

---

# 온도 보정 Algorithm을 적용한 Digital 휴대용 방사선 검출기의 구현

박지오\* · 임정현\*\* · 김영길\*\*\*

\*아주대학교

## Implementation of Digital Portable Radiation Detector with the Algorithm of Temperature Compensation

Ge-O Park\* · Jung-Hyun Lee\*\* · Young-kil Kim\*\*\*

\*Ajou University

E-mail : parkgeo@ajou.ac.kr

### 요 약

전 세계적으로 해운물류 안전 보안체계가 강화됨에 따라 국가물류보안 체계 구축을 위한 해운물류안전 보안 핵심기술 개발이 이루어지고 있다. 이러한 국제적 정서에 발맞추어, 국내에서도 감마선 핵종을 검출할 수 있는 휴대용 방사선 검출 장치에 대한 관심이 높아지고 있다.

본 논문에서는 방사선 검출에 대한 검사 장비의 성능을 높이려고 온도 보정 Algorithm을 적용한 Digital 휴대용 방사선 검출기 구현에 대한 연구를 제안하고자 한다.

### ABSTRACT

Shipping and logistics safety, security system is strengthening worldwide, the development of shipping and logistics safety security core technology for national security logistics system construction has been carried out. Interest in portable radiation detection device capable detecting gamma rays nuclides is increasing.

In this paper, I would like to propose the study of implementation of digital portable radiation detector with the algorithm of temperature compensation

### 키워드

radiation, detector, temperature, compensation

### I. 서 론

전 세계적으로 방사선 노출 위험에 대한 경각심이 높아지며 국가물류보안 체계에 대한 방사선 검출 기술 개발이 활발히 이루어지고 있다. 항만에서 수입 컨테이너 화물을 검색할 때 X선을 필요한 3차원 컨테이너 검색대 형태의 대규모의 검색이 이루어지고, 보다 자세한 검색을 위해 휴대용 형태의 방사선 검출기로 2차 검색을 실시한다.

이 중 휴대용 방사선 검출기는 국내에서 연구 개발이 꾸준히 진행되고 있으며, 앞으로 휴대용 방사선 검출기는 보다 간소화, 고성능 그리고 안

정적이어야 한다. 기존의 휴대용 방사선 검출기는 방사선 Sensor에서 출력되는 방사선 신호의 검출을 위한 별도의 Pulse shaping board, 그리고 검출된 신호를 분석하고 결과를 보여주기 위한 Embedded platform, 온도에 따른 보정을 위한 온도 Sensor로 구성되어 있다. 하지만 Pulse shaping board로 인한 별도의 전력 필요, Pulse shaping board와 Embedded platform 간의 Noise 발생, 그리고 온도 Sensor로 인한 추가회로 구성과 같은 여러 문제로 인해 휴대용 방사선 검출기의 성능과 휴대성 측면에 비효율이라는 단점이 생긴다.

본 연구에서는 방사선 검출에 대한 검사 장비의

성능을 높인 온도 보정 Algorithm을 적용한 Digital 휴대용 방사선 검출기 구현에 대한 연구를 수행하였다. 쿼드코어 프로세서인 A9을 기반으로 하였기 때문에, 기존의 휴대용 방사선 검출기에서 사용한 Pulse shaping board의 기능을 대신하여 Software algorithm으로 Pulse 측정값을 찾고, Scintillator에서 발생하는 온도에 따른 변환효율을 보정하는 특정 시료를 이용한 온도에 따른 보정 Algorithm을 제안한다. 이는 Digital만으로 구성된 System에서 온도에 따른 변환효율을 보정하는 최적의 방법일 것이다.

