

Cortex-A9 기반 휴대용 방사선 검출장치에서의 알람 알고리즘 구현

남혜진* · 김영길*

*아주대학교

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

Hye-Jin Nam* · Young-kil Kim**

*Ajou University

E-mail : ngllll@ajou.ac.kr

요 약

본 논문에서는 Cortex-A9을 기반으로 한 휴대용 방사선 검출기에 알람 알고리즘을 적용하여 사용자의 안전을 위한 연구를 제안하고자 한다. 센서의 신호를 아날로그 보드를 통해서 분석에 용이하도록 변형시키고, Cortex-A9 플랫폼에서는 결과를 출력하고, 방사선 검출을 LED와 Buzzer로 알리는 알람 기능을 구현하여 사용자의 안전을 보장한다.

ABSTRACT

In this paper, we propose to study on the application of the alarm algorithm to the platform of portable radiation detection device based on Cortex-A9 to ensure the safety of user. The analog board transforms sensor's signal and the platform based on Cortex-A9 outputs the results. The radiation detection's alarm is realized to LED and Buzzer to ensure safety of user.

키워드

방사선, 감마선, Cortex-A9, 해운물류, 알람 알고리즘

I. 서 론

해운물류의 안전·보안이 세계적으로 강화되면서 국내에서는 해외 기술에 의존하고 있는 부분을 국내 기술들로 이루어내기 위해 국가적인 지원이 이루어지고 있다. 다양한 연구들 중에 수입 컨테이너의 100% 사전 검색이 이루어질 예정이기 때문에 휴대용 방사선 검출장치의 필요성이 증대하고 있다. 이로 인하여 국내에서 휴대용 방사선 검출장치의 연구가 점차 진행되고 있고 국내기술로 구현이 가능한 범위를 넓혀가고 있다. 상용화된 방사선 검출장치들은 신호 처리를 위하여 별도의 프로세서를 사용하고 펌웨어 기반으로 개발된다. 별도의 프로세서를 사용함으로써 빠른 신호처리는 가능하지만 추가적인 파워소비와 디버깅 및 유지보수가 어렵다. 그리고 펌웨어 기반으로 개발됨으로써 불필요한 기능을 제거할 수 있지만 추

가적인 기능구현과 유지보수가 어렵다.

본 논문에서는 센서의 신호를 처리하는 아날로그 회로와 Cortex-A9 쿼드코어 프로세서 그리고 안드로이드 운영체제를 사용하여 방사선 검출 시스템을 구현하였다. 더 나아가 방사능 안전 기준치를 참고해 검출기의 출력을 가지고 피폭량을 계산하여 안전 기준치를 초과하면 사용자에게 알람을 통해 알려주는 알람 알고리즘을 적용하였다. 이로써 방사선으로부터 사용자의 안전을 보장해 준다.

II. 본 론

2.1 신틸레이터

신틸레이터는 방사선을 감지하면 상호작용으로 발광현상을 일으킨다. 신틸레이터의 종류는 크게 무기 신틸레이터와 안드라신으로 대표되는 유기 신틸레이터가 있다. 또 무기 신틸레이터는 NaI(Tl),

ZnS(Ag), CsI(Tl) 등이 있다.[1]

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

2.2 광전자증배관(PhotoMultiplier Tube)

광전자증배관은 신틸레이터를 통해 발생하는 광전변화를 증폭시킨다. 광전증배관은 빛을 증폭시킨 후 전류로 변환시켜 출력한다. 전류로 바뀐 신호는 매우 약하기 때문에 전치증폭기를 사용하여 분석이 가능하도록 증폭시켜 준다.

2.3. ARM Cortex-A9

ARM Cortex-A9은 ARMx7 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 많지만 기존의 ARM 프로세서들과 가장 큰 차이는 멀티코어가 가능해진 점이다. 이로 인해 캐시와 AMBA(Advanced Microcontroller Bus Architecture) 버스의 구조도 변화하였다.

III. 방사선 검출장치 구현

2.1 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 1와 같다.

