

A Study on Display Data of Radiation Point at 3 Dimensions

李承珉* · 李興浩†
(Seung Min Lee · Heung Ho Lee)

Abstract - In this research, 3D position exploring system was developed to detect direction and position of radiation source by using two general CCD camera. This system consists of a radiation detection device, a controlling device, and a monitoring device. A radiation detection device is composed of a collimator, a scintillator, CCD sensor, and radiation shielding part. Incident radiation is firstly collimated with direction and converted into visual lights in a scintillator. The CCD sensor detect the converted visual light and send a signal as an image. This can explore a radiation source with direction and distance from geometrical structure of two sensors. From these information, the developed 3D position exploring system can provide 3D radiation source information. This research will be useful for managing and processing radioactive materials in remote.

Key Words : Radiation, Scintillator, CCD, Detector, Robot, Collimator, Stereo

1. 서 론

원자력 에너지를 이용함에 있어 안전성을 고려하지 않는다면 우리에게 엄청난 피해를 줄 수 있다. 대표적인 예로 1986년 구소련의 우크라이나 체르노빌에서 일어난 방사능 누출사고로 수많은 인명의 손실과 환경적 재앙으로 오늘날까지 그 영향이 심각하게 나타나고 있다. 이에 따라 러시아와 미국 일본 등에서는 공동으로 미래의 방사능 비상사고에 대처하기 위한 기술 및 장치 개발에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다. 현재 국내외에서 방사선원의 위치를 탐지하기 위한 장치가 다양하게 개발되어 있으나 대부분 방사선원이 위치한 2차원 방향정보만을 제공하고 있으며, 고하중으로 인해 이동로봇 부착에 어려움이 있거나 방사선원 탐지속도가 느린 단점이 있다.^[1]

본 연구에서는 제안된 소형 USB 타입 CCD 카메라 모듈에 대한 ⁶⁰Co 감마방사선원의 조사시험을 수행하였고 그 결과의 분석을 통하여 방사선에 대한 반응도를 살펴보고 2개의 센서 사용으로 방사선원까지의 거리를 산출하여, 실영상에 방사선 정보를 입체영상으로 표현하여 방사선 관측자에게 입체적인 방사선 정보를 제공하는 기술에 대하여 논하였다.

2. CCD를 이용한 방사선 탐지기

2.1 CCD센서형 방사광 측정기

방사선 측정은 일반적으로 다음 두 가지 방법을 통해서

가능하다.^[2,3] 첫 번째는 X-선이나 감마 방사선에 의한 이온화 현상에서 나타나는 백색 화소 영상을 직접 측정방법이고, 두 번째는 광변환 물질을 사용하여 방사광을 가시광으로 변환한 후 CCD에서 광량을 읽어내는 간접 측정 방법이다. 본 연구에서는 광효율면에서 유리한 후자의 방법을 채택하였다.

콜리메이터(Collimator)를 거쳐 방향성을 가지고 입사된 방사광이 섬광체에서 가시광으로 전환되면 후면에 위치한 CCD 카메라에서 빛을 받아들일게 되고, 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 텅스텐 차폐체로 카메라를 보호한다. 섬광체(광변환체)는 밀도, 조사길이, 굴절률에서 우수한 특성을 가진 CsI(Tl)이 사용되었다.

2.2 콜리메이트 설계

콜리메이터 내부 광 통과 영역은 핀홀(Pin-hole)의 형태를 띠고 있으며 두 콘(Cone)의 꼭지점이 만나는 내부 중심 직경 1mm로부터 양단으로 중심각 30°의 구조로 설계하였고, 핀홀형의 방사선원 스캔 시 나타나는 탐지 감도의 변화를 확인하기 위해 MCNP 코드를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

방사선원과 CCD 중심축의 일치 상태에서부터 벗어남에 따라 CCD 센서의 단위 면적당(cm²)단면적에 도달하는 방사선 입자의 확률을 계산하였다. (센서와 선원의 거리: 100mm, Shoot: 1,000만번)

그림 1의 결과 그래프와 같이 탐지감도는 중심으로부터 일정하게 감소되는 특성을 나타낸다. 따라서 핀홀형의 콜리메이터는 공간 방사선원의 고속 스캔에서 효율적임을 알 수 있다. (에러율: 1.3 - 1.7%)

