

# 스테레오 X-ray 시스템 검색기능 개선 연구

황영관\* · 이남호\* · 박종원\*\*

\*한국원자력연구원, \*\*충남대학교

## The Study for the Efficient scanning of Stereo X-ray System

Young-Gwan Hwang\* · Nam-Ho Lee\* · Jong-Won Park\*\*

\*Korea Atomic Energy Research Institute, The Chungnam National University\*\*

E-mail : yghwang@kaeri.re.kr

### 요 약

일반적으로 사용하고 있는 X-선 검색장치는 대상물의 단면 정보만을 제공하고 있기에 검색 대상체를 식별에 어려움이 있어 이에 대한 개선이 요구되어 왔다. 스테레오 X-ray 시스템은 기존의 검색장치에 라인센서를 추가하여 검색 대상체에 대한 추가적인 정보를 제공함으로써 검색 효율을 높이도록 고안되었다. 본 논문에서는 선행 연구를 통해 개발된 스테레오 X-선 검색장치의 검색 속도를 향상시키기 위하여 정밀제어를 위한 제어부를 설계하고 이를 통해 이동체와 검색기의 스캔 속도를 동기화 하고 대상체의 검색 속도를 개선하였다. 본 연구의 결과는 대형 화물 스캔 장치 및 고속화물 스캔 장치 개발을 위해 활용될 수 있다.

### ABSTRACT

As the existing radiation Scanning systems use 2-dimensional radiation scanned images, the low accuracy has been pointed out as a problem of it. Two-dimensional radiation images which have different disparity values are acquired from a newly designed stereo image acquisition system which has one additional line sensor to the conventional system. In this paper, we enhanced the scanning efficiency of the stereo X-ray inspection system using the precision control module.

### 키워드

X-ray Line Scan, Stereo X-ray inspection, Sensor calibration

## I. 서 론

우리나라는 대외 무역을 계속적으로 증가시키고 있으며 특히 한미 자유무역협정으로 인해 미국에 대한 교역량이 종전보다 크게 증가될 것이다. 그러나 미국이 9.11 사태 이후 수출입 물류에 대한 보안 및 안정성 강화를 위해 자국으로 수입되는 모든 컨테이너 물류에 대하여 선박 적재 전에 방사선 검색 의무화를 미국항만보안법을 통해 규정하고 있다. 이로 인해 화물 보안검색장치의 필요성이 크게 증가되고 있으며 전세계적으로 기술개발을 진행하고 있다. 방사선 검색에 대한 기술은 미국, 중국 등 선진국에서 지속적으로 개발하여 왔으며 최근에는 일부 제품을 상품화하여 각국에 수출하고 있다. 현재 국내에 도입되어 사용하고 있는 검색장비가 모두 수입된 장비들이기에 향후 선진국에 대한 기술의존도를 낮추기 위해서는 국내에서의 검색장비 기술 개발이 필요하

다. 기 개발된 보안검색장치는 2차원 영상만을 제공하고 있어 대상체 확인이 제한적이다. 이를 보완하고자 두 개의 검출기를 두어 스테레오로 영상을 획득하고 대상체에 대한 깊이 정보를 제공하여 효율적인 검색을 할 수 있도록 선행연구를 통해 장치를 개발하였다.[1],[2]

본 논문에서는 스테레오 X-선 검색장치를 이용한 검색시 검색 속도와 대상체의 이동속도의 동기화를 통해 검색속도를 향상시키고 실물과 영상의 오차를 줄이기 위한 연구를 수행하였다. 본 연구의 결과는 보안검색장치 개선을 위한 자료로 활용 될 수 있다.

## II. 본 론

### 1. 스테레오 X-선 검색장치

그림 1은 스테레오 개선된 스테레오 X-선 획득

장치의 구성을 나타낸 모습이다. 시스템의 구성은 X-선 발생장치(X-ray Generator), 검색 대상체를 등속으로 이동시키기 위한 이송장치(Conveyor), 시차각을 가진 두 장의 2D 스캔 영상 획득을 위한 라인스캔 방식의 X-선 검출기 그리고 검색장치와 이송장치를 제어하기 위한 정밀제어모듈로 시스템이 구성되어 있다. 또한 정밀 제어장치는 X-선과 검출기에 대한 기하학적 구조를 변형시킬 수 있도록 설계하여 구조 변화에 검색결과를 확인할 수 있다.