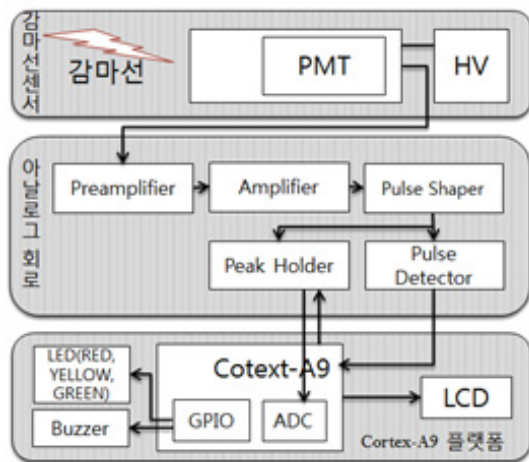


그림 1. 휴대용 방사선 검출장치의 블록도

감마선 센서부는 신틸레이터, 광전자증배관(PMT), 고전압원(HV, High voltage)으로 이루어져 있다. 센서부에서는 감마선이 들어오면 발생하는 신틸레이터의 빛을 광전자증배관에서 빛의 세기

만큼 전류의 형태로 출력한다.

아날로그 회로부는 전치증폭기(Preamplifier), 증폭기(Amplifier), 펄스 웨이퍼(Pulse Shaper), 펄스 디텍터(Pulse Detector), 피크 홀더(Peak Holder)로 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 프로세서의 ADC와 GPIO 그리고 LCD로 구성되어 있다. Cortex-A9 프로세서에서는 내부의 ADC를 통해서 변환된 신호를 받아 신호를 분석하고 오차를 보정하여 LCD를 통하여 결과를 출력하도록 하였다. Cortex-A9 프로세서 내부의 GPIO를 통해서 알람 알고리즘을 적용해 LED와 Buzzer를 사용하여 사용자에게 방사선의 위험도를 알려준다.

3.2. 아날로그 회로

아날로그 회로에서 가장 중요한 부분은 신호분석을 위한 펄스 웨이퍼(Pulse Shaper), 펄스 디텍터(Pulse Detector), 피크 홀더(Peak holder)다. 신호의 출력인 펄스가 증폭되는 것을 막기 위해 펄스를 날카롭게 변형시켜줄 필요가 있다.[2]

감마선 센서의 출력을 날카롭게 변형시켜 주는 역할을 하는 것이 펄스 웨이퍼다. CR과 RC회로의 특성을 이용하여 구성이 가능하다.

펄스 디텍터는 비교기로 구성되어 있다. 펄스 디텍터가 필요한 이유는 펄스가 한 번 발생할 때 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.[3]

다음의 그림 2는 구현된 아날로그 회로의 모습이다. 핵심이 되는 펄스 웨이퍼, 펄스 디텍터, 피크 홀더가 위치하고 센서와 연결되는 포트와 전원 커넥터가 위치하고 있다.

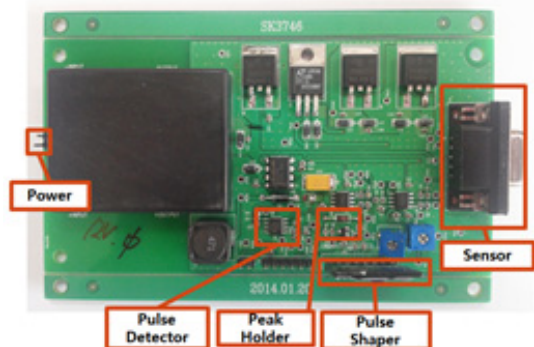


그림 2. 구현된 아날로그 회로

3.3. Cortex-A9 플랫폼

Cortex-A9 플랫폼에서는 아날로그 회로의 신호를 받아 분석하고 출력하는 역할을 한다. 펄스 디텍터의 신호가 Cortex-A9 내부의 ADC를 통해 피크 홀더의 피크 값을 읽어 저장하고 초기화 신호를 보내 피크 홀더를 그라운드로 초기화 시켜준다. 계속해서 피크값을 저장하다가 4초의 시간이 흐르면 출력하기 위한 처리를 한다. Cortex-A9의 GPIO는 4초동안 누적된 결과 값이 기준치 이상이 되면 LED와 Buzzer를 켤 수 있도록 GPIO 핀에서 전압이 출력된다. 이러한 동작들은 리눅스 커널의 디바이스 드라이버와 안드로이드 어플리케이션에서 동작하게 된다. 동작을 위해 제작한 플랫폼은 다음의 그림 3과 같다.

