영상처리기반 스테레오 감마선 탐지장치의 고속탐지에 관한 연구

황영관· 이남호

한국원자력연구원

The Study for the Fast Detection of the Stereo Radiation Detector using the Image Processing

Young-gwan Hwang · Nam-ho Lee

Korea Atomic Energy Research Institute

E-mail : yghwang@kaeri.re.kr

요 약

원전이나 방사선 관련시설에서의 사고발생 또는 노후원전 해체시 누출된 방사능은 조기에 탐지 및 제거해야 대형사고를 방지할 수 있다. 본 논문에서는 방사선원의 빠르고 효율적인 제염작업을 위해 방사선원에 대한 거리, 방향 및 선량정보를 제공할 수 있는 단센서 기반의 스테레오감마선 탐지장치를 구현하였고, 탐지장치의 고속탐지를 위한 알고리즘개발을 수행하였다. 선원에 대한 거리정보를 획득하기 위한 스테레오 구조를 위해 2대의 탐지장치가 필요하지만 장치의 운용을 위하여 단센서 기반의 경량화된 탐지장치를 고안하였고, 스테레오 영상 획득시 탐지시간을 최소화 하기 위하여 관심영역을 추출한 후 해당 영역에 대한 스캔을 통해 탐지 선원에 대한 거리산출 및 영상분포출력을 나타내도록 하였다. 스테레오 획득 시 탐지시간을 기준으로 적용된 알고리즘의 탐지시간은 최대 35%의 시간단축결과를 확인하였다.

ABSTRACT

Leaked Radioactive source in nuclear power station, radiation related facilities and the aging nuclear power plant for the dismantling must need to detect and remove early to prevent major accidents. In this paper, we implemented a single sensor-based gamma-ray detectors stereo which can provide the distance to the radiation source, a direction and doserate information for fast and efficient decontamination work the radiation source. And we have carried out an algorithm development for high-speed detection of the detection equipment. Two detectors are required for stereo structure for obtaining the distance information of the radioactive source, but we designed the only sensor-based detection device for the weight reduction. We have extracted the region of interest and obtained the distance calculation result and distribution of radiation source in order to minimize a stereo image acquisition time. Detection time of the algorithm showed a shorter time of about 41%.

키워드

감마카메라, 스테레오 방사선영상, ROI 영역추출, 방사선 탐지

Ⅰ. 서 론

전세계적으로 원자력 발전에 대한 관심은 꾸준하게 증가하고 있으며, 전력공급을 위한 원전의 증설도 지속적으로 이루어 지고 있다. 2014년말을 기준으로 보고된 운용원전이 438기에 해당하며 건설원전 71기, 계획된 원전은 174기에 달한다. 원전의 증가와 함께 노후원전에 대한 해체 역시 증가하고 있으며 현재 운전을 영구중지한 해체예상 원전이 149기이며 향후에도 해체될 원전이 늘어날 것이다. 원전 해체가 증가됨에 따라 원전해체 필수적인 감마선 탐지에 대한 기술개발에 관심이 증가하고 있다. 본 논문에서는 이러한 감마선 누출을 탐지하여 영상화시키는 장치를 개발하고 감마선원까지의 거리를 측정하는 장치를 고안하였다. 또한 감마선원의 고속 탐지를 위해 영상처리를 통한 고속탐지에 대한 연구를 수행하였다.[1-3]

II. 스테레오 감마선 탐지장치

감마선 탐지를 위한 스테레오 감마선 탐지장치의 구성은 그림 1과 같다. 그림에서 왼쪽의 감마선 탐지용 검출기는 NaI(Tl) Scintillator와 PMT로 구성하였으며, 오른쪽의 CCD 카메라는 가시광 정보를 획득하기 위한 Vision 카메라로 구성하였다. 감마선 검출기로부터 획득된 신호를 처리하기 위한 신호측정 모듈은 탐지장치 상단에 위치하고 있으며, 감마선을 측정하고 영상화하기 위해 Pan/Tilt를 구성하였다.

