

알파/베타 오염도 원격측정 장비 제어를 위한 2차원 레이저 스캐너 오차 저감 연구

김성균, 최영수, 정경민, 서범경, 이근우
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 sungkyun@kaeri.re.kr

1. 서론

연구로와 같은 대형 원자력 시설 해체를 수행하기 위해서는 해체 대상에 대한 정확한 오염도 측정이 수반되어야 안전하고 효과적인 해체 계획을 수립할 수 있으며, 또한 오염도 측정 데이터는 방사성 폐기물과 비방사성 폐기물을 구분하는 중요한 자료로 활용되기 때문에 해체 계획 단계에서 필수적으로 수행되어야 할 작업이다.

한국원자력연구원에서는 고방사능 시설의 오염도 측정 기술을 개발하기 위해 알파선과 베타선의 오염도를 동시에 측정할 수 있는 검출소재 및 동시 측정기술을 개발하고 있다. 이 기술은 하나의 검출기를 이용하여 알파선과 베타선의 오염도를 동시에 측정함으로써 작업의 효율성을 확보할 수 있으며, 원거리 신호전송이 가능한 원격검출 센서를 이용하여 작업자의 피폭 가능성을 줄여줌으로써 해체 작업의 안전성을 확보할 수 있다. 알파/베타 오염도 동시측정 방법은 장비는 검출기를 측정 대상물의 표면으로부터 10 mm 높이로 일정하게 유지하며 측정해야 일관성 있는 오염도 측정 결과를 얻을 수 있다.

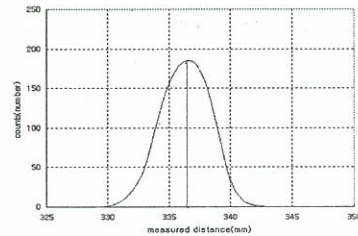
본 연구에서는 알파/베타 오염도 측정 센서를 대상물 표면으로부터 일정한 간격으로 제어하는 기술로 2차원 레이저 스캐너를 사용하였고, 대상물 표면의 정밀도를 향상하기 위해 2차원 레이저 스캐닝 데이터의 오차발생 원인을 분석한 후 하고, 오차를 저감하기 위해 개발한 다양한 오차 보정 기술에 대해 언급하고자 한다.

2. 본론

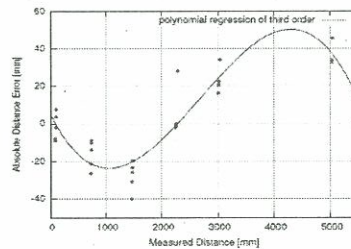
2.1 2차원 레이저 스캐너 오차 분석

일반적으로 2차원 레이저스캐너가 가지는 오차로 인해 측정 대상물의 높이가 일정한 상태에서도 거리 측정값이 변동하므로 레이저스캐너의 오차를 보정하여 측정 정밀도를 높여 줌으로써 정밀한 제어를 가능케 하고 항상 일정한 거리에서 오염도를 측정하여 정확한 오염도 측정을 수행할

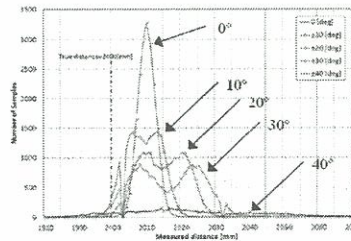
수 있다. 2차원 레이저스캐너의 오차 발생 원인을 분석하기 위해 측정 높이 변화, 회전각도 변화 등에 따른 오차를 파악하였다. Fig.1은 2차원 레이저스캐너가 갖고 있는 오차 발생 원인을 나타내고 있다. Fig. 1(a)와 같이 동일한 거리에서도 측정결과가 달라지는 랜덤 오차가 발생하며 측정결과와는 가우시안 분포를 형성하는 것을 알 수 있다. Fig. 1(b)와(c)는 측정 높이 및 스캐너의 회전각도의 변화에 따라 오차가 발생하는 것을 알 수 있다.