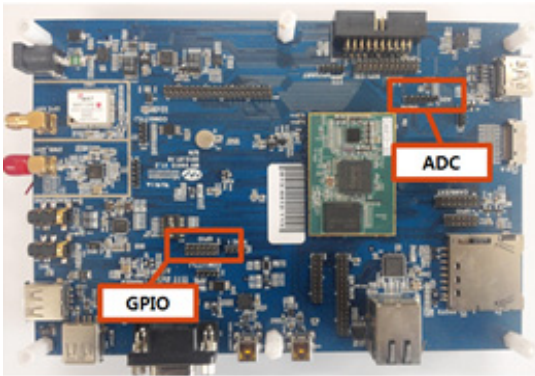


그림 3. 구현된 안드로이드 플랫폼

3.4 알람 알고리즘

방사선 피폭은 외부피폭과 내부피폭이 있다. 알람 알고리즘을 위한 피폭량 계산은 외부피폭량을 이용한다. 외부피폭량은 선량률(Sv/h)과 피폭 시간(h)을 곱하여 계산할 수 있다. 국제방사선방호위원회(ICRP)에서 권고하는 연간 피폭선량은 아래 표1과 같다.

표 1. 연간 피폭선량

	일반인	방사능 업종종사인
연간 피폭선량	1 mSv/y	20 mSv/y
	0.126nSv/s (4초)	2.5367 nSv/s (4초)

연간 피폭선량을 4초당으로 환산하여 방사선 두개의 알람 기준을 정한다. 안전 기준은 일반인의 연간피폭선량이고 위험 기준은 방사능 업종종사인의 연간피폭선량이다. 그 수치는 표 1과 같다. 휴대용 방사선 검출기의 결과 값인 카운트를 가지고 방사선 크기인 Bq을 계산한다. Bq/s 단위를 가지고 실제 인간이 받는 피폭량인 단위 Sv/s로

전환한다.

알람 알고리즘은 안전한 수치일 때, 초록색 LED가 켜지고 Buzzer는 동작하지 않는다. 측정된 방사선량이 첫 번째 기준을 초과하였을 때, 노란색 LED가 켜지고 Buzzer가 2Hz로 울리고, 두 번째 기준을 초과하였을 때, 빨간 LED가 켜지고 Buzzer가 계속해서 울린다. 알람 알고리즘은 그림 6과 같다.

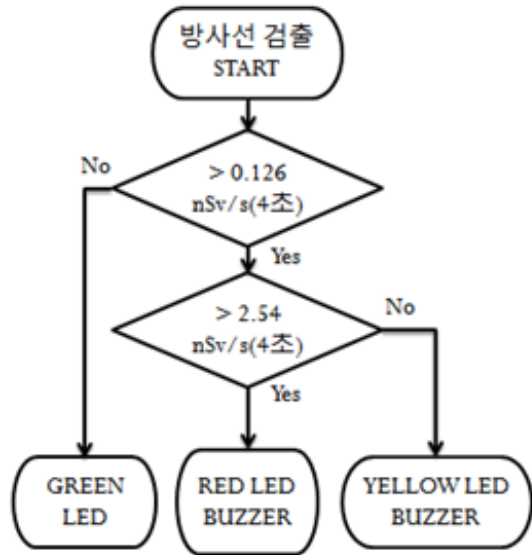


그림 4. 알람 알고리즘 순서도

IV. 실험결과

4.1. 실험환경

구현된 시스템을 가지고 구축한 실험환경은 다음의 그림 5와 같다. 구현된 시스템과는 별도로 전원 공급을 위한 배터리가 추가로 사용되었다. 아날로그 보드와 Cortex-A9 플랫폼은 소형화를 위해 접합시켰다.

