

## 스테레오 카메라를 이용한 방사선 검출에 관한 연구

### Study of detecting radiation Using Stereo camera

이승민\*, 이효성\*\*, 이홍호\*\*\*  
Seung-Min Lee\*, Hyo-Sung Lee\*\*, Heung-Ho Lee\*\*\*

**Abstract** - 방사선을 센싱하는 센서들에는 어려 종류가 있으며, 그 센서에 따라서 감도나 센싱방식이 다양하다. 본 연구에서는 해상도가 높은 범용 CCD 센서를 이용하여 방사선을 검출하는데, 들어오는 영상에서 방사선에 반응하여 생기는 백색량을 처리하여 방사선량을 측정하고 공간상에서 방사선이 가장 많이 나오는 포인트를 제시하며 스테레오 카메라 방식의 구현으로 방사선원까지의 거리 산출할 수 있다. 추후 영상을 합성하여 입체화 시키는 연구도 진행할 예정이다. 논 연구의 결과물로 예기치 않은 방사선 사고의 경우 효과적인 사고처리에 활용될 수 있을 것이다.

**Key Words** : detecting, radiation, stereo

#### 1. 서론

우리나라가 선진국 대열로 들어서면서 전력의 수용가 급증하고 있다. 이에 따라 추가적인 발전시설 건설이 지속적으로 요구되고 있다. 이러한 원전 시설을 이용함에 있어서 안전한 이용은 필수불가결한 과제이다. 원전은 핵분열시 발생하는 열에너지를 이용하여 전기를 발전하지만 그에 따라 많은 양의 방사선 또한 방출된다. 이러한 방사선은 의료산업 분야나, 비파괴검사등 우리의 일상생활에 이름처럼 사용되고 있지만, 안전성을 고려하지 않고 원자력 에너지를 이용한다면 우리에게 엄청난 피해를 줄 수 있는 에너지이기도 하다. 이러한 대표적인 예로 1986년 구소련 우크라이나 체르노빌에서 일어난 방사능 노출사고를 들 수 있다. 이에 따라 체르노빌 사고 이후 러시아와 미국 일본 등에서는 공동으로 미래의 방사능 비상사고에 대처하기 위한 기술 및 장치 개발에 관한 많은 연구가 이루어지고 있으며, 다양한 비상대응용 로봇시스템에 대한 연구개발도 활발히 진행되고 있다. 비상대응용 로봇 시스템은 사전 정보가 없는 방사능 사고 환경에 투입되어 미지의 환경에서 방사선 물질을 탐지함으로써 비상사태에 대한 대응계획을 수립할 수 있는 정보를 제공하고, 사고 현장에서 방사능 오염물질을 효율적으로 처리하는 기능을 수행하여야 한다. 이를 위해 사고환경 내에서 고준위 방사선원의 위치를 신속히 탐지할 수 있는 기술 및 장치의 개발이 필수적이다.

현재 국내외에서 방사선원의 위치를 탐지하기 위한 장치가 다양하게 개발되어 있으나 고하중으로 인해 이동로봇 부착에 어려움이 있거나 방사선원 탐지속도가 느린 단점이 있다.[1]

따라서 이동로봇에 탑재되어 방사능 사고 현장 내 방사선원의 삼차원 위치를 신속히 탐지할 수 있는 센싱 기술의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 이동로봇용 방사선 위치 탐지기 구현 연구의 일환으로 개발된 소형 USB 타입 CCD 카메라 모듈에 대한  $^{60}\text{Co}$  감마방사선원의 조사시험을 수행하고 그 결과 분석을 통하여 방사선원 검출에 대한 가능성을 살펴보았다.

