
NaI(Tl) Scintillator를 이용한 휴대용 방사선 검출 장치 구현에 대한 연구

이윤호* · 김영길**

*아주대학교

Research for realization of platform of portable radiation detector
using NaI(Tl) Scintillator

Yoon-ho Lee* · Young-kil Kim**

*Ajou University

E-mail : foreveryh11@nate.com

요 약

전 세계적으로 해운물류 안전·보안체계가 강화됨에 따라 국가물류보안 체계 구축을 위한 유비쿼터스 기술 기반의 해운물류 안전·보안 핵심기술 개발이 이루어지고 있다. 현재까지의 U-기반 해운물류 안전보안 시스템 개발과 관련하여 X-선을 이용한 3차원 검색장치 즉, 화물검색장치 개발에 대한 핵심기술을 개발해 오고 있고, 추가적으로 감마선 핵종을 검출할 수 있는 휴대용 방사선 검출 장치의 개발 필요성이 높아지고 있다.

본 논문에서는 방사선에 의한 인체, 물체 및 공공상의 장애를 미연에 방지하기 위한 고속의 휴대용 방사선 검출장치 플랫폼 구현에 대한 연구를 제안하고자 한다.

ABSTRACT

Over the world, the development of critical technology for the safety and security of coastal distribution based on ubiquitous computing is being processed to meet the bottom lines of governmental regulations. Currently, 3D detectors using X-rays for freight search technology are being developed concerning U-based shipping security systems. In addition to that, there are increasing needs for developing portable radiation detector to detect gamma rays nuclide.

The purpose of the thesis is to suggest the research of high speed portable gamma rays detector platform to prevent disorder caused to humans and public objects.

키워드

방사선, NaI(Tl), Scintillator, 해운물류, 감마선

I. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

현재까지의 U-기반 해운물류 안전보안 시스템 개발과 관련하여 화물에 대한 100% 검색이 의무화 되고 있다. 우리나라 역시 물류보안제도의 문제점을 바탕으로 국제적인 동향을 살피고, 이에 따른 현재 운영되는 제도를 어떻게 개선해야 할지를 검토 후 국가 물류보안 체계 구축 방안을 제시하는데 초점을 두고 있다. [1]

해운 물류 안전보안과 관련하여 방사선 검출 장치의 필요성이 높아지고 있는 실정이다. 특히, 보관, 운반 및 기타 취급 컨테이너 내부에 방사선 물질이 있을 경우 방사선에 의한 인체, 물체 및 공공상의 피해를 입을 수 있는 상황에 놓이게 된다.

방사선에 의한 장애를 미연에 방지하기 위해 수입되는 컨테이너 내부의 방사선 핵종의 유무를 확인할 수 있는 시스템이 필요하다. 이와 관련하여 휴대할 수 있는 방사선 검출 장치에 대한 국

가적 수요가 발생되고 있다.

그러나, 휴대용 방사선 검색장치는 국제 해운물류의 안전보안을 위해 국가적으로 확보되어야 하는 핵심기술임에도 불구하고 아직까지 연구가 진척되고 있지 않아, 당해 연도에 관련 핵심기술에 대한 연구를 시작하는 것을 계획하고 있다.

본 논문에서는 인체, 물체 등에 영향을 미치는 방사선 물질의 유무와 위험을 감지할 수 있는 휴대용 방사선 검출센서 NaI(Tl) Scintillator을 이용한 고속의 휴대용 방사선 검출장치를 개발하고자 한다.

1.2 기대 효과

휴대용 방사선 검출장치의 전체적인 구조와 방사선 검출 센서의 동작원리를 이해하여 이를 토대로 최적화된 휴대용 방사선 검출장치를 구현해 낼 뿐 아니라 유사 과제에 이를 적용할 수 있는 지표가 된다. 또한 국내에서도 개념연구 수준에서 실제 플랫폼을 기반으로 시제품을 제작하는 연구 수준으로 추진 할 수 있어 연구 개발의 조속한 시행과 연구결과의 조속한 상용화가 가능하리라고 판단된다.

II. 하드웨어 설계

휴대용 방사선 검출장치는 크게 감마선을 측정하는 센서 부분, 센서에서 측정된 아날로그 신호를 처리하는 부분, 그리고 처리된 신호를 디지털로 변환하여 핵종을 파악하는 Cortex A8 Platform 부분으로 나눌 수 있다.

