

회전형 차폐체를 이용한 근접 방사선원 영상장치

김남영 · 하장호

한국원자력연구원

E-mail: jhha@kaeri.or.kr

중심어 (keyword) : 격자형 차폐체, 영상재구성, 단순역 투사 알고리즘 NaI(Tl) 검출기

서 론

일반적으로 산업, 의료용으로 사용하는 방사선 영상치는 방사선원의 영상을 얻기 위해서 단일 채널 검출기를 배열하거나 다중 채널 검출기를 사용한다. 방사 영상을 얻기 위해서는 방사선원의 위치와 에너지가 방사선 검출기로 얻는 위치와 에너지 정보가 연관성이 있어야 한다. 그래서 단일광자방출 컴퓨터 단층촬영장치 (Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT)는 납이나 텅스텐등으로 만든 바늘구멍 차폐체를 이용해서 방사선원의 위치가 검출기로 얻은 위치정보와 동일 선상에 있다는 점을 이용하고 양전자 방출 단층 촬영장치 (Positron Emission Tomography, PET)는 동시계수된 두 검출기의 연장선위에 있다는 점을 이용해서 영상을 획득한다. 그러므로 이러한 방법을 이용하는 경우는 위치 민감형 검출기를 반드시 사용해야한다. 그러나 다른 방법을 이용하면 위치 민감형 검출기를 사용하지 않아도 방사선원의 영상을 얻을 수 있다. Rotation modulation collimator (RMC)로 알려진 이 방법은 현재 태양의 코로나를 관측하기 위해서 인공위성 실험 Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager (RHSSI)에서 처음으로 사용했다. 인공위성의 경우는 방사선원이 원거리에 있기 때문에 방사선이 평행하게 검출기에 입사된다. 그래서 보안장비, 의료장비와 같은 근거리에서 사용하기 위한 연구가 진행 중이다.

RMC 영상장치는 한 쌍의 일정한 간격으로 배치된 격자를 가진 차폐체를 사용한다. 이 차폐체를 일정한 속도로 회전시키면서 방사선원을 계속하면 차폐되는 정도가 차폐체의 회전 각도에 따라서 다르게 측정된다. 방사선원의 위치에 따라서 회전각도에 따른 변하는 측정형태가 다르게 나타난다. 이점을 이용해서 방사선원의 위치를 유추할 수 있다. 그러므로 RMC 영상장치는 위치 민감형 검출기를 사용하지 않아도 방사선원의 영상을 얻을 수 있다. 그러므로 위치 민감형 검출기를 사용하는 경우에 비해서 검출기의 선택 폭이 크고 영상장치의 구조를 간단하게 구성할 수 있다. 이러한 이유 때문에 RMC를 영상 장치는 높은 영상 효율을 가진 저렴하게 구성 할 수 있다.

RMC를 이용한 영상장치는 기본적으로 그림 1과 같은 구조를 가지고 있다. 영상 해상도($\Delta\theta$)와 영상장치의 시야 (FOV)는 각각 다음과 같이 주어진다.

$$\Delta\theta = \frac{1}{2} \frac{P}{L}, \quad FOV = \frac{d}{L}$$

여기서 d 는 차폐체의 지름이다. 영상 해상도와 영상장치의 시야는 위 식을 통해서 알 수 있듯이 모두 차폐체 간격에 반비례한다. 그러므로 최적화 된 영상장치를 구성하기 위한 연구가 필요하다. RMC를 이용해서 방사선원의 영상을 얻기 위해서는 차폐체의 회전 각도에 따라서 검출되는 방사선의 개수의 변화로부터 영상을 얻기 때문에 방사선원의 위치에 따른 이상적인 변하는 형태를 알고 있어야 한다.

