

레이저 슬릿빔의 경사각과 카메라 자세 추정 알고리즘을 이용한 벽면 결함 측정

Measurement of Defects on the Wall by use of the Inclination Angle of Laser Slit Beam and Position Tracking Algorithm of Camera

°김영환*, 송상호**, 윤지섭*, 강이석**

* 한국원자력 연구소(Tel : 042-868-2559; Fax : 042-868-2854; E-mail: yhkim3@nanum.kaeri.re.kr)
** 충남대학교 기계설계공학과(Tel : 042-821-7623; E-mail: smecha@i5425.com)

Abstract : In this paper, a method of measuring the size of defects on the wall and restructuring the defect image of 3-dimension is developed based on the tracking algorithm of a camera position which uses the inclination angle of line slit beam for overcoming the difficulty of the corresponding problem identifying the image point in the both image. In the experiments, an algorithm for estimating the horizontal angle of CCD camera is presented and validated by applying it to the measurement of area and length under the variations of both the distance and the angle of CCD camera. And its performance is compared to that of the rotating and mapping method of image which has the Euclidian distance.

Keywords : 3-dimension, CCD camera, slit beam, Euclidian distance,

1. 서론

사용후핵연료집합체(spent fuel assembly)를 저장하고 있는 중수로 원자력발전소(PHWR)의 저장조는 콘크리트로 보강되어 있고, 저장조 벽면에는 에폭시(epoxy)로 방수처리 되어 있다. 저장조에는 방사선을 차폐하기 위해 물이 채워져 있다. 저장조는 30~40년의 수명을 갖도록 설계되었지만 시간이 지남에 따라 벽면에 결함이 발생할 우려가 있기 때문에 발전소에서는 누수에 대비하기 위해, 결함의 성장 진행 정도를 측정하고 있다. 현재 결함은 콘크리트 자체에서는 발생하지 않고 있으며 에폭시가 여러 곳에서 벗겨지고 있는 실정이다. 현재의 결함검사는 토목 측량기술에 의존하거나 긴 봉 하단에 카메라를 부착하고 봉의 상단은 크레인 로프 끝의 후크(Hook)에 걸어 크레인을 벽면 근처로 이동시키면서 모니터에 나타나는 벽면 영상을 보면서 수행한다. 이때 결함의 크기는 많은 오차 발생을 가진 줄자 측정 방법을 이용한다. 또한, 이와 같은 작업에 있어서 봉의 회전이 일어날 수 있으며, 이 경우 카메라와 벽면이 90°가 되지 않아 벽면 결함 크기를 측정하기 위한 영상 처리에 어려움이 있다.

산업 현장에 사용되는 대상 물체 크기를 측정하는 일반적인 방법으로는 초음파 센서, 스테레오 카메라, 레이저 슬릿빔[1] 등의 다양한 방법이 제시되고 있다. 그러나 원자력 발전소 저장 수조 내에서는 방사선 환경으로 인하여 센서류는 적합하지 않으며, 스테레오 카메라를 사용할 경우 좁은 공간에 있는 결함을 측정하기가 어렵고, 기존에 장착된 단일 내방사선 카메라를 사용하여야 하는 구조상의 제약 조건이 따르게 된다. 특히 깊이(depth) 정보를 알기 위해서 스테레오 카메라의 두 영상에 맺힌 각각에 대한 영상의 점을 실제 물체 점과 구분하는데 어려움이 있으며[2], 약한 조명이나 불규칙한 조명 등에 의해 실물 좌표에 대한 두 카메라 영상 면의 좌표 점에서 신뢰도를 가질 수 없다[3].

본 논문에서는 슬릿빔에 의한 카메라의 회전 각도 추정 알고리즘을 이용하여 결함 크기 측정 방법을 제시하고, 단일 내방사선 카메라에 레이저 슬릿빔을 추가하여 3차원의 한계성을 보완하고 영

상 데이터를 축소하며, 실험을 통하여 유클리디안(euclidian) 거리를 가진 슬릿빔의 회전 매핑에 의한 방법과 결함오차 정도를 비교하고자 한다.

2. 영상 인식과 변환

본 논문에서는 명암값을 가진 그레이 영상 데이터를 식 (1)과 같이 문턱값 처리를 이용하여 결함의 형상을 2진 영상 데이터로 변환하여 사용하였다.

$$g(x, y) = \begin{cases} 255 & f(x, y) \geq t \\ 0 & (x, y) < t \end{cases} \quad (1)$$

임의의 형상을 지닌 결함의 형상을 검출하기 위해 식 (2)를 사용하였다.

$$\rho = x_i \cos \theta + y_j \sin \theta \quad (2)$$

3. 카메라와 레이저 슬릿빔의 기하학적 알고리즘

3차원 물체를 인식하기 위해 CCD 카메라와 레이저 슬릿빔의 각도와 물체의 영상 정보로부터 실제 물체의 크기 및 형상을 인식하는 알고리즘을 개발하였다. 이 알고리즘은 CCD 카메라에 잡힌 물체의 2 차원 영상을 3차원 공간 상의 좌표로 변환시키는 기하학적인 관계식으로 구성되어 있다. 벽면 결함을 측정할 때 실제적으로 결함 측정에 미치는 변수는 벽면에 대한 카메라의 기울어짐 수평 각도이다. 이 기울어진 카메라의 수평 각도는 벽면 결함에 대하여 획득된 영상을 측정 방향과 수직이 되도록 복원시키기 위한 회전각이다. 그러나, 기존 유클리디안(euclidian)의 거리 측정 방법인 슬릿빔에 의한 영상 복원을 할 경우 깊이 정보를 알 수 없어 3차