그림 1은 휴대용 방사선 검출장치의 블록도를 나타내고 있다.

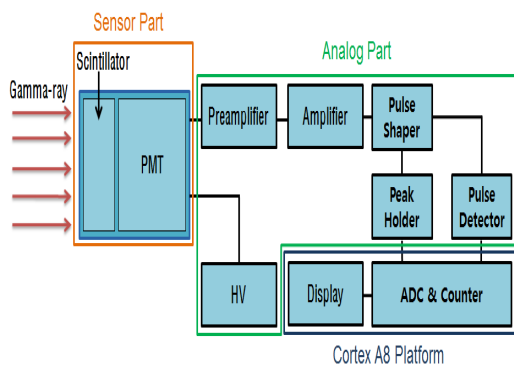


그림 1. 휴대용 방사선 검출장치 블록도

2.1 Sensor Part

센서 부분을 보시면 Scintillator와 PMT로 구

성되어 있다.

방사선이 어떤 결정체를 통과할 때 결정체 내의 구성 원자가 여기되기도 하고 전리도 되는데, 이 여기 및 전리작용에 따라 생긴 변화가 극히 짧은 시간 후에 본래의 상태로 다시 복귀할 때 그 에너지의 일부를 빛으로 방출하게 된다.

NaI(Tl)의 Scintillator는 내부로 방사선이 입사되었을 때, 충돌이 일어나면서 빛을 발생시키는 형광 물질을 말한다. 이 센서는 γ -ray를 검출하는데 효율이 높고, 광전효과가 크기 때문에 대표적으로 사용되고 있다.

PMT¹⁾는 센서에서 나오는 미세한 빛을 전류로 바꿔 증폭시켜 아날로그 신호로 출력시켜주는 역할을 한다.

그림 2는 PMT 동작과정을 설명하고 있다.

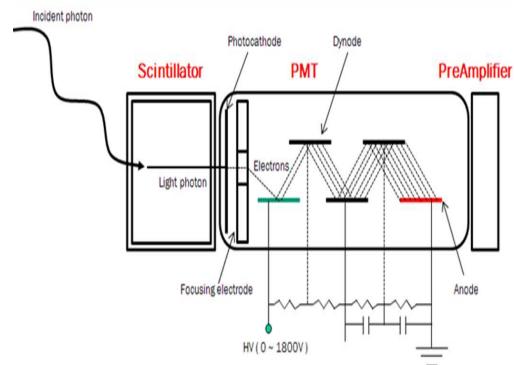


그림 2. PMT 내부 구조 및 동작 과정

Scintillator에 방사선이 조사되면 섬광물질과 반응하여 방사선의 에너지 일부 또는 전부가 전자에 운동에너지로 부여되며, 이 전자는 섬광물질을 전리, 여기하고 물질에 포착되는 과정에서 필요 이상의 에너지를 형광으로 방출한다. 이 빛은 PMT의 Photocathode에 유도되고 여기서 광전자가 방출되어 PMT 속의 HV²⁾가 인가되어 있는 Dynode에 의하여 순차적으로 증배되고 최종적으로 Anode에 흘러들어가 전하 펄스를 형성하게 된다.[2]

2.2 Analog Part

아날로그 부분은 전류를 전압으로 변환하여 증폭시켜주는 Preamplifier와 Amplifier, 이 증폭된 전압 펄스를 가우시안 펄스로 만들어 주기위한 Pulse Shaper, 그리고 펄스를 검출하고, DC값으로 유지시켜주기 위한 Pulse Detector 및 Peak Holder로 구성되어 있다.

PMT의 Anode에 모인 전하 펄스를 작은 커패시터에 축적하고 전압펄스로 변환하여 처리하게 되

1) PMT (PhotoMultiplier Tube) : 광전증배관이라고 하며, 빛을 전류 펄스로 바꿔주는 역할을 한다.

2) HV (High Voltage Supply) : 고전압

는데 이를 Preamplifier에서 처리한다.