* 正 會 員 : 忠南大學 電氣工學科 博士課程

† 교신저자, 終身會員 : 忠南大學 電氣工學科 教授

E-mail : zbus@cnu.ac.kr

接受日字 : 2007년 2월 22일

最終完了 : 2007년 3월 26일

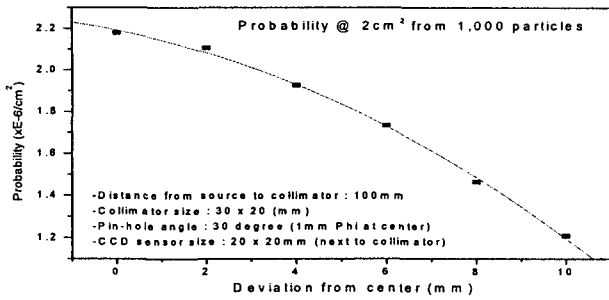


그림 1 핀홀형 콜리메이터의 MCNP 시뮬레이션 결과
Fig. 1 MCNP simulation result of Pin-hole type Collimator

2.3 영상처리를 통한 방사선원 위치 탐지 및 거리산출
탐지센서로부터 입력된 영상신호에는 저 배경 방사선과 전기적 신호 등에 의한 다양한 잡음정보가 섞여 있어 일정 준위(Threshold) 이하의 광량(Quality intensity)정보를 제거한 후 다수 프레임(Frame)의 영상을 픽셀별로 적산하여 S/N 비를 증대시킬 수 있고, 탐지기의 탐지영역 스캔과정에서 PC로 입력된 두 탐지센서의 방사광 영상정보로부터 최대 광 입사 방향과 방사선원까지의 거리를 도출한다.
탐지센서의 공간 스캔데이터에는 광량과 위치정보(x, y)가 동시에 기록되므로 최대 광량 발생 좌표값에 탐지장치 회전 분해능(0.9°)을 고려하면 카메라 방향 θ_A 와 θ_B 는 영상처리만으로 신속히 구할 수 있고, 따라서 방사선원의 거리는

$$d_s = \frac{d_c/2}{\cos\left(\frac{180 - 0.9 \cdot (\theta_A + \theta_B)}{2}\right)} \quad (1)$$

여기서, d_c 는 두 카메라 렌즈간 중심간격으로 12.6cm이며, θ_A 는 초기수평상태에서 카메라 A가 방사선원 중심을 바라볼때 이동한 각이며, θ_B 는 카메라 B가 이동한 각이다.

2.4 입체커서를 통한 방사선원 거리정보 표현

입체영상의 두 비디오 출력영상에 방사선원 형태에 해당하는 동일한 형태의 커서를 가상으로 출력시키고 이 커서의 시차(Disparity)를 변화시키면 커서에 3차원의 정보를 부여할 수 있다. 가상커서는 Stereo View 기능을 지원하는 입체영상 처리용 스테레오 그래픽카드(Oxygen VX1, 3DLabs사)를 기반으로 OpenGL의 glVertex를 이용하여 생성시킨 정사각형 박스 내 십자형태의 그래픽 커서로서, 동 보드 상에서 실영상에 중첩(Overlay) 출력하였다.

그림 2의 입체 커서를 깊이방향(Z-축)으로 이동하려면 좌, 우 커서를 영상 중심에서부터 각각 오른쪽과 왼쪽 x_l, x_r 만큼 이동하여야 한다. 이때 물체까지의 거리 Z는

$$Z = \frac{fB}{(x_l - x_r)} \quad (2)$$

(f: 평행카메라의 초점거리, B: 카메라 사이 베이스라인의 길이, x_l (x_r): 좌(우) 카메라에 점 P가 맺히는 2차원 점)

그러므로, 이 위치에 놓인 가상 커서는 3차원 공간에서 카메라로부터 거리 Z위치의 깊이감을 입체영상 관측자에게 제공 가능하다.