재료 및 방법

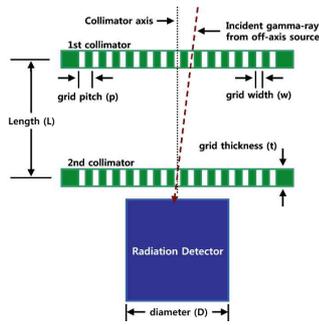


그림 1 : RMC 영상장치의 기본구성

만약에 방사선원이 차폐체의 회전축으로부터 r위치에 있고 차폐체가 각속도 ω 로 회전 할 경우, 검출기에 계측되는 변화는 다음과 주어진다.

$$I(\theta) = I_0 \frac{\varepsilon}{2} \left[1 - \frac{r \cos(\theta - \theta_0)}{\Delta} + \text{INT} \left[\frac{r \cos(\theta - \theta_0)}{\Delta} \right] \right]$$

여기서 ε 은 검출효능이고, $\text{INT}[x]$ 는 $\text{INT}[x] \leq x \leq \text{INT}[x+1]$ 을 만족하는 정수이다. 그리고 직접 영상을 얻는 것이 아니라 얻은 정보로부터 영상을 재구성 해야 하기 때문에 재구성 알고리즘을 이용해야 한다. 그래서 우리는 단순 역투사 알고리즘을 사용했다.

결과 및 고찰

최적화된 영상 장치를 구성하기전에 선행 연구로 원리검증용 영상장치를 구성하였다. 원리검증용 영상장치는 두 개의 동일한 SUS (Steel-Use-Stainless) 로 만든 차폐체와 NaI(Tl) 검출기로 그림 2와 같이 제작했다. 차폐체의 회전속도는 stepping motor를 이용해서 대략 0.25 rpm으로 설정해 했다.



그림 2 : RMC 영상장치

방사선원은 10 uCi ^{133}Ba 표준선원을 첫 번째 차

폐체로 부터 10 cm 앞에 놓고 ORTEC-850 Single-Channel Analyzer를 이용해서 80 keV 감마선만 선택해서 1 시간동안 측정했다. 그림3은 영상장치로 얻은 실험 결과이다.

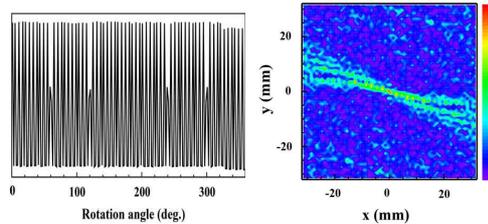


그림 3 ; 영상장치로 얻은 ^{133}Ba 표준선원의 modulation patterns과 재구성한 영상

재구성 한 영상으로 부터 RMC를 이용하면 방사선원의 영상을 얻을 수 있었다. 차폐체의 회전 각도에 따라서 계측되는 개수의 변하는 형태를 가지고 있음을 알 수 있었다. 그리고 이상적인 함수에서 볼 수 있듯이 주기함수 형태이기 때문에 180° 위치에 가짜 영상이 재구성 된다. 그래서 이 가짜 영상을 없애고 정확한 위치를 재구성하고 좋은 영상해상도를 얻기 위해서는 더 정확한 이상적인 함수등 더 많은 연구가 필요함을 알 수 있다.

결 론

일반적인 영상장치에서 사용하는 위치민감형 검출기를 사용하지 않고 격자형 차폐체를 이용해서 영상을 얻는 장치를 사용해서 표준방사선원의 영상은 획득했다. 기존의 영상장치와는 다르게 간단한 장치를 사용하기 때문에 영상장치의 구조와 데이터를 얻기 위한 DAQ 구성이 간단하다. 향후 최적화 된 영상장치를 얻기 위한 연구가 진행 될 예정이다.

참 고 문 헌

1. G. J. Hurford, et al., "The RHESSI imaging concept", Solar Physics, 210, 61 (2002).
2. Y. Chen, et al., "Direct demodulation technique for rotating modulation collimator imaging", Astronomy & Astrophysics Supplement Series, 128, 363 (1998).

본 연구는 교육과학기술부에서 시행하는 원자력 중장기 연구 개발사업의 지원으로 수행 되었습니다