

검출기 개수가 산업용 SPECT의 성능에 미치는 영향 평가

박 장 근^{1, 2} · 김 찬 형^{1, *} · 정 성 희² · 김 종 범² · 문 진 호²

¹한양대학교 원자력공학과

²한국원자력연구원 방사성동위원소이용기술개발부

E-mail: chkim@hanyang.ac.kr

중심어 : 산업용, SPECT, 산업용 SPECT, 검출기, 성능 평가

서 론

산업공정 시스템의 규모가 커지고 더욱 복잡해짐에 따라 산업공정 내부에 흐르는 다중상 유체의 분포를 정확하게 예측하는 것은 효율적이고 안정적인 공정 운영에 있어서 필수적이다. 산업공정 내부에 흐르는 유체의 분포를 확인하기 위하여 국내외에서 다양한 방법들을 제안하였으며, 특히 한국원자력연구원과 한양대학교에서는 감마선의 높은 투과력을 이용하여 인체 내 주입된 방사성의약품의 분포에 대한 정보를 얻을 수 있는 의료용 영상진단 기술인 단일광자전산화 단층촬영법(Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT)의 원리를 기반으로 공정 내 유체 흐름 분포의 실시간 확인이 가능한 산업용 SPECT를 개발하였다 [1]. 하지만 계측기 24개로 이루어진 산업용 SPECT는 고 해상도의 재구성 영상을 획득하는데 한계가 있다는 것을 확인할 수 있었다.

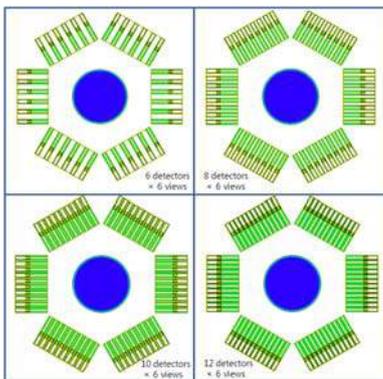


Fig. 1. Geometries of Industrial SPECT of 36 detectors, 48 detectors, 60 detectors, 72 detectors modeled in the MCNPX code

본 연구에서는 검출기 개수가 산업용 SPECT의 성능에 미치는 영향을 평가하기 위하여 수행되었다. 몬테칼로 전산모사를 통하여 다양한 구조의 산업용 SPECT가 구현되었으며, 재구성 영상의 해상도를 기반으로 산업용 SPECT의 성능을 평가하였다.

재료 및 방법

Fig. 1은 MCNPX를 이용하여 구현된 산업용 SPECT의 개념도이다. 검출기 배열 중앙에 위치한 지름 30 cm 실린더 형 공정장치의 내부 매질은 물로 고려되었다. 검출기는 $1.2 \times 1.2 \times 2 \text{ cm}^3$ 크기의 CsI(Tl)가 사용되었으며, 콜리메이터는 기하학적 해상도 (geometric resolution of collimator, R_g)가 공정장치 중심에서 약 4 cm가 되도록 설계되었다. 몬테칼로 전산모사를 통해 사용된 선원은 ^{68}Ga (511 keV), ^{137}Cs (662 keV)이며, 에너지 창은 각 선원이 방출하는 감마선 에너지의 $\pm 10\%$ 로 설정되었다 [2].

본 연구에서는 검출기 개수가 산업용 SPECT의 성능에 미치는 영향을 평가하기 위하여 36개 검출기, 48개 검출기, 60개 검출기, 72개 검출기를 사용하여 각각에 대한 산업용 SPECT를 구현하였다 (Fig. 1). 영상 재구성에는 EM 알고리즘이 사용되었으며, EM 알고리즘의 시스템 행렬 계산속도 향상을 위하여 상반정리(Reciprocity theorem)가 적용되었다 [3].

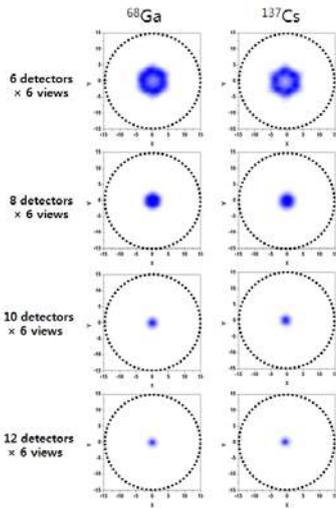


Fig. 2. Reconstructed images of ^{68}Ga and ^{137}Cs point source for different geometries

결과 및 고찰

Fig. 2는 본 연구에서 몬테칼로 전산모사를 통해 구현된 산업용 SPECT의 재구성 영상들이다. 그림에서 볼 수 있듯이 72개의 검출기로 구성된 산업용 SPECT의 재구성 영상은 36개의 검출기로 구성된 산업용 SPECT의 재구성 영상에 비해 눈에 띄게 향상된 영상 해상도를 제공하는 것을 확인할 수 있었다. 더불어 검출기 72개의 재구성 영상은 선원의 위치를 정확하게 보여주었다.

Fig. 3은 ^{68}Ga , ^{137}Cs 선원의 재구성 영상 프로파일이다. 프로파일에서 볼 수 있듯이 36개, 48개를 사용한 산업용 SPECT의 재구성 영상은 정확한 선원의 위치를 나타내 주지 못하며 여러 곳에 피크가 나타났다. 반면에 60개, 72개를 사용한 산업용 SPECT는 재구성 영상을 통해 선원의 위치를 정확하게 예측할 수 있었다.

결론

본 연구에서는 검출기 개수가 산업용 SPECT의 성능에 미치는 영향을 평가하기 위하여 4가지 구조에 대한 산업용 SPECT의 재구성 영상을 비교하였다. 연구 결과, 검출기 개수는 재구성 영상의 해상도에 크게 영

향을 미치는 것을 확인할 수 있었으며, 지름 30 cm의 실린더형 공정장치 내부를 촬영하기 위한 산업용 SPECT는 검출기가 60개 이상 요구된다는 것을 알 수 있었다. 본 연구 결과는 지름 30 cm의 실린더형 공정장치를 위한 산업용 SPECT 설계 시에 큰 도움을 줄 것이다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력중장기연구개발사업(연구과제 관리코드: 2011-0002265)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

1. J. G. Park, et al., "Development of an Industrial SPECT to Study Dynamic Behavior of Plant Process Flow," Trans. Korean Nucl. Soc. Autumn Meeting, PyeongChang, Korea, Oct30 - 31, 2008, Transactions of the Korean Nuclear Society (2008) (CD-ROM).
2. M. N. Wernick, J. N. Aarsvold, "Emission Tomography: The Fundamentals of PET and SPECT," Elsevier academic press, pp. 153-168, 2004
3. FH. Attix, Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, Wiley, pp. 55-59, 1986

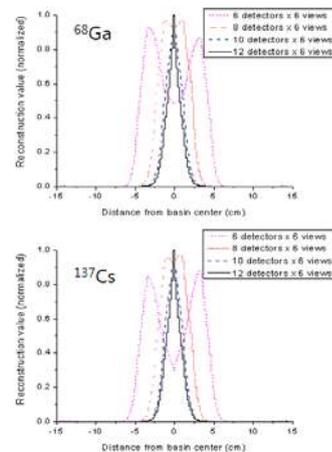


Fig. 3. Profiles of reconstructed images of a ^{68}Ga and ^{137}Cs for different geometries