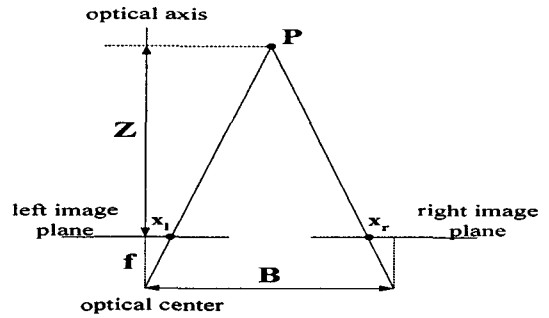


그림 2 평행 카메라에서의 물체 거리 계산
Fig. 2 Object distance computation from parallel camera

2.5 실영상과 방사선원 가영상의 중첩 가시화기술

입체 모니터의 가상커서 표시는 카메라에서와 동일 개념이나 카메라의 영상면과 입체모니터 화면의 화소 단위가 다르므로 두 2차원 공간의 비율을 고려하여 가상커서를 캘리브레이션을 해야 한다.

가상 커서를 영상중심에서부터 대칭으로 이동할 때(그림 3) 픽셀거리 d는

$$d = \frac{fB}{sZ} \quad (3)$$

(s: 카메라 영상면의 단위와 픽셀 단위 사이의 크기 비례값)

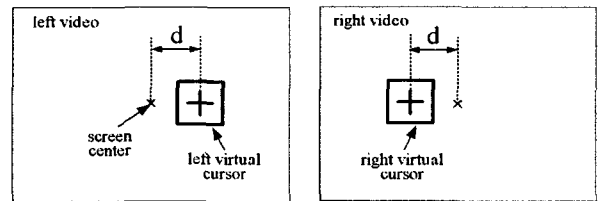


그림 3 입체영상에서의 가상커서 출력
Fig. 3 Virtual cursor output from Stereo image

이 보정 과정에서 길이를 알고 있는 물체를 카메라로부터 1m에 위치시키고 물체의 픽셀 길이를 측정하여 구한 f/s는 882.3으로 결정된다.

3. 방사선 탐지기 검증 실험

3.1 거리별 방사선 탐지감도 및 방향별 탐지능 시험

초기 방사선 탐지장치의 거리별 방사선원 탐지감도 시험 결과(그림 4)에서 방사선의 세기와 방사선 센서 출력 광량

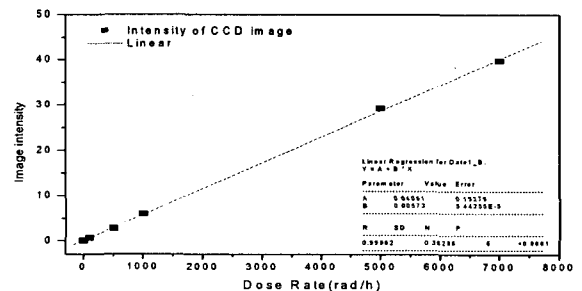


그림 4 조사선량별 평균 광량 변화
Fig. 4 Change of the even light intensity which it follows in irradiation quantity

(QI)는 선형적 관계를 나타내고 있다.

방사선원을 향한 방향별 탐지감도 변화시험 결과(그림 5)로 최소 각도(0.5°)에 대한 탐지능을 확인하였다.

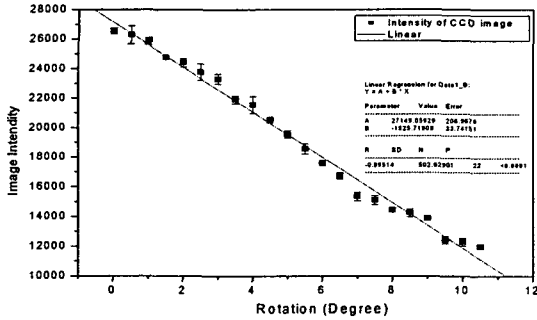


그림 5 단위 회전각에 대한 영상 Q.I 감도 시험
Fig. 5 The image Q.I sensitivity test against the unit rotary angle

3.2 방사선원 거리 탐지 시험 및 위치 정보 표현

한국원자력연구소 저준위 감마선(⁶⁰Co)조사장치 내 방사선원 80cm인 위치에 탐지장치를 설치한 후 모니터링프로그램을 통해 스캔과정과 방사선원 위치(방향, 거리) 탐지과정을 진행하였으며, 스캔공간은 상하좌우 30°, 단위 간격은 0.9°로 스캔의 총 소요시간은 5분 이내이며, 실험 관측용 카메라로 작동상태를 원격 녹화하였다.

