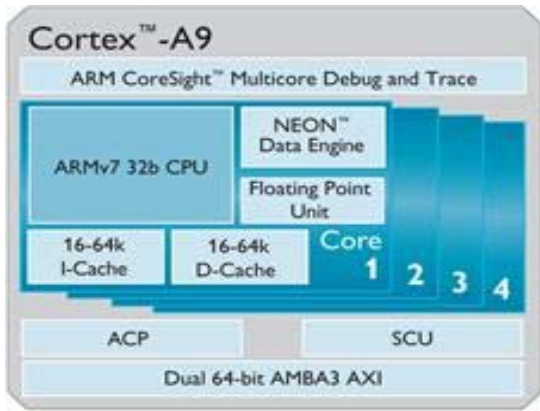


그림 2. ARM Cortex-A9의 아키텍처 [4]
Fig. 2 Architecture of ARM Cortex-A9 [4]

III. 방사선 검출장치 구현

3.1. 시스템 개요

구현한 휴대용 방사선 검출장치는 크게 세 부분으로 나눌 수 있다. 감마선 센서 부분, 아날로그 회로 부분, Cortex-A9 플랫폼으로 나눌 수 있으며 이를 블록도로 나타내면 다음의 그림 3과 같다.

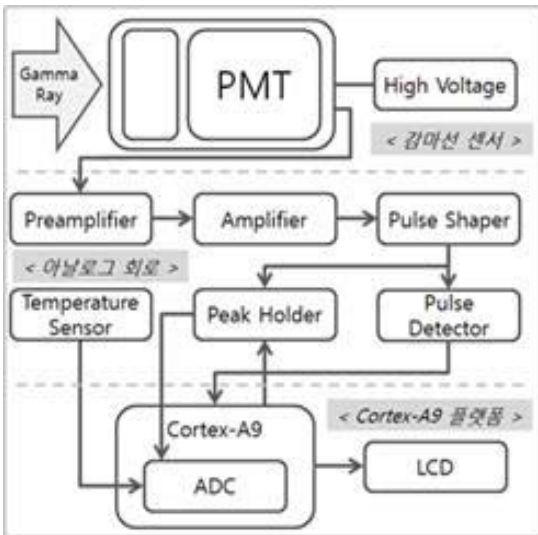


그림 3. 휴대용 방사선 검출장치의 블록도
Fig. 3 Block diagram of portable radiation detection device

감마선 센서부는 신틸레이터, 광전자증배관, 고전압 원으로 이루어져 있다. 센서부에서는 감마선이 들어오면 발생하는 신틸레이터의 빛을 광전자증배관에서 빛의 세기만큼 전류의 형태로 출력한다.

아날로그 회로부는 전치증폭기, 증폭기, 펄스 웨이퍼, 펄스 디텍터, 피크 홀더, 온도 센서로 이루어져 있다. 센서의 미약한 신호를 증폭시키고 분석하기 쉽도록 변형시키는 것이 주 역할이고 추가로 온도센서를 이용하여 현재의 온도를 측정할 수 있도록 하였다.

Cortex-A9 플랫폼은 크게 보면 Cortex-A9 프로세서와 LCD로 구성되어 있다. Cortex-A9 프로세서에서는 내부의 ADC를 통해서 변환된 신호와 온도값을 받아 신호를 분석하고 오차를 보정하여 LCD를 통하여 결과를 출력하도록 하였다.

3.2. 아날로그 회로

아날로그 회로에서 가장 중요한 부분은 신호분석을 위한 펄스 웨이퍼, 펄스 디텍터, 피크 홀더다. 센서에서 나오는 신호는 빠르게 올라갔다가 매우 느리게 내려오는 형태의 펄스를 가진다. 이를 그림으로 나타내면 다음의 그림 4와 같다. 각각의 펄스가 가지는 피크값이 중요한데 그림처럼 펄스가 천천히 감소하는 형태를 가지면 뒤이어 발생하는 펄스가 중첩되어 피크값이 커지는 현상이 발생할 수 있기 때문이다. 그래서 펄스를 날카롭게 변형시켜줄 필요가 있다[5].