그림 1. 스테레오 X-선 검색장치

X-선 발생장치는 관전압이 40kV에서 최대 120kV까지 인가할 수 있고, 관전류는 250uA에서 7500uA 범위 내에서 조절이 가능하다. X-선 발생 기준위치는 발생장치의 전면부로부터 81.75mm 안쪽에, 밀면으로 부터 101.6mm 위쪽, 그리고 왼쪽 모서리를 기준으로 367.05mm에 위치한다. X-선 빔의 방출부위에는 필터 기능을 하는 0.4mm 두께의 알루미늄이 놓여 있고, X-선 방출 빔의 각도는 상하 80°, 좌우 각도가 최대 10°인 팬빔 형태를 가진다.

X-선을 검출하는 X-선 디텍터 내부의 X-선 감지용 어레이 포토다이오드 센서가 표면으로부터 안쪽으로 10mm의 거리를 두고 위치에 있고, X-선 발생장치의 스팟(Spot)이 발생장치 표면으로부터 81.75mm 안쪽에 위치하기 때문에 소스로부터 검출기까지의 정확한 계산을 위해 91.8mm를 고려해야 한다.

방사선 영상을 얻기 위한 듀얼 라인디텍터는 선형배열센서(Linear array detectors)로 이루어져 있고, 디텍터 라인의 픽셀은 640개(pixels)가 수직으로 적층되어 있다. 포토다이오드 센서는 X-선이 입사되는 0.1mm의 알루미늄 윈도우로 덮여 있으며 개별 포토다이오드 센서의 구조는 높이 0.6mm, 너비 0.3mm, 간격 0.4mm의 형태이고 앞쪽에 부착된 신틸레이터(CsI)에서 변환된 X-선의 광정보를 취득하여 2차원 영상을 형성하게 된다. 또한 디텍터 전면에 부착된 콜리메이터(Collimator)는 0.4mm의 너비로 되어 있으며 디텍터의 최소 영상

집적 시간이 0.5ms이므로 디텍터의 너비 0.3mm를 고려할 때 최대 스캔 속도인 60cm/s의 속도까지 대상물체 검색이 가능하다.

최적의 검색 영상을 얻기 위해서는 등속으로 이동하는 컨베이어가 있어야 하며 컨베이어 속도와 영상 취득 속도의 동기화가 필요하며 이를 위해 정밀 모터 제어를 위한 모듈을 설계하였다. 고속 정밀 제어 모듈은 컨베이어의 속도를 체크하여 디텍터의 취득 정보와 동기화 되어 영상을 스캔하도록 구성하였다.[3]

## 2. 스테레오 X-선 검색장치 구동 프로그램

검색장치의 제어 및 영상 취득을 위해 설계된 스테레오 X-선 영상획득제어 프로그램은 그림 2와 같이 구현하였다. 이 제어 및 영상획득 프로그램의 주요기능은 다음과 같이 구성되어 있다.



그림 2. 스테레오 X-선 검색장치 통합운용 프로그램 GUI

A부분은 대상체의 이동속도를 설정하기 위한 컨베이어 설정 및 제어를 위한 부분이며, B부분은 영상 획득을 위한 스테레오 검출기의 설정부이다. B영역에서는 대상체의 관심영역(ROI), 획득 영상의 사이즈, 영상 취득 속도 등을 설정할 수 있도록 개선하였다. C부분은 획득 영상의 품질을 결정하는 관전압, 관전류의 세기를 제어하기 위한 부분이고, D영역은 대상체의 이동에 대한 정보를 실시간으로 확인하고 속도를 측정하여 스테레오 검출기의 속도 동기화를 위한 모터제어부이다. 모터 제어부에서는 기하구조를 mm간격으로 제어 가능 하도록 개선하였다. E부분은 방사선 차폐벽 안쪽의 검색실을 모니터링하는 디스플레이 부분이며 F는 스테레오 검출기로부터 획득된 영상을 출력하는 부분이다. 획득된 영상을 통해 A부분 위의 아이콘을 통해 3D 연산 및 3D 디스플레이를 실행하도록 프로그램 UI를 구성하였다.