## II. Analog 휴대용 방사선 검출기

### 2.1. Analog 휴대용 방사선 검출기의 온도 보상

Analog 휴대용 방사선 검출기는 크게 3가지로 분류된다. 방사선을 감지하는 방사선 Sensor, 신호의 검출과 증폭을 위한 Pulse shaping board, 신호를 AD하여 핵종을 분류하고 사용자에게 Display하는 Embedded platform으로 구성된다. 방사선 Sensor는 Scintillator, PMT, PMT Base로 구성되어 있는데, Scintillator는 방사선을 빛으로 변환하는 섬광체로서, NaI를 사용하고 있다. 조해성이 있기 때문에 알루미늄으로 차폐되어 있다. PMT는 Scintillator에서 변환된 빛을 전자로 변환하는 역할을 하는데, PMT의 출력 신호는 음의 신호를 가지고 있다. 이 신호는 1500ns의 펄스폭을 가지고 있고 sensing하는 핵종의 종류에 따라 펄스의 높이가 각각 다르다. PMT Base의 출력신호는 펄스 폭이 최대 200us이고, Risetime은 100ns 이하로 매우 빠르다. 신호의 최고값을 Catch하기 위하여 PMT Base 다음에 Pulse shaping board를 두어 신호의 변환작업을 한다. Conversion gain은 1eV당 1uV 혹은 6uV이다. 그림 1은 전체적인 System의 사진이다.



그림 1. Analog 휴대용 방사선 검출기의 구성

### 2.2. Analog 휴대용 방사선 검출기의 온도 보상

방사선 Sensor의 온도에 따른 변환효율의 특징 때문에 Energy spectrum을 일괄 보정하는 단계가 추가적으로 필요하다. 방사선 Sensor의 구성요소인 Scintillator는 변환효율이 100%가 되는 30℃ (상온)를 기준으로 저온영역과 고온영역을 나눈다.

저온영역에서 1℃ 당 변환효율이 0.3%씩 감소하고, 고온영역에서 1℃ 당 변환효율이 0.23%씩 감소한다.

Analog 휴대용 방사선 검출기에서 사용되는 보정 방법을 설명하기 위해 자료를 준비하였다. 아래 그림 2와 같이 온도에 변화를 주게 되면, 661KeV에서 최고치를 표현해야 할 Cs-137을 511KeV에서 최고치를 표현하는 Na-22로 잘못 판단할 수 가 있다. 또한, 자연방사선과 Cs-137의 저에너지 대역 성분 때문에 100~200KeV대역에서도 최고치가 표현됨을 확인 할 수 있는데, 이는 Scintillator가 저에너지 대역에서 효율이 높은 특성 때문에 나타나는 현상이다.

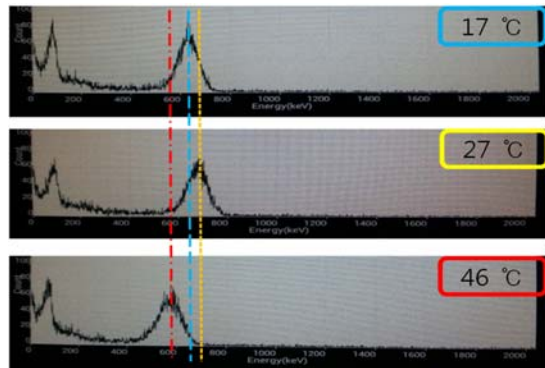


그림 2. 온도에 따른 보정이 적용되지 않음 Analog 휴대용 방사선 검출기의 출력 변화

다음 그림 3은 보정값을 구하고 Display하려는 그래프의 위치를 그 값만큼 오른쪽으로 이동시켜 출력한 사진이다. 그래프를 일괄적으로 이동시키므로써 해당 핵종이 정상적인 위치에서 표현되도록 보정한다.