그림 4. 감마선 센서의 출력 신호
Fig. 4 Output signal of gamma-ray sensor

감마선 센서의 출력을 날카롭게 변형시켜 주는 역할을 하는 것이 펄스 웨이퍼다. CR과 RC회로의 특성을 이용하여 구성이 가능한 것이다. 펄스 웨이퍼의 출력은 펄스 디텍터와 피크 홀더로 전달된다.

펄스 디텍터는 비교기로 구성되어 있다. 펄스 웨이퍼의 출력이 일정량 이상일 때 1.8V의 출력을 나타내고

그 외에는 그라운드를 유지한다. 펄스 디텍터가 필요한 이유는 펄스의 피크값만 알아내면 되기 때문에 펄스가 한 번 발생하면 한 번만 읽어서 피크값을 저장하기 위함이다.

피크 홀더는 펄스 웨이퍼의 출력을 받아 피크값을 유지시켜 주는 역할을 한다. 펄스의 피크값을 읽을 때 피크 발생의 정확한 타이밍을 맞추기 어렵기 때문에 조금 늦게 읽어도 정확한 피크값을 읽을 수 있도록 하기 위해 사용한다[6].

다음의 그림 5는 구현된 아날로그 회로의 모습이다. 핵심이 되는 펄스 웨이퍼, 펄스 디텍터, 피크 홀더가 위치하고 센서와 연결되는 포트와 Cortex-A9 플랫폼과 연결되는 커넥터, 전원 커넥터가 위치하고 있다.

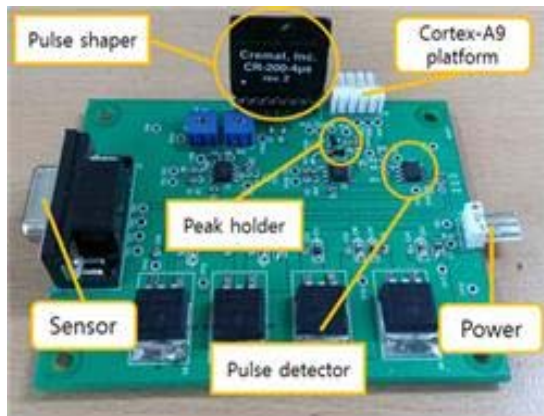


그림 5. 구현된 아날로그 회로
Fig. 5 Implemented analog circuit

3.3. Cortex-A9 플랫폼

Cortex-A9 플랫폼에서는 아날로그 회로의 신호를 받아 분석하고 출력하는 역할을 한다. 펄스 디텍터의 신호가 라이징엣지가 되는 지점을 인터럽트 지점으로 삼아 Cortex-A9에서는 ADC를 통해 피크 홀더의 피크값을 읽어 저장하고 초기화 신호를 보내 피크 홀더를 그라운드로 초기화 시켜준다. 계속해서 피크값을 저장하다가 4초의 시간이 흐르면 출력하기 위한 처리를 한다. 온도를 측정하여 저장된 데이터테이블을 보정하고 스펙트럼으로 화면에 출력하는 것이다. 이러한 동작들은 리눅스 커널의 디바이스 드라이버와 안드로이드

이드 애플리케이션에서 동작하게 된다. 동작을 위해 제작한 플랫폼은 다음의 그림 6과 같다. 추후 추가 기능을 구현을 위해 별도의 커넥터를 추가하여 설계하였다.



그림 6. 구현된 안드로이드 플랫폼
Fig. 6 Implemented Android platform

3.4. 온도보상 알고리즘

신틸레이터의 출력은 온도에 따라 변화를 가진다. 때문에 온도 변화를 고려하지 않고 방사선 검출장치를 만들면 온도가 변했을 때 결과가 크게 달라질 수 있다. 논문에서 사용한 NaI(Tl) 신틸레이터는 섭씨 30도에서 출력이 가장 크다. 그리고 30도 보다 온도가 낮아지거나 높아지면 선형적으로 출력이 낮아지는 특성이 있다. 30도 이하에서는 1도가 감소할 때마다 출력이 0.3% 가량 낮아진다. 30도 이상에서는 1도가 증가할 때마다 출력이 0.23% 가량 낮아진다.