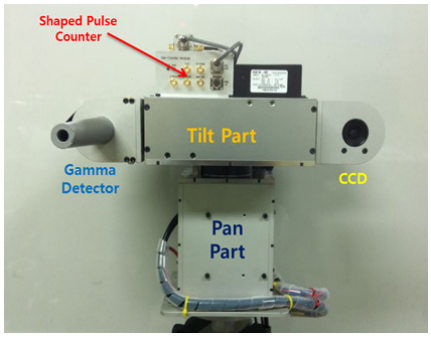

그림 1. 스테레오 감마선 탐지장치

감마선 탐지를 위해서는 센서로 입사되는 방향 이외의 전체를 고밀도의 차폐체로 체폐하도록 구성하되야 하므로 소형 경량화를 위해서는 차폐체의 무게를 최소화 해야 한다. 스테레오로 구성하기 위해서는 감마선 검출기와 가시광 카메라 모두 두 대씩 필요하지만 고안된 탐지장치의 경우에는 Pan의 중심축을 기준으로 좌우 등거리에 감마선 검출기, 가시광 카메라 한 대씩으로 구성하였다. 운용 방식은 먼저 왼쪽의 가시광 카메라를 통해 좌 가시광 영상을 획득하고, 오른쪽의 감마선 검출기를 통해 설정된 영역을 스캔한다. 스캔 완료후 Pan축을 전면을 기준으로 180°회전한 후 Tilt 축을 180° 회전한다. 회전을 완료하면 오른쪽에 위치하게 되는 가시광 카메라를 통해 우측 가시광 영상을 획득하고, 왼쪽에 위치한 감마선 탐지장치를 통해 오른쪽의 스캔 영역을 탐지한다. 가시광 영상의 경우 좌측 영상은 정상적으로 획득되지만 우측 영상은 좌우, 상하가 뒤바뀌어 획득 되므로 영상처리를 통회 180도 회전시킨다. 감마선 영상의 경우 설정된 영역을 탐지하기 때문에 획득된 결과를 위치값을 통해 영상화 한다.

III. 감마선 분포 영상화 및 스테레오 보정

감마선원을 탐지하고 감마선원에 대한 영상분포를 나타내기 위해서는 감마선 탐지결과를 영상화 하고, 영상화된 감마선 분포를 가시광 영상에 중첩하여 나타내야 한다. 그림 2는 Pan/Tilt의 위치값과 감마선 탐지장치의 신호측정 값을 이용하여 감마선원을 영상화한 결과를 나타낸다. 그림 3은 탐지장치에서 측정한 가시광 영상을 나타낸다. 감마선원에 대한 영상분포를 나타내기 위해서는 가시광 카메라와 감마선 탐지장치간의 변환관계를 알아야 하며, 거리측정을 위해서는 스테레오 보정이 필요하다.

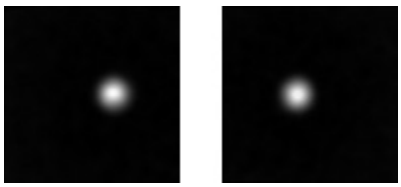

그림 2. 감마선원 영상화 결과(좌, 우)

그림 3. 감마선 탐지장치의 가시광 영상(좌, 우)

먼저 가시광 카메라와 방사광 카메라의 변환관계 산출을 위해서 4개의 점광원을 이용해 가시광카메라와 방사광 카메라의 Homography 변환관계를 추출하였다. 거리 측정을 위한 스테레오 보정을 위해서는 가시광 카메라로부터 좌,우 보정패턴 영상을 획득하고, Homography 변환관계를 적용하여 가시광 보정패턴영상을 변환하여 스테레오 보정을 진행하였다.

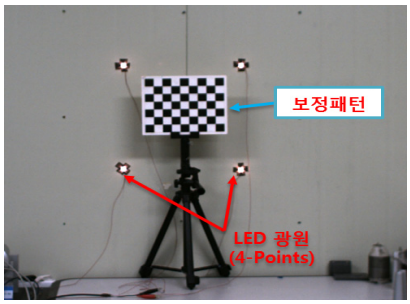

그림 4. 스테레오 감마선 탐지장치 보정패턴

IV. 영상처리기반 고속탐지 및 영상화

감마선 탐지를 위해 고안된 소형 경량화 장치를 이용해 감마선원의 분포를 측정하고 거리정보를 획득하기 위해서는 선원을 기준으로 좌, 우 스캔이 필요하다. 감마선 분포영상을 획득하기 위해 좌, 우 영상 스캔시 20° × 20° 를 기준으로 기본 속도로 운용시 약 8분 30초의 탐지를 위한 시간이 요구된다.

그림 5는 감마선 탐지장치를 통해 획득한

Fullscan 결과영상을 나타낸다. 결과 영상에서는 가시광영상과 감마선영상의 Homography 변환관계를 적용하여 가시광 영상에서 방사선 분포를 확인할 수 있는 중첩된 좌, 우 영상 결과를 나타낸다.

