

# CCD 카메라를 이용한 방사선원 추적에 관한 연구

## Study of tracing radiation Using CCD camera

이승민\*, 이효성\*\*, 이흥호\*\*\*

Seung-Min Lee\*, Hyo-Sung Lee\*\*, Heung-Ho Lee\*\*\*

**Abstract** - 방사선을 센싱하는 센서들에는 여러 종류가 있으며, 그 센서에 따라서 감도나 센싱방식이 다양하다. 본 연구에서는 해상도가 높은 범용 CCD 센서를 이용하여 방사선을 검출하는데, 감도를 높이기 위해서 신실레이터라는 물질을 CCD CHIP 앞에 부착하였고, 들어오는 영상에서 방사선에 반응하여 생기는 백색량을 처리하여 방사선량을 측정할 수 있다는 것을 보여주고 있다. 또한 Panning을 하며 공간상에서 방사선이 가장 많이 나오는 포인트를 제시할 수 있다. 후후 스테레오 카메라 방식을 구현하여 방사선원까지의 거리 산출과 영상을 합성하여 입체화 시키는 연구도 진행할 예정이다. 본 연구의 결과물로 예기치 않은 방사선 사고의 경우 효과적인 사고처리에 활용될 수 있을 것이다.

**Key Words** : tracing, radiation, CCD

### 1. 서 론

우리나라가 선진국 대열로 들어서면서 전력의 수용가 급증하고 있다. 이에 따라 추가적인 발전시설 건설이 지속적으로 요구되고 있다. 이러한 원전 시설을 이용함에 있어서 안전은 필수불가결한 과제이다. 원전은 핵분열시 발생하는 열에너지를 이용하여 전기를 발전하지만 그에 따라 많은 양의 방사선 또한 방출된다. 이러한 방사선은 의료산업 분야나, 비파괴검사 등 우리의 일상생활에 이롭게 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 누출사고를 들 수 있다. 그 사고로는 수많은 인명의 손실과 환경적 재앙으로 오늘날까지 그 영향이 심각하게 나타나고 있다. 그러나 만일 체르노빌 사고 이전에 방사능 누출사고 및 방사선 비상사태 발생 시 대응할 수 있는 구체적인 기술개발과 대처 방법이 제시되어 있었다면 사고 발생으로 인한 피해 및 영향을 최소화시킬 수 있었을 것으로 예상된다. 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 연구 개발도 활발히 진행되고 있다. 비상대응용 로봇 시스템은 사전 정보가 없는 방사능 사고 환경에 투입되어 미지의 환경에서 방사선 물질을 탐지함으로써 비상사태에 대한 대응체

획을 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.<sup>[1]</sup> 따라서 이동로봇에 탑재되어 방사능 사고 현장 내 방사선원의 삼차원 위치를 신속히 탐지할 수 있는 센싱 기술의 개발이 필요하다. 고속 경량의 방사선 센싱 장치로서 고가, 고하중의 방사선 탐지센서를 대신하여 기존 로봇 시각장치로 사용되는 CCD 카메라를 활용하게 되면 로봇시스템에 대한 센서의 추가 부담을 경감시킬 수 있을 뿐만 아니라 경제적 절감효과를 가져올 수 있는 장점을 가져올 수 있다. 더불어 이동로봇의 원격모니터링 장치로 사용되는 입체영상장치에 추출한 방사선원의 위치정보를 실영상과 함께 입체적으로 중첩 디스플레이하게 되면 방사선원 탐지 및 처리작업에서 효율성을 증대시킬 수 있다.

본 연구에서는 이동로봇용 방사선 위치 탐지기 구현 연구의 일환으로 개발된 소형 USB 타입 CCD 카메라 모듈에 대한 <sup>60</sup>Co 감마방사선원의 조사시험을 수행하고 그 결과 분석을 통하여 방사선원 검출에 대한 가능성을 살펴보고자 한다.