구현한 방사선 검출장치에서는 결과를 출력하기 전에 온도센서를 이용하여 온도를 측정하고 이를 기준으로 오차를 보정한다. 측정된 온도를 30도와 비교하여 30도 보다 낮을 때와 높을 때의 각각의 변화비와 온도차를 곱하여 보정값을 정한다. 이 보정값에 맞추어 저장된 데이터테이블을 전체적으로 이동시킨다. 이로써 온도 변화에 따라 보정된 결과를 출력할 수 있는 것이다.

IV. 실험결과

4.1. 실험환경

구현된 시스템을 가지고 구축한 실험환경은 다음의 그림 7과 같다. 구현된 시스템과는 별도로 전원 공급을 위한 전원공급기와 아날로그 회로의 동작을 확인하기 위한 오실로스코프가 추가로 사용되었다.

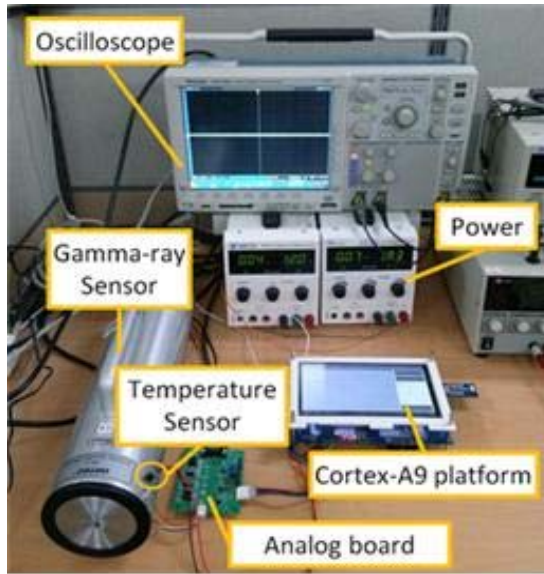


그림 7. 구현된 시스템의 실험환경
Fig. 7 Test environment of realization system

4.2. 실험결과

앞의 실험환경에서 감마선 샘플 시료를 이용하여 구현된 시스템이 정상적으로 동작하는지 확인해보았다. 샘플 시료 중에서 실험에 자주 쓰이는 Cs-137(세슘-137)을 사용해서 온도 변화에 따라 측정결과가 어떻게 변하는가를 살펴보았다. 우선 온도보상 알고리즘을 적용하지 않은 상태에서 온도를 낮추거나 높이면서 실험을 해보았다. 이에 대한 측정 결과는 그림 8과 같다. Cs-137의 피크값의 빈도수가 높게 기록되는데 온도의 변화에 따라 빈도수가 높게 나타나는 지점이 이동하는 것을 확인할 수 있다. 신틸레이터의 출력이 변하면서 피크값이 변하기 때문이다.

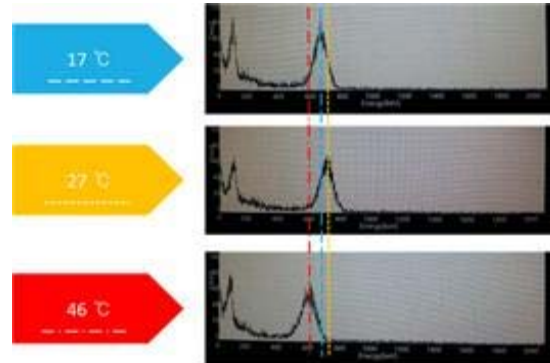


그림 8. 온도보상 알고리즘 적용 전의 출력 변화
Fig. 8 Before using the temperature compensation algorithm, the output changes

다음으로 온도보상 알고리즘을 적용한 후에 측정 결과가 어떻게 변하는지 살펴보았다. 이에 대한 측정 결과는 그림 9와 같다. 앞의 실험결과와 다르게 온도변화가 발생해도 측정결과가 거의 일치하는 것을 볼 수 있다. 완전히 일치하지 않지만 온도센서의 오차범위나 온도특성을 완전하게 옮기기 어려운 점을 고려하면 충분히 발생할 수 있는 오차라 할 수 있다.