#### 2. CCD를 이용한 방사선 탐지기

##### 2.1 방사광 측정기

CCD의 방사선 측정 센서의 활용은 일반적으로 다음 두 가지 방법을 통해서 가능하다.<sup>[2,3]</sup> 첫 번째는 X-선이나 감마 방사선에 의한 이온화 현상에서 나타나는 백색 화소 영상을 계측하는 직접 측정방법이고, 두 번째는 광변환 물질을 사용하여 방사광을 가시광으로 변환한 후 CCD에서 광량을 읽어내는 간접 측정 방법이다. 본 연구에서는 광효율면에서 유리한 후자의 방법을 선택하여 방사선 측정기를 구현하였다. 그럼 1에 나타난 바와 같이 콜리메이터(Collimator)를 거쳐 방향성을 가지고 입사된 방사광이 섬광체에서 가시광으로 전환되면 후면에 위치한 CCD 카메라에서 빛을 받아들이게 되고, 원격 PC에서는 실시간으로 영상처리를 통하여 전송된 영상으로부터 광량(Intensity)을 계산함으로서 방사선의 양을 측정하게 되는 것이다. 이 장치는 주변의 가시광을 차단하기 위한 광차폐막과 방사선으로부터의 영향을 최소화하기 위해 납(Pb) 차폐체로 카메라를 보호한다. 섬광체는 밀도, 조사길이, 굴절률에서 우수한 특성을 가진 CsI(Tl)이 사용되었다.

##### 저자 소개

\* 정희원 : 충남대학교 전기공학과 박사과정

\*\* 정희원 : 충남대학교 전기공학과 박사과정

\*\*\* 종신회원 : 충남대학교 전기공학과 교수

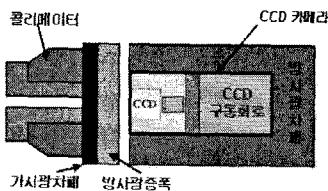


그림 1. 방사선 측정부의 구성

구현된 방사선 측정기를 사용하면 평면상에서 방사선원의 위치를 측정할 수 있을 뿐 아니라 영상처리를 통하여 광량비례관계를 적용하면 측정위치에서의 방사선 세기도 확인이 가능하게 된다.

## 2.2 방사선원 거리측정 기법

두 카메라에 대한 최대 방사광 입력 방향 및 카메라 간격 정보를 활용하여 방사선원까지의 거리정보 추출함으로써 방사선원의 3차원 위치를 고속으로 탐지할 수 있으며, 거리 추출방법은 아래 그림 2와 같다.

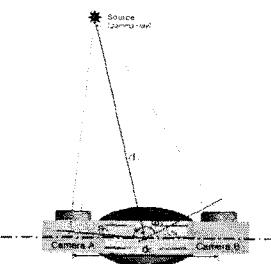


그림 2. 카메라를 활용한 방사선원 거리 측출방법

$$d_s = \frac{d_c}{2} \cos^{-1} \left( \frac{180 - (\theta_A + \theta_B)}{2} \right) \quad \dots \quad (1)$$

또한, 검출된 방사선원과 카메라 모듈의 중심간에 거리는 위의 식(1)로 표현된다.

여기서,  $d_c$ 는 두 카메라의 간격,  $\theta_A$ 는 카메라 A의 최대 방사 입력상태 회전각,  $\theta_B$ 는 카메라 B의 최대 방사광 입력 상태 회전각,  $\Psi_s$ 는 회전 카메라와 방사선원 거리 사이의 각,  $d_s$ 는 방사선원과 카메라 모듈간의 거리를 나타낸다.

## 2.3 방사선 위치탐지 장치

방사선 위치 탐지 장치는 원격 제어 및 영상처리용 PC는 RS232 출력 명령으로 입체카메라 스캔 모듈을 회전시키면서 좌우 카메라로부터 순차적으로 방사광 영상을 입력받음. MSVC++6.0 기반의 OpenCV를 사용하여 구현된 영상처리 프로그램은 각 카메라의 최대광 발생 방향 정보를 추출하고 식 (1)의 과정에 따라 방사선원 3차원 위치를 계산을 수행한다.

