2차원 배열 선원을 이용한 단층영상합성법의 타당성에 대한 연구

소정태*, 김형석†, 조상훈*, 정의진*, 조승룡*
한국과학기술원 원자력및양자공학과*, 한국과학기술원 인공지능연구소†

Introduction

최근 탄소나노튜브를 이용한 엑스레이 선원 발생기가 개발 및 연구되고 있다. 이는 기존의 엑스레이 선원 발생기에 비해 소형화가 용이하여 좁은 간격으로 선원이 배열될 수 있다. 이 기술로 전산화단층촬영(Computed Tomography) 등의 의료영상에서 선원의 위치에 대한 자유도를 한 차원 증가시킬 수 있다. 선원이 한 방향으로만 움직이게 설계되어왔던 단층영상합성법(Tomosynthesis)의 경우에도 이를 활용하면 2차원 배열 선원이 용이하다. 이 연구에서는 2차원 배열 선원을 이용한 단층영상합성법에 필터 후 역투사(Filtered backprojection) 영상재건방식을 적용해 그 타당성을 확인하고자 한다.

Methodology

탄소나노튜브를 이용하면 차례대로 on/off 되는 선원이 그림 1과 같이 2차원으로 배열될 수 있다. 각 방향으로 25mm, 5mm간격인 273개의 선원이 배열되었고, 선원 앞단에 콜리메이터가 설치되어 있다고 가정하여 각 방향으로 ±12°이내의 정사각형모양 FOV를 가지는 것으로 설계했다. 검출기는 픽셀당 0.1mm간격인 1548x1548 크기의 평판 검출기를 사용하였다. 선원과 검출기 사이의 거리는 30cm이다.