이로써 온도보상 알고리즘이 온도 변화로 발생하는 오차에 대한 보상을 충분히 하고 있음을 확인할 수 있다.

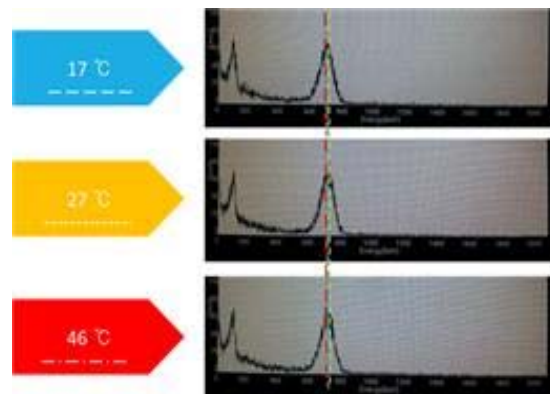


그림 9. 온도보상 알고리즘 적용 후의 출력 변화
Fig. 9 After using the temperature compensation algorithm, the output changes

V. 결 론

본 논문에서는 Cortex-A9을 이용하여 휴대용 방사선 검출장치를 구현하고 온도 보상 알고리즘을 구현한 플랫폼에 적용하였다. 기존의 검출장치들이 두 개의 프로세서와 별도의 ADC를 사용하는 것과 다르게 하나의 프로세서와 내장된 ADC를 사용하여 전력 소모를 줄이고 유지, 보수를 용이하게 하였다. 그리고 기존의 검출장치들이 온도변화에 따른 오차를 해결하기 위해 별도의 시료로 보정절차를 거쳐야 하는 단점이 있는 반면에 구현된 검출장치는 실시간으로 온도를 측정하여 별도의 절차를 거치지 않고 보정된 결과를 보여 줄 수 있다.

추후에 Wi-Fi, 카메라와 같은 하드웨어를 연결하거나 기존의 안드로이드 애플리케이션을 활용하면 검출장치를 보다 다양한 방법으로 활용할 수 있을 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 한국해양과학기술원의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

REFERENCES

- [1] Jea-sun Chio, "A Study on Assuring Korea's Supply Chain Security against the New Trends of Global Security Issues," Korea Maritime Institute, Technical Report 2007-09, Dec.2007.
- [2] Mo-sung Lee, "Automatic Determination of the Energy Puse-height Relationship in NaI (Tl) Spectra," J.Korean Asso. Radiat. Prot, vol. 22, no. 3, pp. 143-151, Sep.1997.
- [3] PocketMagic Where Technology meets magic. NaI Scintillation Probe and Gamma Spectroscopy. [Internet]. Available: <http://www.pocketmagic.net/?p=1541>
- [4] ARM. ARM Cortex-A9 Processor. [Internet]. Available: <http://www.arm.com/products/processors/cortex-a/cortex-a9.php>
- [5] Jon-hwey Lee, "Research for realization of platform of portable radiation detector using NaI(Tl) Scintillator," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, vol. 16, no. 10, pp. 2323-2328, Sep.2012.
- [6] Jae-gil Seo, "An implementation of portable gamma ray detection platform using Cortex-A8," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, vol. 17, no. 4, pp. 1028-1033, Feb.2013.



남혜진(Hye-jin Nam)

2013년 아주대학교 전자공학과 학사
2013 ~ 현재 아주대학교 전자공학과 석사과정
※관심분야: 임베디드 시스템



이존휘(Jon-Hwey Lee)

2011년 아주대학교 전자공학과 학사
2013년 아주대학교 전자공학과 석사
2013년 ~ 현재 LG전자 CTO SIC(연)
※관심분야: 임베디드 시스템



김영길(Young-ki Kim)

1978년 고려대학교 전자공학과 학사

1980년 한국과학기술원 석사

1984년 ENST(프랑스) 박사

1984 ~ 현재 아주대 전자공학과 교수

※관심분야 : 임베디드 시스템, 초음파 의료기기, Mobile 의료정보 시스템, RFID Platform