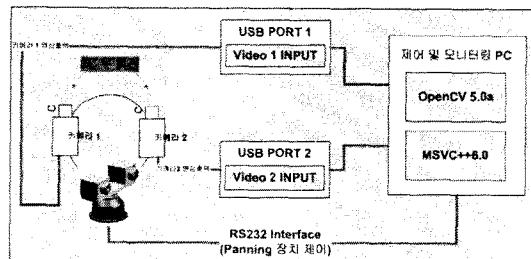


그림 3. 방사선 3차원 위치탐지 장치의 전체 구성

방사광 측정기를 통해 들어오는 영상을 PC에서 처리하여 방사선량을 표시할 수 있는 프로그램을 작성하였다. 작성된 프로그램은 OpenCV를 으로 개발 되었으며, 영상을 받아 펙센단위의 처리를 실시한다.

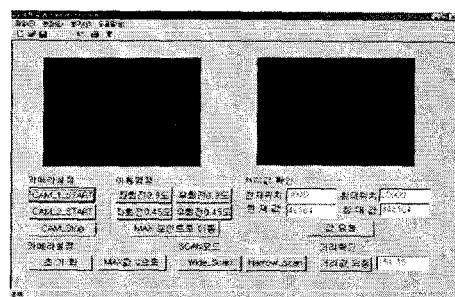


그림 4. 구현된 영상처리 프로그램

구현된 영상처리 프로그램은 스텝모터를 제어하는 부분과 입력된 영상을 처리하는 두 부분의 기능을 수행한다. 스텝모터를 제어하는 부분은 카메라를 좌, 우로 회전시키며 scan하는 역할을 수행한다. 입력된 영상을 처리하는 부분은 임계값을 적용하여 임계값이상의 강도값은 Gray 기준 255로 처리하여 백색화소수를 계산하는 부분과 한 프레임의 모든 픽셀에 대하여 값을 더한 강도값을 표시하는 부분으로 구성되어 있다. 백색화소수로 변환하는 부분과 강도값 처리 두 부분으로 나눈 이유는 두 경우에 대하여 방사선량에 따른 선형성을 고찰하고자 함이다.

## 3. 스테레오 카메라의 방사광 특성분석

### 3.1 스테레오 카메라의 방사광 특성시험

제작된 방사선원 3차원 위치 고속 탐지기의 기능을 방사선장에서 실증시험을 하였다. 시험은 한국원자력연구소 60Co 감마 방사선 조사시설에서 수행되었으며 시험은 삼성 Any Cam USB 카메라와 5mm 두께의 CsI(Tl) 섬광체를 이용하고 2cm 두께의 납차폐체를 적용하여 제작한 측정부이다. 방사선 조사시설에 투입된 카메라 모듈로부터 연장 케이블을 통해 외부로 전송된 영상신호를 분석하고 기록하는 전체 시험의 구성은 그림 5에서 볼 수 있다. 거리별로 조정된 방사선률량을 조사하고 지정된 프레임수에 따라 총 합성 프레임의 런(Intensity) 정보를 이용하였다.

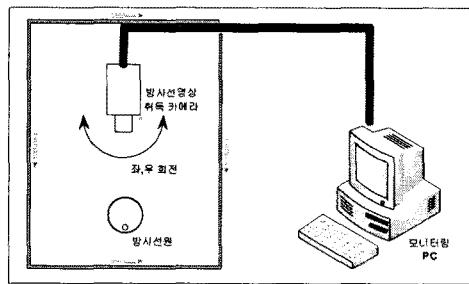


그림 5. CCD 방사광 탐지기의 방사선 특성시험 구성도

### 3.2 실험 결과 및 분석

각각의 방사선 출력 영상에 대한 픽셀별 화소값을 누적 연산하여 방사선원의 거리별, 카메라의 회전각도별 결과는 그림 6, 7과 같다.