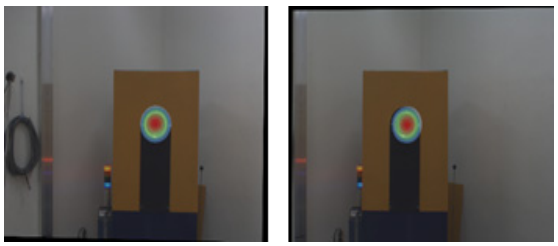

그림 5. 감마선 분포탐지 결과영상(좌,우)

감마선 분포 및 거리측정시 고속탐지를 위해서는 먼저 감마선원의 탐지를 위해 우측 감마선 영상을 탐지한다. 탐지된 결과 영상을 통해 감마선원이 분포하고 있는 위치를 찾아내어 탐지영역을 설정하고, 우측 영상에 대응하는 좌측 영상의 좌표를 계산하여 스캔할 영역을 설정한다.

그림 6은 획득한 우영상을 기준으로 탐지 영역을 설정한 것을 나타내며, 그림 7은 설정된 영역을 스캔하여 감마선 정보를 획득한 후 탐지영역의 위치값을 기반으로 영상화 한 결과를 나타낸다.

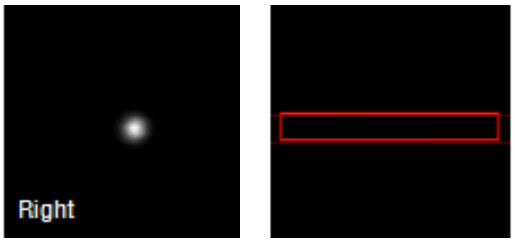

그림 6. 고속 탐지를 위한 탐지영역 설정

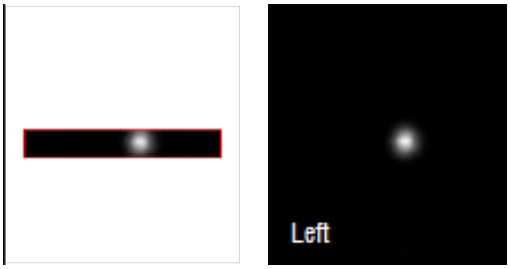

그림 7. 좌측 영역 스캔 및 영상화 결과

영상처리를 통한 관심영역 탐지방식을 적용할 경우 출력결과에서는 동일한 결과를 나타내며, 탐지시간은 단일선원을 기준으로 약 5분으로 측정되었으며 약 42%의 시간이 단축됨을 확인하였다.

표 1. 감마선 탐지소요시간 비교

	Full-scan	ROI-scan
단일선원 탐지시간 (20° × 20°)	8min 35sec	5min

Ⅴ. 결 론

본 연구에서는 누출된 감마선원을 탐지하여 선원의 분포 및 거리측정을 위한 스테레오 감마선 탐지장치의 구현 및 성능개선을 수행하였다. 탐지 감마선원에 대한 영상화를 위하여 감마선 카메라와 가시광 카메라의 변환관계를 도출하였고, 거리측정을 위해 스테레오로 구성된 카메라에 대한 스테레오 보정을 수행하였다. 탐지성능의 개선을 위하여 영역추출 및 탐지영역 설정을 통해 탐지속도를 개선하였다. 탐지속도 개선을 위한 검증을 위해 감마선 교정시설을 이용하여 단일선원의 경우 기존의 전체스캔시 소요시간과 개선된 알고리즘을 적용한 스캔시간을 측정해본 결과 42%의 시간 단축을 확인하였다. 향후 스테레오 감마선 탐지장치를 이용한 다중 감마선원에 대한 탐지성능 개선 연구를 진행하고, 탐지된 결과의 3차원 가시화에 관한 연구를 수행할 계획이다.

감사의 글

이 논문은 2015년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (분산형 수중 관측·제어망 개발)

참고문헌

[1] Fisher A and Chard P, "Use of a gamma-imaging device to optimise measurement of uranium hold-up", Proc. Of the 25 Annual Safeguards Research and Development Association (ESARDA) Symposium on Safeguards and Nuclear Materials Management, Stockholm, 2003.

[2] K. A. Hughes, G. Mottershead, D. J. Thornley, and A. P. Comrie, “Use of gamma ray imaging instrumentation insupport of TRU waste characterization challenges,” in Proc.WM’04 Conf. Rec., 2004.

[3] M. Woodring, D. Souza, S. Tipnis, P. Waer, M. Squillante, G. Entine, and K. P. Ziock, “Advanced radiation imaging of low-intensity gamma-ray sources,” Nucl. Intrum. Meth.A, vol. 422, pp. 709 - 712, 1999.