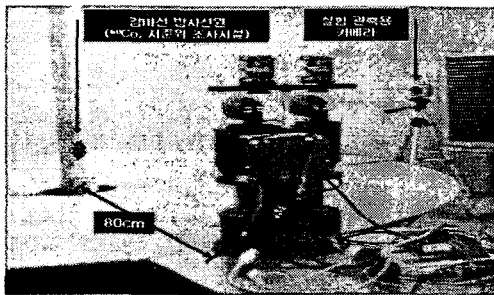


그림 6 방사선원 탐지장치를 이용한 실험
Fig. 6 The test which uses a radiation source detector

두 카메라의 성능차이로 인해 잡음차단 준위는 각각 40, 50으로 하였고, S/N비 향상을 위해 포인트별 5 프레임을 합성한 전체 스캔결과는 방사광 영상처리 프로그램 패널의 하단부에 좌우 카메라별로 삼차원으로 가시화 하였다.

탐지된 최대 방사광 값의 좌표는 좌우 카메라 각각 (27, 7), 우(17,7)로 동일 y위치 값에 x위치는 10의 간격차이가 발생하여 이 값에 스캔 정밀도 0.9°를 곱한 후 방사선원 거리 계산식(1)의 적용으로 80.297cm를 얻을 수 있다. 또한, 이 값은 실제 거리 80cm에 0.3% 오차값으로 근사되어진다.

동일한 절차로 방사선원과의 거리 142, 257cm에서 실시한 방사선 조사실험을 통하여 표 1과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 이는 방사선원과의 거리 3m 이내의 범위에서 10% 이내의 오차로 거리 측정이 가능함을 확인할 수 있다.

탐지된 방사선원의 거리정보를 붉은 색의 십자마크 가상 커서(Virtual cursor)로 생성하여 측정거리에 해당하는 시차 값(식 3)으로 중첩(Overlay) 하여 초당 120프레임(좌영상60, 우영상60 프레임)으로 입체 디스플레이(그림 7) 하였다.

표 1 방사선 거리측정실험 결과

Table 1 Radiation judging distance test result

| 방사선원과의 실제거리(cm) | 측정거리(cm) | 오차(%) |
|-----------------|----------|-------|
| 80 | 80.3 | 0.3 |
| 142 | 133.7 | 5.8 |
| 257 | 267.4 | 4 |

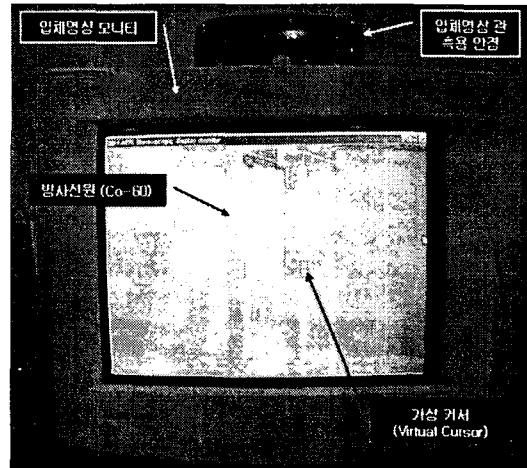


그림 7 방사선원의 입체 가시화 디스플레이 영상
Fig. 7 Stereo display image of radiation source

동기식 입체안경을 통해서 관측한 입체 모니터 영상에는 가상커서의 위치가 방사선원의 실제 위치에 동일한 거리감으로 중첩되어 가시화됨을 다수의 관측자가 동시 확인하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 경량의 방사선 탐지기를 이용하여 방사선 조사 시험을 수행, 방사선원 탐지와 거리측정을 확인하고 측정된 위치정보를 실영상에 표시하여 입체적으로 방사선원의 정보를 표현함으로써 공간상에 존재하는 방사선원에 대한 방사선량과 방사선원까지의 거리정보뿐만 아니라 입체적인 정보를 방사선 관측자에게 제공할 수 있어 연구의 결과물로 예기치 않은 방사선 사고의 경우 효과적인 사고처리에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

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