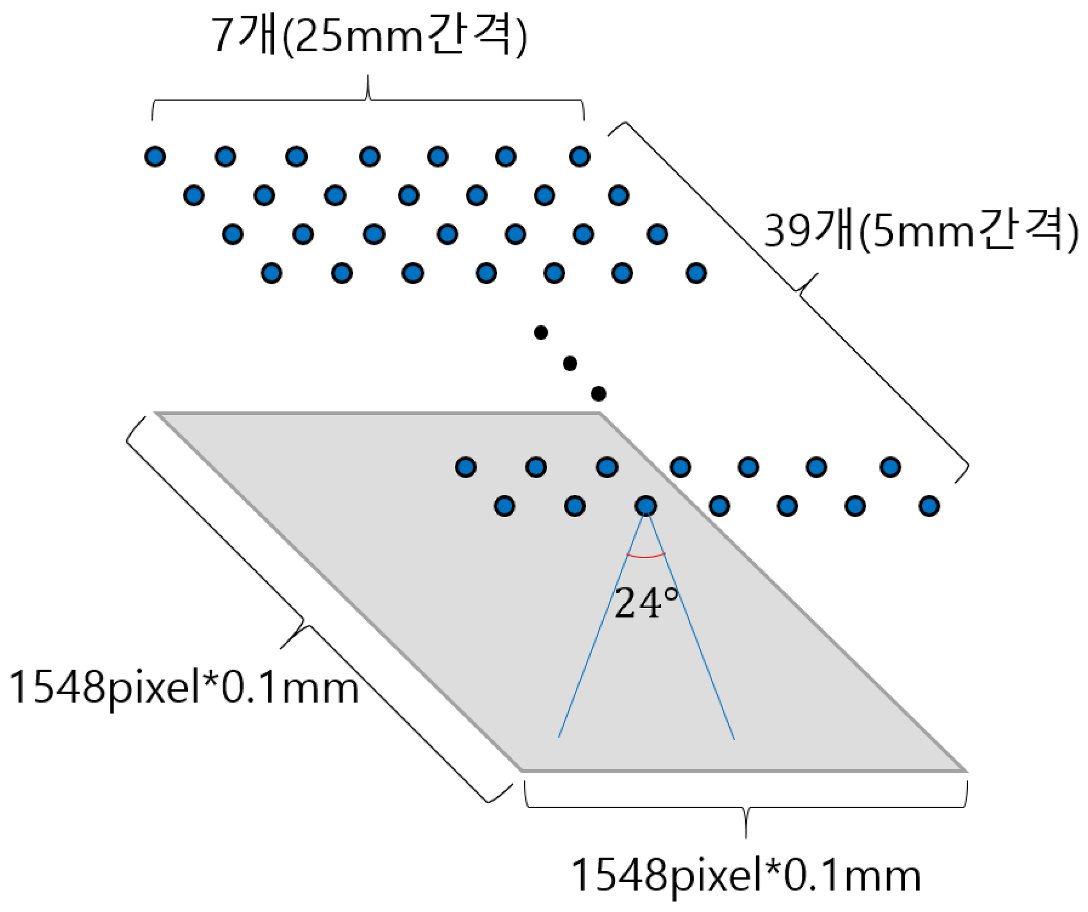

그림 1. 2차원 배열 선원의 지오메트리 묘사

지오메트리 검증을 위해 그림 2와 같이 1mm 지름의 BGA가 삽입된 유방 전산모사 팬텀과 손 실물팬텀을 이용해 시뮬레이션하였다. 손 실물팬텀은 Helical CT를 이용해 촬영한 영상을 투사하였다.

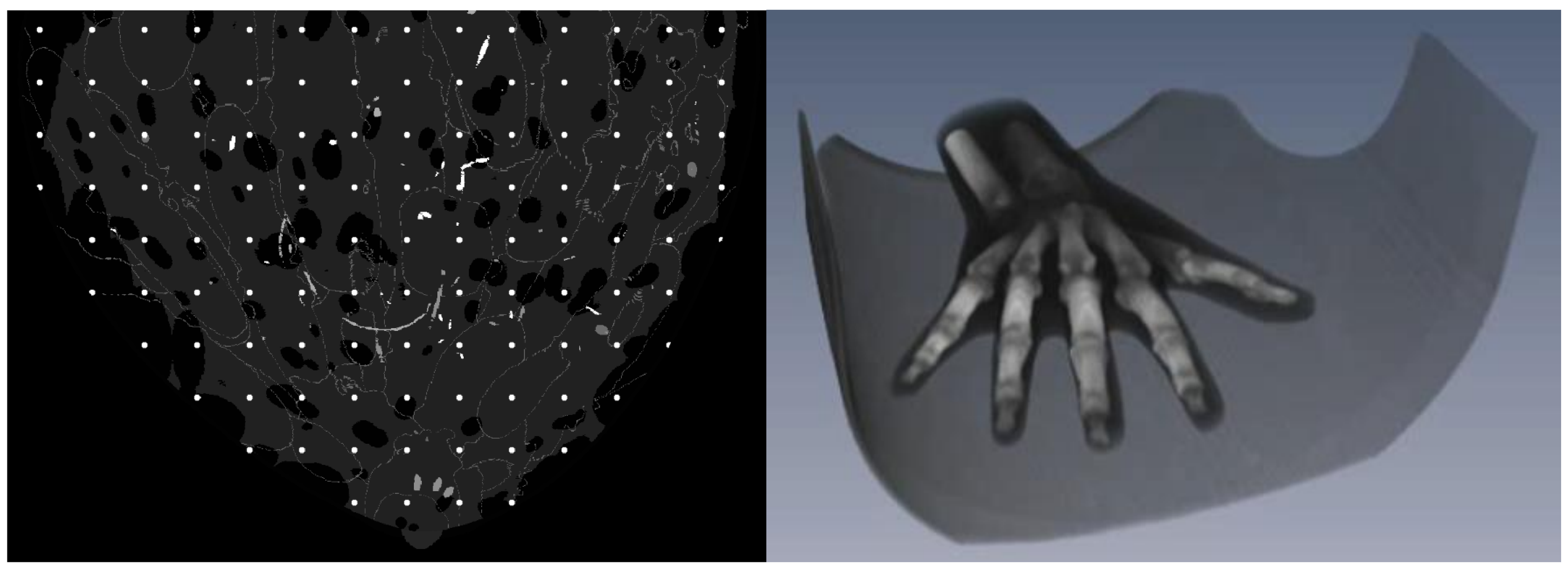

그림 2. (좌) 유방 전산모사 팬텀, (우) 손 실물팬텀 Helical CT 촬영 영상 렌더링 이미지

얻어진 데이터는 FBP 알고리즘을 사용하여 재건되었다. 이 때, 영상 각 부분의 샘플링 밀도가 다르기 때문에 그에 대한 가중치를 곱해주었고, 동시에 가중치 경계부분의 가파른 기울기 때문에 생기는 아티팩트를 제거하기 위해 그림 3과 같이 각 투사데이터 FOV 영역을 코사인 제곱 함수로 평활화하였다.