### 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

저자 소개

\* 정 회 원 : 충남대학교 전기공학과 박사과정

\*\* 정 회 원 : 충남대학교 전기공학과 박사과정

\*\*\* 종신회원 : 충남대학교 전기공학과 교수

계측하는 직접 측정방법이고, 두 번째는 광변환 물질을 사용하여 방사광을 가시광으로 변환한 후 CCD에서 광량을 읽어내는 간접 측정 방법이다. 본 연구에서는 광효율면에서 유리한 후자의 방법을 채택하여 방사선 측정기를 구현하였다. 그림 1에 나타난 바와 같이 콜리메이터(Collimator)를 거쳐 방향성을 가지고 입사된 방사광이 섬광체에서 가시광으로 전환되면 후면에 위치한 CCD 카메라에서 빛을 받아들여지고, 원격 PC에서는 실시간으로 영상처리를 통하여 전송된 영상으로부터 광량(Intensity)을 계산함으로써 방사선의 양을 측정하게 되는 것이다. 이 장치는 주변의 가시광을 차단하기 위한 광차폐막과 방사선으로 부터의 영향을 최소화하기 위해 납(Pb) 차폐체로 카메라를 보호한다. 섬광체는 밀도, 조사길이, 굴절률에서 우수한 특성을 가진 CsI(Tl)이 사용되었다.

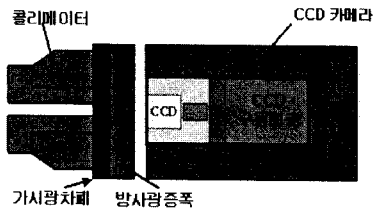


그림 1. 방사선 측정부의 구성

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

## 2.2 영상처리 프로그램

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

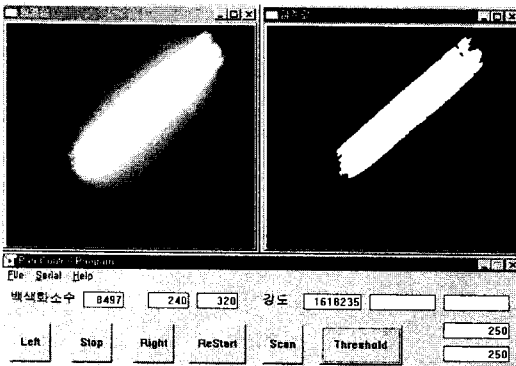


그림 3. 영상처리 프로그램

구현된 영상처리 프로그램은 스텝핑모터를 제어하는 부분과 입력된 영상을 처리하는 두 부분의 기능을 수행한다. 스

텝핑모터를 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.

## 2.3 영상처리 프로그램의 개선

1차 구현된 영상처리 프로그램으로 실험을 수행한 결과 방사선의 경우 CCD에 검출된 방사선량이 매우 소량이며, 한 프레임당의 처리에 대해 선형성을 확인하기가 어렵다는 것이 확인되어 연속된 여러 프레임의 처리가 필요하였다.

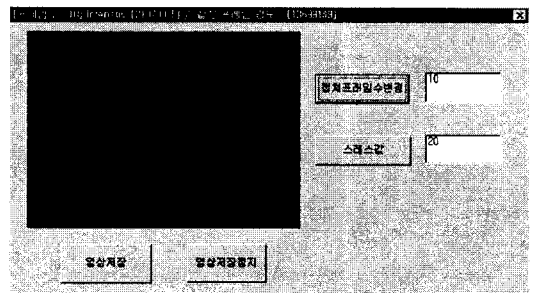


그림 4. 수정된 영상처리 프로그램

수정된 영상처리 프로그램은 합성된 프레임수를 지정할 수 있는 기능과, 합성된 영상의 최종 영상값에서 노이즈를 제거를 위한 스레스값을 적용할 수 있는 기능, 최종 합성된 영상을 저장하는 기능 등이 추가하였다.

## 3. CCD 카메라의 방사광 특성분석

### 3.1 CCD 카메라의 방사광 특성시험

구현된 방사선 검출 카메라 모듈을 이용하여 방사선 특성 확인 시험을 수행하였다. 시험에서는 그림 1의 구성으로 제작한 방사선 측정부에 대한 방사선별 감도를 측정함으로써 카메라 모듈의 방사선 측정기의 활용 가능성을 판단하고자 시도하였다.