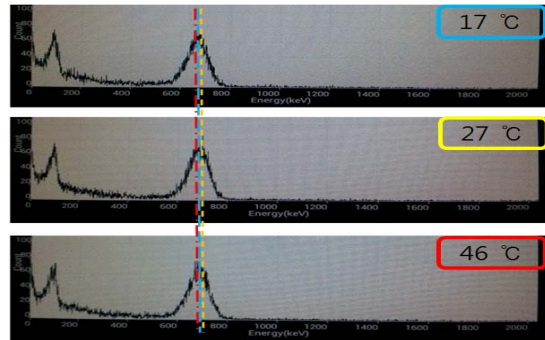


그림 3. 온도에 따른 보정이 적용된 Analog 휴대용 방사선 검출기의 출력 변화

보정된 Energy spectrum은 핵종판별로 보내지고, 전체 Energy spectrum 영역에서 핵종 별 영역범위 안의 Count 수를 합산한다. 합산된 Count의 수가 일정 수치 이상일 경우 핵종이 검출되었다고 판단하고, 사용자에게 Display 한다.

### III. 제안하는 온도 보정 Algorithm을 적용한 Digital 휴대용 방사선 검출기

#### 3.1. Digital 휴대용 방사선 검출기의 구성

Digital 휴대용 방사선 검출기는 Analog 휴대용 방사선 검출기에서 포함하고 있던 Pulse shaping board를 제거하고 방사선 Sensor의 출력 신호를 Pulse shaping board 없이 Digital만으로 처리하도록 하는 방식의 새로운 방사선 검출기이다. Digital 휴대용 방사선 검출기는 Analog 휴대용 방사선 검출기에서 Sampling하지 못한 고속의 신호의 측정값을 Pulse 측정값 검출 Algorithm을 이용해 보다 많이 Sampling 할 수 있다. 다음 그림 4는 두 방사선 검출기의 차이를 단편적으로 보여주는 System 구조이다.

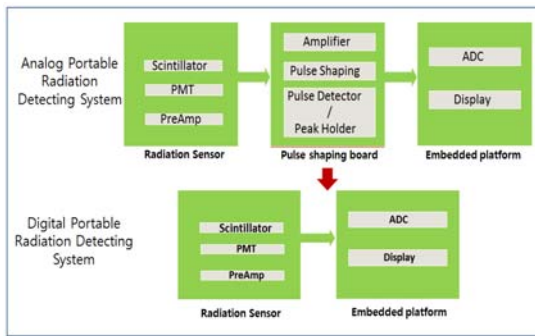


그림 4. Analog 휴대용 방사선 검출기와 Digital 휴대용 방사선 검출기의 구조

Embedded Platform A9의 신호 처리 과정은 그림 5와 같다. 신호 처리 과정은 크게 Data part와 Display part로 나눌 수 있다. Data part는 Pulse 검출 부의 Energy Pairing, 그리고 보정값 적용 부로 구성된다. Pulse 검출 부는 방사선 Sensor의 신호에서 Pulse 측정값을 찾는다. Energy Pairing은 고유 Energy로 표현하기 위한 부분으로써, 입력 받은 Pulse 측정값을 Energy 단위로 변환하여 Energy spectrum을 만든다. 보정값 적용 부는 특정 시료를 이용해 구한 보정값을 Energy spectrum에 적용한다. Display part는 핵종판별과 Display로 구성된다. 핵종판별은 변환된 Energy spectrum을 이용해 방사선의 종류와 단일, 멀티 핵종 여부를 판별하고, Display에서 사용자가 핵종 정보와 그래프를 볼 수 있도록 표시한다.

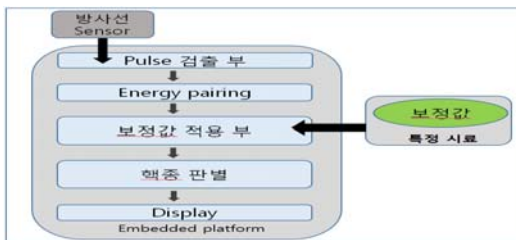


그림 5. Digital 휴대용 방사선 검출기의 신호 처리 과정

위에서 언급한 Energy Pairing 단계는 AD한 최고값의 Voltage 단위를 방사선 분야에서 사용하는 Kiloelectron Volt 단위로 변화하는 단계이다.