Preamplifier에서 처리되어 나온 전압은 매우 미세하기 때문에 Amplifier가 반드시 필요하다. 이때 전류펄스를 전압펄스로 변환되어 나오는 펄스는 음의 펄스로 발생되므로 파형 분석을 위해서는 반전 증폭기를 사용하여 양의 펄스로 변환시켜 준다.[3]

반전되어 나온 양의 펄스는 Pulse Shaper를 통과하여 가우시안 펄스로 만들어지게 된다. 이 펄스의 경우 시간의 경과에 따라 펄스 값이 위, 아래로 변하는 현상이 발생된다. 즉 기준점이 흔들리는 문제가 발생한다. 이 문제를 막기 위한 대안으로 CR회로를 설계하여 Bipolar 형태로 펄스가 출력되게 한다.

방사선의 핵종을 분석하기 위해서는 펄스의 Peak 점을 찾아야 한다. 이 역할을 하는 것이 바로 Peak Holder이다. 커패시터의 충전과 방전 특성을 이용하여 구현한 Holder 회로를 통해 Peak 값을 찾아 ADC로 읽어올 수 있다. 이 시점에 Enable 신호를 만들어 주기 위해 Pulse Detector를 사용한다. 즉, 센서에서 펄스가 들어오고 Peak 값이 DC로 유지될 때를 ADC로 데이터를 읽어야 하는 시간을 Rising Edge 신호로 알려주게 된다.

2.3 Cortex A8 Platform Part

본 논문에서 제안한 Cortex A8 Platform를 통해 아날로그 부분에서 최종적으로 나온 전압펄스를 ADC를 통해 데이터를 받게 된다. ADC가 받아진 이후 Reset 신호를 보내 DC값을 유지시켜주는 Holder의 값을 초기화 시켜준다.

입력 받은 데이터를 실시간으로 Count하고, ADC 데이터를 에너지로 변환하여 X축으로 표현하고, Count를 Y축으로 하여 에너지 스펙트럼을 나타낼 수 있다.

그림 3은 S5PV210을 이용한 Cortex A8 블록도를 나타내고 있다.

S5PV210은 최적화된 하드웨어 성능을 제공하기 위해 64bit 내부 버스 구조를 가지고 있다. Memory System으로는 병렬 Access를 위한 Flash 외부 메모리 포트와 High band DRAM를 가지며, DDR2를 지원한다. Multimedia System에서는 방사선 검출 에너지 스펙트럼을 나타내기 위한 TFT LCD Display가 가능하도록 Controller가 내장되어 있다. System Peripheral은 측정할 수 있는 시간을 계산해주기 위한 Timer with PWM, 데이터를 받기 위한 ADC, 메모리와 메모리 또는 메모리와 주변 장치 간에 데이터 전송을 위한 DMA³⁾가 있다.

제안한 플랫폼은 Android OS를 기반으로 하여 동작하며, 현재 Ginger bread를 사용하고 있다. 아날로그를 디지털로 변환하는 내부 ADC를 사용하기 위해 운영체제와 응용프로그램 및 하드웨어

간의 인터페이스를 담당하는 디바이스 드라이버 개발과 스펙트럼을 표현하기 위한 TFT LCD 디스플레이도 구현한다.

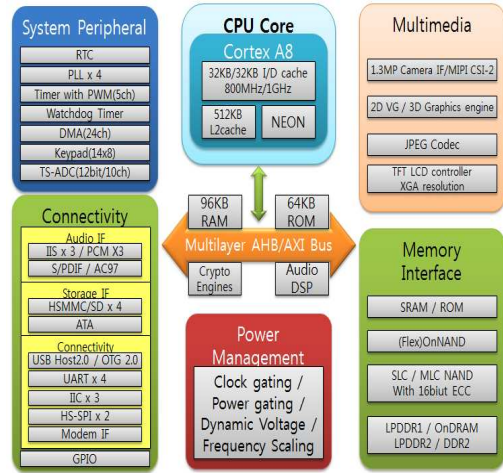


그림 3. S5PV210을 이용한 Cortex A8 블록도

III. 실험 및 결과

본 논문에서는 NaI(Tl) Scintillator를 이용한 휴대용 감사선 검출장치 플랫폼 구현에 대한 연구를 진행 중에 있다.

실험은 NaI(Tl) Scintillator 센서에 방사선 핵종 샘플을 접근시켜 나오는 파형을 통해 이루어졌다. 그림 4는 Preamplifier와 Peak Shaper의 출력을 나타낸 것이다. 센서에서 출력된 전류펄스를 preamplifier를 이용하여 전압 펄스로 변환하여 반전 증폭 시킨 파형이다. 이 파형을 Peak Shaper를 통해 가우시안 펄스로 변환하여 두 파형을 비교하였다.