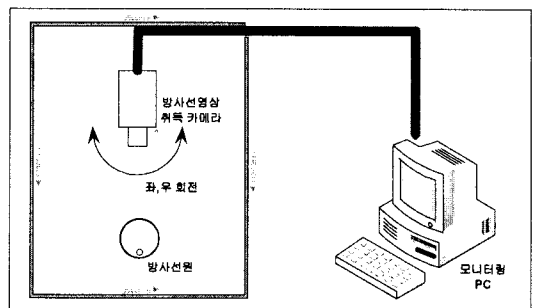


그림 5. CCD 방사광 탐지기의 방사선 특성시험 구성도

시험은 한국원자력연구소  $^{60}\text{Co}$  감마 방사선 조사시설에서 수행되었으며 시험 샘플은 삼성 AnyCam 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 방사선물량을 조사하고 지정된 프레임수에 따라 총 합성 프레임의 량(Intensity) 정보를 이용하였다.

### 3.2 실험 결과 및 분석

그림 6는 조사 방사선량별 카메라 캡처 영상의 저장된 합성영상을 보여주고 있다. 그림 좌측부터 우측으로 방사선 조사량의 증가를 볼 수 있다. 그림에 나타나는 흰색들은 방사선이 입사하여 CCD에 반응하여 생긴점들로 이루어져 있으며, 좌측 영상(10rad/h)부터 30rad/h와 50rad/h, 100rad/h 조사 시의 캡처영상을 나타내고 있으며 조사 방사선물의 세기가 증가할수록 흰색의 점(White speckle)이 급격히 증가함을 알 수 있다.



그림 6. 방사선량별 카메라 출력 방사광 영상

각각의 방사선 출력 영상에 대한 픽셀별 화소값을 누적 연산하여 방사선원의 거리별, 카메라의 회전각도별 결과는 그림 7, 8과 같다.

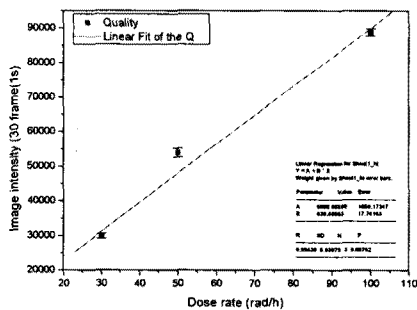


그림 7. 방사선원 거리별 합성이미지의 강도

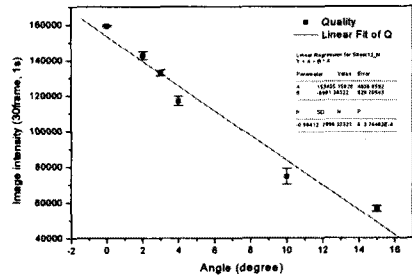


그림 8. 카메라 각도별 합성이미지의 강도

그림 7.에서는 30, 50, 100rad/h에 대한 30프레임의 합성이미지 강도를 나타내고 있으며, 방사선량이 증가함에 따라 강도가 선형적으로 증가함을 볼수 있다. 그림 8.에서는 카메라를 회전시켜 방사선량 검출에 대한 방향성을 검토하기 위한 실험결과로 0도부터 16도 사이의 결과에서 각도에 따른 선형성 또한 확인하였다.

본 실험을 통하여 고안 및 제작한 CCD 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. 결론

본 연구에서는 CCD 카메라를 이용하여 방사선 측정에 관하여 방사선 조사 시험을 수행하고 특성을 고찰하였다. 시험 결과에서 구현한 CCD형 센서가 방사선 탐지장치로 활용 가능함을 확인할 수 있으며, 향후 추가 연구를 통하여 공간상에 존재하는 방사선원에 대한 방사선량뿐만 아니라, 방사선원까지의 거리정보 등을 산출하여 방사능 비상사태에 신속히 대응할 수 있는 장치를 개발할 것이다.

### 참고 문헌

- [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 al., "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.