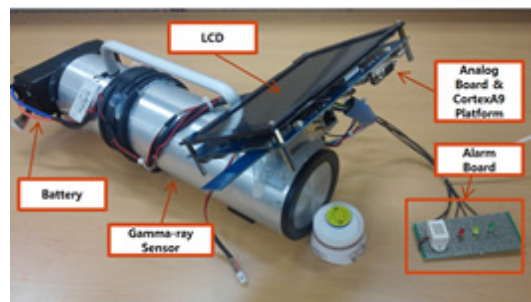


그림 5. 구현된 시스템의 실험환경

4.2. 실험결과

앞의 실험환경에서 감마선 샘플 시료를 이용하여 구현된 시스템이 정상적으로 동작하는지 확인

해보았다. 알람 알고리즘이 제대로 동작하는지 샘플 시료를 가지고 실험을 해보았다.

첫 번째로 샘플 시료 없이 측정해 보았다. 방사선 수치가 안전 기준치보다 작기 때문에 초록색 LED가 켜지고 Buzzer는 작동하지 않는다. 이에 대한 측정 결과는 그림 6과 같다.

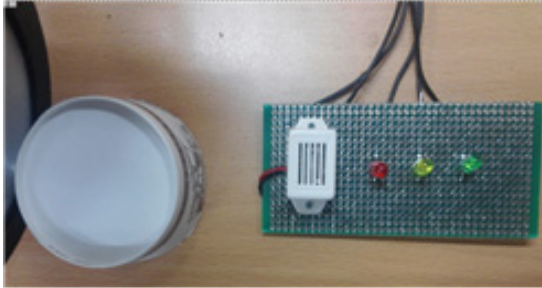


그림 6. 자연 방사선 측정

두 번째로 한 개의 샘플 시료를 측정해 보았다. 방사선 수치는 안전 기준치보다 크고 위험 기준치보다 작기 때문에 노란색 LED가 켜지고 Buzzer는 2Hz로 동작한다. 이에 대한 측정 결과는 그림 7과 같다.



그림 7. 위험 상태 측정

세 번째로 두 개의 샘플 시료를 측정하였다. 방사선 수치가 위험 기준치보다 크기 때문에 빨간색 LED가 켜지며 Buzzer가 계속 울려 위험을 알려준다. 이에 대한 측정 결과는 그림 8과 같다.



그림 8. 고위험 상태 측정

V. 결 론

본 논문에서는 Cortex-A9을 이용하여 휴대용 방사선 검출장치를 구현하고 알람 알고리즘을 구현하여 플랫폼에 적용하였다. 기존의 방사선 검출기들은 두 개의 프로세서와 별도의 ADC를 사용하는 것과 다르게 하나의 프로세서를 사용하고 내장된 ADC를 사용하여 전력 소모를 줄이고 유지, 보수를 용이하게 하였다. 그리고 플랫폼 내부의 GPIO와 LED, Buzzer를 사용하여 알람 기능 추가하였다. 알람을 알려주기 위한 기준은 방사선 연간 허용치와 방사선 관련 직종에 종사하는 연간 허용치를 이용하였다. 이로써 사용자에게 방사선 피폭에 대한 공포를 줄여주고 방사선으로부터 안전을 보장해준다.

참고문헌

- [1] 이모성, NaI(Tl) 검출기 스펙트럼의 에너지-채널 관계 자동결정, 방사선방어학회지, 22(3), 143-151, 1997
- [2] 이준휘, NaI(Tl) Scintillator를 이용한 휴대용 방사선 검출 장치 구현에 대한 연구, 한국정보통신학회논문지, 16(10), 2323-2328, 2012.10
- [3] 서재길, Cortex-A8을 이용한 휴대용 감마선 검출 플랫폼 구현, 한국정보통신학회논문지, 17(4), 1028-1033, 2013.4