#### 3.2. Pulse 측정값 검출 방법

Pulse 측정값 검출 방법은 Digital 휴대용 방사선 검출기에서 핵종을 구분하기 위한 방법으로써, 방사선 Sensor에서 출력되는 신호의 Pulse 측정값을 찾는 방법이다. 기존의 Analog 휴대용 방사선 검출기는 Pulse shaping board를 이용하여 Pulse의 최고값만을 Embedded Platform이 입력 받도록 하였기 때문에 Pulse 측정값을 찾는 과정이 따로 필요하지 않았다. 하지만 Digital 휴대용 방사선 검출기는 Pulse shaping board가 없으므로 별도의 방법으로 Pulse 측정값을 찾아야 한다.

Pulse 측정값 검출 방법을 아래 그림 6을 이용해 간략하게 설명하고자 한다. 방사선 Sensor의 값을 입력 받을 때, 초기값을 저장하고 연속해서 들어오는 새로운 값을 저장된 값과 비교한다. 그리고 새로운 값이 저장된 값 보다 크다면 저장된 값을 새로운 값으로 갱신하여 비교를 반복하게 되고, 새로운 값이 저장된 값 보다 작다면 저장된 값을 Pulse 측정값으로 저장하여 찾고자 하는 Pulse 측정값을 얻는다.

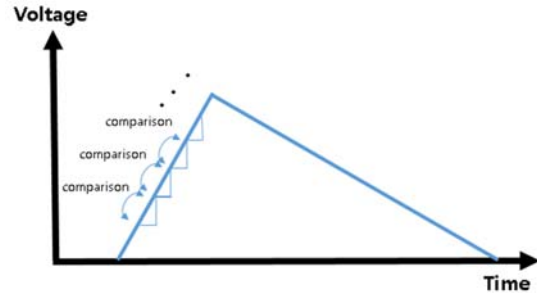


그림 6. Pulse 측정값 검출의 원리

#### 3.2. 특정 시료를 이용한 온도에 따른 보정 Algorithm

그림 7은 Digital 휴대용 방사선 검출기에 온도에 따른 신호의 보정이 적용되지 않을 때 생기는 핵종 판별의 오류에 대한 결과이다.

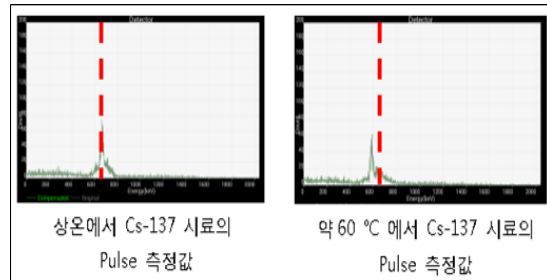


그림 7. Digital 휴대용 방사선 검출기의 핵종 판별 오류

이를 보정하기 위해 특정 시료를 이용한 방법과 온도센서를 이용한 방법이 있다. 하지만, 온도센서를 이용한 방법은 온도센서에 관련된 회로가 추가되기 때문에, 특정 시료를 이용한 방법이 Digital 휴대용 방사능 검출기에 더 적합하다.

특정 시료를 이용한 온도에 따른 보정 Algorithm은 온도 변화량을 모르고 있는 상태에서 Scintillator의 출력을 보정하는데 필수적인 Algorithm이다. 특정 시료를 사용했기 때문에 표 그림 8과 같이 미리 정의한 Defined\_Data\_Table을 만들 수 있다. 이를 이용해 특정 시료에 대한 상온에서 방사능 Energy를 알 수 있고 이를 이용해 보정값을 구할 수 있다.

Ba-133	270KeV
Na-22	511KeV
Cs-137	661Kev

보정값 =  $\frac{\text{특정 시료의 Energy spectrum}}{\text{Defined\_Data\_Table에서 정의된 특정 시료의 Energy}}$

그림 8. Defined\_Data\_Table과 보정값 식

일련의 루틴을 통해 보정값을 정해놓고 Energy spectrum을 보정한다. 보정값을 정할 때 사용되는 정의된 특정 시료의 Energy는 Cs-137이 아닌 다른 핵종의 Energy를 사용해도 되지만, 본 연구에서는 Cs-137으로 특정지어서 사용하도록 한다.