## 3. 스테레오 검색 장치의 정밀 제어 및 측정

현재 구성한 스테레오 X-선 검색장치의 영상 취득 방식은 검색 대상체가 컨베이어형태의 이송장치를 통해 이송하며, X-선 발생장치와 스테레오

검출기 사이를 통과할 때 라인스캔 방식으로 영상이 얻어 지게 된다. 획득된 영상의 Y축 방향인 높이는 검출기의 고정된 라인센서를 통해 항상 일정하게 취득되도록 설계되어 있지만 이송 방향인 영상의 X축 방향은 디텍터의 스캔 간격, 속도에 따라 변화 될 수 있다. 이러한 문제는 스테레오로 영상을 획득하여 영상을 정합하고 외형 정보를 복원하기 위한 영상처리 결과에 오차를 발생 시킬 수 있는 요소이다.

이송장치의 속도가 검출기의 속도보다 빠를 경우 영상의 X방향은 실물의 크기보다 축소된 형태로 얻어지게 되며, 영상획득 속도가 대상체의 이동속도 보다 빠르게 된다면 영상이 늘어지는 형태인 X축 방향인 실물보다 커진 형태로 결과가 나타나게 된다.

이러한 점을 개선하기 위하여 이송 구간 위에서 검출기 앞단에서 위치를 지정하여 포인트간 이동속도를 측정하여 그 값을 디텍터의 검출값으로 동기화 하였다.

그림 3은 비동기 상태에서의 획득 영상으로 영상의 외부의 컨베이어의 크기의 좌우길이와 상하길이의 비율이 변형 된 것을 확인 할 수 있다.

그림 4는 동기 상태에서의 획득 영상으로 실물 크기와 유사한 비율로 얻어진 것을 확인 할 수 있다. 해당 결과는 표 1에 그 측정값을 정리하였다.



그림 3. 비동기상태에서의 스캔영상

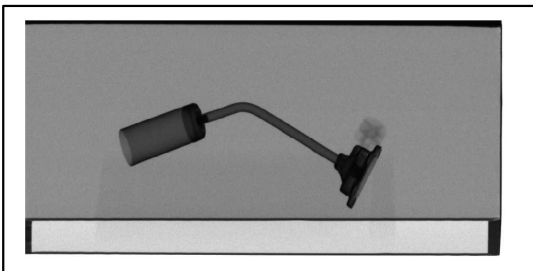


그림 4. 비동기상태에서의 스캔영상

표 1. 실물과 획득영상 비교

	가로	세로	비율	오차
실물(mm)	360	144	2.50	-
동기(px1)	935	388	2.41	4%
비동기(px1)	780	375	2.08	17%

표 1의 결과를 보면 실물의 크기를 스캔하여 영상을 획득하였을 때 획득된 영상의 픽셀에서 영상의 비율을 보면 비동기 상태에서 영상의 가로축이 축소된 결과를 보이고 이를 보정한 비동기 결과를 보면 실물의 비율에서 개선된 결과를 보인다. 이송장치의 움직임이 정속이라고 가정하였으나 정속이 아닐 경우 발생하는 오차역시 최소화 할 수 있을 것이고 할 수 있다.

### III. 결 론

본 논문에서는 X-선을 이용한 방사선 검색 장치를 스테레오 형태로 구성된 시스템의 검색기능을 개선하기 위한 연구를 수행하였다. 검색대상을 고속으로 검색하기 위하여 이송속도를 증가시킬 경우 검출기와 이송장치간의 속도가 달라지면 왜곡된 영상이 얻어지게 되어 이후 단계에서 처리될 스테레오 영상 정합 및 형상복원 결과에 오차를 발생 시킬 수 있다. 이를 개선하기 위해 스테레오 검색기와 이송장치간의 속도를 동기화하여 획득 영상의 오차를 5% 이내로 감소시켰다.

본 논문의 결과는 시스템의 목표인 대상체의 형상 복원 결과의 정확도 향상을 위해서 영상처리를 위한 기초영상의 품질 개선과 시스템 구축에 활용 될 수 있다.

### 참고문헌

- [1] Gupta, R., A. Noble, R. Hartley, J. Mundy, A. Schmitz, Camera calibration for 2.5-D X-ray metrology. Proc. ICIP'95, Vol.3, (1995)
- [2] Zhigang Zhu and Yu-Chi Hu, "Gamma /x-ray linear pushbroom stereo for 3D cargo inspection," Proc. SPIE, Conference on Non-Intrusive Inspection Technologies, Vol. 6213, 621304, (2006)
- [3] 황영관, 이남호, 이승민, "Calibration을 통한 스테레오 X-ray 검색장치의 기하구조 최적화 연구" 한국산학기술학회논문지, Vol 11, No 9, pp 3422-3427, 2010