(a) Random error



(b) Distance error



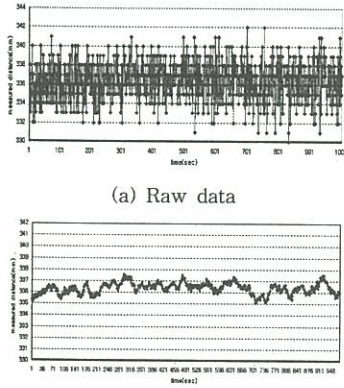
(c) Angle error

Fig. 1. Errors of 2D laser scanner

2.2 오차 보정

2.2.1 랜덤오차 보정

2차원 레이저스캐너의 랜덤 오차를 보정하기 위해 본 연구에서는 이동 평균화 기법(moving average)을 이용하여 오차를 최소화하였다. Fig. 2(a)는 레이저스캐너로 측정된 원본 데이터를 나타내고 있고 Fig. 2(b)는 이동 평균화한 결과를 나타내고 있다. 시간에 대한 랜덤오차를 보정 전 약 12mm에서 시간 평균값 처리 후 3~4mm 이내로 보정되었음을 알 수 있다.



(a) Raw data
(b) Moving averaging with 20 data
Fig. 2. Correction of random error using moving averaging method

2.2.2 거리오차 보정

측정 거리에 따른 오차 분석결과 거리별 직선 방정식과 오차를 갖는 것을 알 수 있으며 이를 보정하기 위해 거리별 직선방정식인 $\hat{y} = k\mu + b$ 의 형태의 보정함수를 개발하였다. 보정결과 $\hat{y} = 0.9868\mu + 145.35$ 의 보정함수를 도출하였고 이 보정함수를 이용하여 최대 ±2mm 이내의 오차로 저감됨을 알 수 있었다. 또한 직선의 방정식 내에서 실제값과의 오차가 발생되므로 이를 저감하기 위해 4차 다항식 함수를 이용하여 최소자승법으로 보정하였다. 보정결과 ±0.3mm 이내의 오차로 보정되는 것을 알 수 있었다. Fig. 3은 거리에 따른 오차 보정 결과를 나타내고 있다.

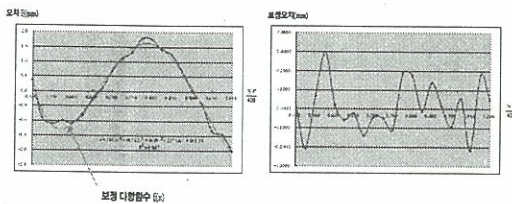


Fig. 3. Correction of measurement position error

2.2.3 각도 오차 보정

2차원 레이저스캐너는 3차원 공간상의 고정된 한 점에서 한 축 방향에 대해 ±120°의 범위까지 스캔하여 거리를 측정한다. 이때 2차원 레이저거리계가 가지는 오프셋에 의해 각도 오차가 발생한다. 이를 보정하기 위해 Fig. 4와 같은 윗셋을 고려한 거리보정함수와 높이보정함수를 이용하여 각도오차를 보정하였다. Fig. 5는 각도에 따른 오차를 나타내고 있다. 그림에서 22.5°(64 step) 이내에서는 0.2 mm 이내의 오차를 가지며, 스캔각 약 30° 범위까지는 1 mm 이내의 오차, 스캔각 약 45도(128 step)에서는 2 mm 정도의 오차를 가짐을 알 수 있다. 따라서 20° 이내로 스캔하면 매우 정밀한 측정값을 가짐을 알 수 있다.

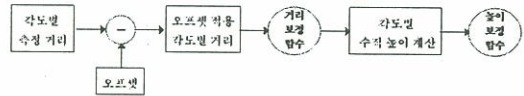


Fig. 4. Angle error correction method

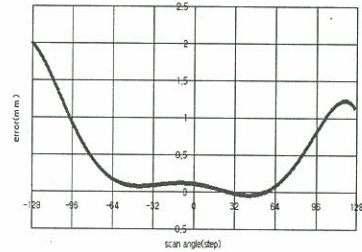


Fig. 5. Correction of angle random error

3. 결론

본 연구에서는 알파선 베타선 오염도 측정 센서를 대상물의 표면을 따라 일정 간격으로 유지하기 위한 제어 기술로 2차원 레이저스캐너를 이용하여 제어 기술을 제안하였으며, 10 mm 이상의 오차가 발생하는 레이저스캐너의 오차를 보정할 수 있는 방법 및 신호처리 기법을 개발하였다. 측정 대상 공간을 2차원 레이저스캐너로 스캔한 후에 3차원 영상정보로 생성하는 실험을 수행한 결과 오염도 측정에 적합한 3차원 영상 및 데이터를 얻을 수 있었다.

2차원 레이저스캐너는 빠른 시간에 영상정보를 생성할 수 있으며, 장애물에 의한 간섭을 사전에 파악함으로써 보다 안정적인 오염도 측정 시스템을 구현할 수 있다.