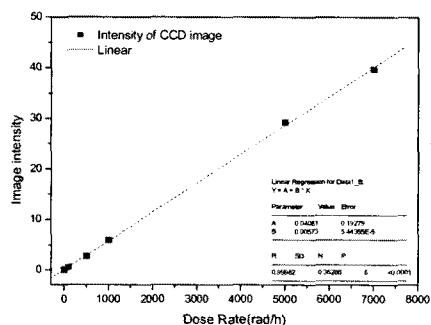


그림 6. 거리별 방사선 탐지감도

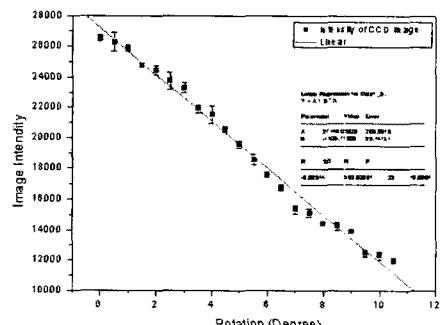


그림 7. 회전각별 방사선 탐지감도

그림 7.에서는 카메라를 회전시켜 방사선량 검출에 대한 방향성을 검토하기 위한 실험결과로 0도부터 12도 사이의 결과에서 각도에 따른 선형성 또한 확인하였다. 또한, 스테레오 카메라 모듈 출력영상의 누적 Q.I 값(10 frames)은 방사선원 일치면에서 최대치를 가지며 카메라의 회전에 따라 중심각으로부터 벗어남에 따라 선형적으로 감소하는 특성을 나타냈다.



그림 8. 시험준비 장면

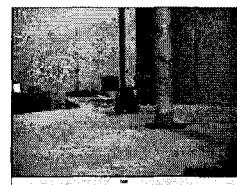


그림 9. 방사선 조사중 시험

2.2절에서 언급한 거리산출을 위해 측정된 변수  $d_C$ 는 24cm,  $\Theta_A$ 는  $10^\circ$ ,  $\Theta_B$ 는  $8.55^\circ$ ,  $\Psi_S$ 는 17.55로 나타났다. 따라서 카메라로부터 방사선원의 거리  $d_S$ 는 식 (1)에 의해 78.83cm로 산출되었으며, 방사선원과 카메라 모듈간의 실제 거리 83cm 대비 5.3%의 측정오차가 발생하였다.

본 실험을 통하여 고안 및 제작한 스테레오 카메라 방사선 측정 장치는 방사선 위치 탐지 및 방사선량 측정장치로 활용이 가능함을 알 수 있다.

### 4. 향후 연구

실험을 통해 검증된 결과를 바탕으로 향후 방향성에 대한 추가연구 및 보완시험을 통하여 방사선원 위치 자동 감지장치를 구현에 대한 연구를 진행할 예정이다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 스테레오 카메라를 이용하여 방사선 측정에 관하여 방사선 조사 실험을 수행하고 특성을 고찰하였다. 시험 결과에서 구현한 CCD형 센서가 방사선 탐지장치로 활용 가능함을 확인할 수 있으며, 공간상에 존재하는 방사선원에 대한 방사선량뿐만 아니라, 방사선원까지의 거리정보 등을 산출할 수 있었다. 추후 영상을 합성하여 입체화시키는 연구도 진행할 예정이며 연구의 결과물로 예기치 않은 방사선 사고의 경우 효과적인 사고처리에 활용될 수 있을 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] G. Harding, "On the sensitivity and application possibilities of a novel Compton scatter imaging system," IEEE Trans, Nucl, Sci., vol. 29, pp 1260-1265, 1982.
- [2] A. M. Chugg and G. R. Hopkinson, "A new approach to modeling radiation noise in CCDs," IEEE Trans, Nucl, Sci., vol. 45, pp 1518-1523, 1998.
- [3] T. S. Lomheim et all., "Imaging charge-couples device(CCD) transient response to 17 and 50MeV proton and heavy-ion irradiation," IEEE Trans, Nucl, Sci., vol. 37, pp 1876-1885, 1999.