위와 같은 방법으로 보정값을 구하고 미지의 핵종을 검출하기 위한 본 측정 때, 보정값을 적용해 온도 변화에 따른 Scintillator의 출력을 보정해주고 핵종판별로 보내준다. 그림 9는 특정 시료를 이용한 온도에 따른 보정 Algorithm이다.

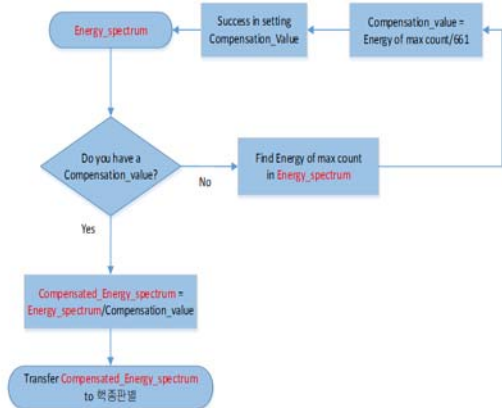


그림 9. 특정 시료를 이용한 온도에 따른 보정 Algorithm

본 논문에서 제안하는 Full-digital System이 적용된 디지털(Full-digital) 휴대용 방사능 검출기의 Hardware는 기존의 방사능 검출기에서 사용되어 지던 아날로그 모듈을 사용하지 않고 센서에서 나오는 전류 신호가 바로 디지털 임베디드 플랫폼

폼으로 입력되어 처리 되도록 한 것이다.

디지털(Full-digital) 휴대용 방사능 검출기는 별도의 주변 장치 없이 디지털 임베디드 플랫폼만으로 이루어져 있기 때문에 컴퓨터보다 소형이고 가벼워 졌으며, Hardware가 훨씬 단순해짐으로써 잡음원이 대폭 줄어들고 검출 성능이 높아졌다. 또한 소비 전력을 적게 사용하는 안정화된 Hardware의 특징을 가지게 되었다. 즉, 실시간으로 이동하며 방사능을 검출하는 것이 가능 하도록 구성되어져 있다.

#### IV. 결론

본 연구는 Digital 휴대용 방사능 검출 system에서 온도가 변화하면 Pulse 측정값이 변하는 문제를 보정해주는 Algorithm을 구현하였다. 기존의 Analog 휴대용 방사능 검출 system은 온도에 따른 보정방법이 존재한다. 온도센서를 이용해 추가적인 회로를 구성하고 온도센서만을 이용한 방법을 사용하지만, Digital 휴대용 방사능 검출 system은 특정시료를 이용한 방법과 온도센서를 이용한 방법을 사용할 수 있다. 하지만 Digital 휴대용 방사능 검출 system은 추가적인 회로를 구성하지 않기 때문에 특정 시료를 이용하여 보정값을 설정하는 것이 더 적합하다. 또한, 온도센서 회로를 구성하지 않기 때문에 저전력의 효과도 기대할 수 있다.

#### 참고문헌

[1] 박상태 이영석 공역, “방사능 측정기술”, 도서출판 보성, 153~157쪽, 2001  
 [2] 이윤호, “Cortex-A8을 이용한 휴대용 방사능 검출 플랫폼 구현”, 아주대학교 대학원 석사학위 논문, 22~25쪽, 2013  
 [3] 이준휘, NaI(Tl) Scintillator를 이용한 휴대용 방사능 검출 장치 구현에 대한 연구, 한국정보통신학회논문지, 16(10), 2323-2328, 2012.10  
 [4] 이준휘, “Cortex-A9 기반의 온도보상 알고리즘을 적용한 휴대용 방사능 검출장치 구현”, 아주대학교 대학원 석사학위 논문, 48~49쪽, 2013