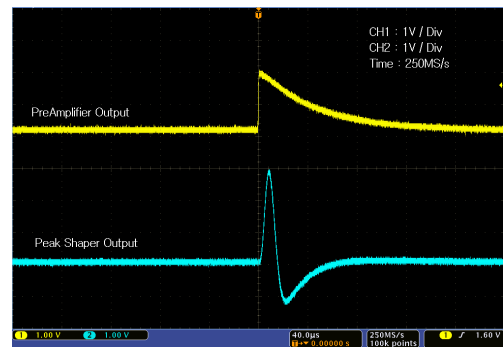


그림 4. Preamplifier 와 Pulse Shaper의 출력

그림 5는 Pulse Shaper와 Pulse Detector의 출력파형을 나타내고 있다.

3) DMA (Direct Memory Access) : 메모리와 메모리 또는 메모리와 주변 장치간에 CPU를 개입시키지 않고 직접 데이터를 전송하는 방식.

Pulse Shaper에서 출력된 파형을 비교기를 통해 0.4V이상에서 High 값이 유지되고 그 이하에서는 Low 값이 유지되게 하는 Pulse Detector의 파형을 확인할 수 있다.

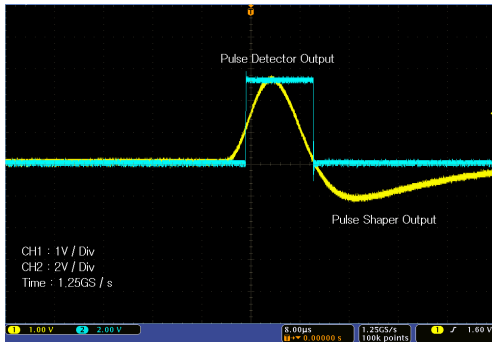


그림 5. Pulse Shaper 와 Pulse Detector의 출력

그림 6은 Pulse Shaper와 Peak Holder의 출력을 보인다. Pulse Shaper의 피크 값을 찾아 커패시터를 이용하여 DC값으로 유지 시켜 준다.

DC값을 읽어 Counting하여 핵종 및 크기를 분석할 수 있다.

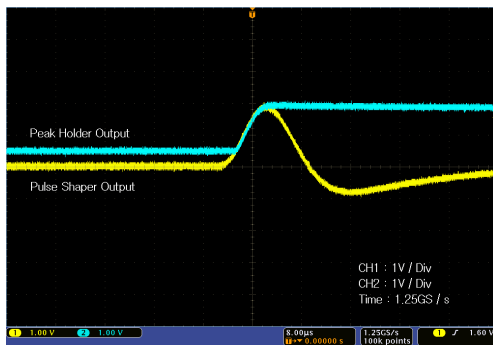


그림 6. Pulse Shaper와 Peak Holder의 출력

IV. 결 론

해운 물류 안전보안과 관련하여 화물 검색을 의무화하고 있다. 본 논문에서는 방사선에 의한 공공상의 장애를 미연에 방지하고자 휴대용 방사선 검출 장치를 구현을 연구하고 있다.

NaI(Tl) Scintillator에서 발생하는 신호를 아날로그 회로를 통해 디지털로 변환하여 Cortex A8 플랫폼을 이용하여 데이터 수집 및 분석을 통해 에너지 스펙트럼을 얻을 수 있다. 에너지 스펙트럼을 통해 방사선의 존재 여부를 판단하고, 발생하는 에너지량을 확인한다.

현재 아날로그 부분과 Cortex A8 플랫폼 제작을 완료하여 알고리즘 구현을 진행하고 있다.

참고문헌

- [1] 최재선의4명, 국가 물류보안체제 확립방안 연구, 한국해양수산개발원, 2007
- [2] 박성한, 방사선 취급 기술, 한국과학기술원 연구처, 1996
- [3] 최용의8명, NaI(Tl) 섬광결정과 위치민감형 광전자증배관을 이용한 소형 감마카메라의 신호 특성 고찰, 대한핵의학회지, 제34권, 제1호, 2000
- [4] www.huins.com