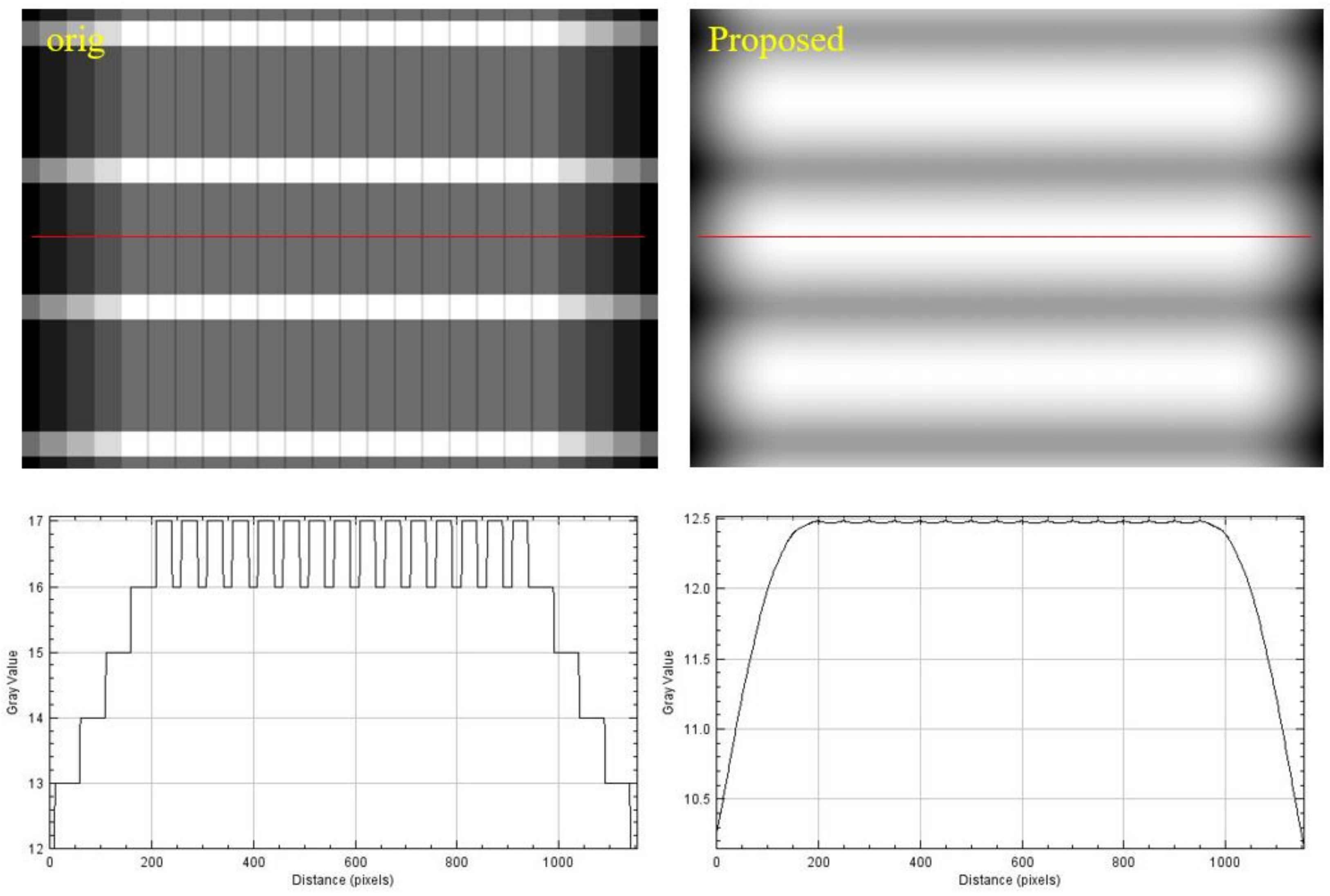

그림 3. (상) 샘플링 밀도 영상, (하) 빨강 선의 프로필, (좌) 코사인 제곱 평활화 적용 전, (우) 코사인 제곱 평활화 적용 후

Results & Conclusions

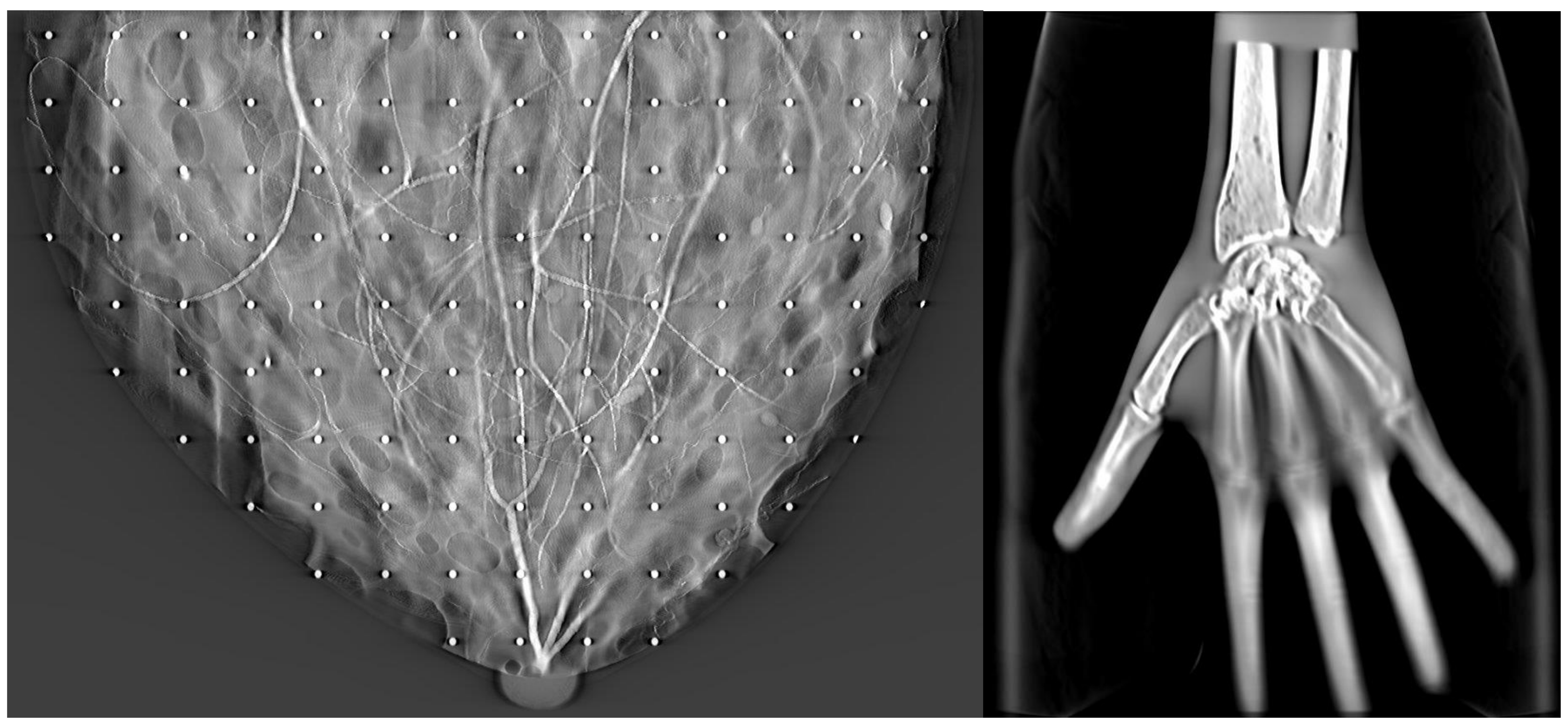

그림 4. (좌) 유방 전산모사 팬텀, (우) 손 팬텀 재건 영상

그림 4와 같이 재건된 영상은 기존의 단층영상합성법에 비해 선원의 위치 자유도가 높다는 장점을 가지고 있다. 한 방향으로 나타나는 out-of-plane 아티팩트도 모든 방향으로 퍼지게 되어 그 영향력이 낮다. 또 다른 장점은 빠른 촬영으로 이동오차의 영향을 크게 받지 않는다는 것이다. 10픽셀 내에서 선원의 위치를 이동시켜도 그림 5와 같이 오차가 거의 나지 않는다. 이런 장점이 더욱 부각될 수 있도록 이 지오메트리와 그에 맞는 알고리즘을 최적화한다면 더 좋은 결과를 얻을 것으로 예상하고 있다.

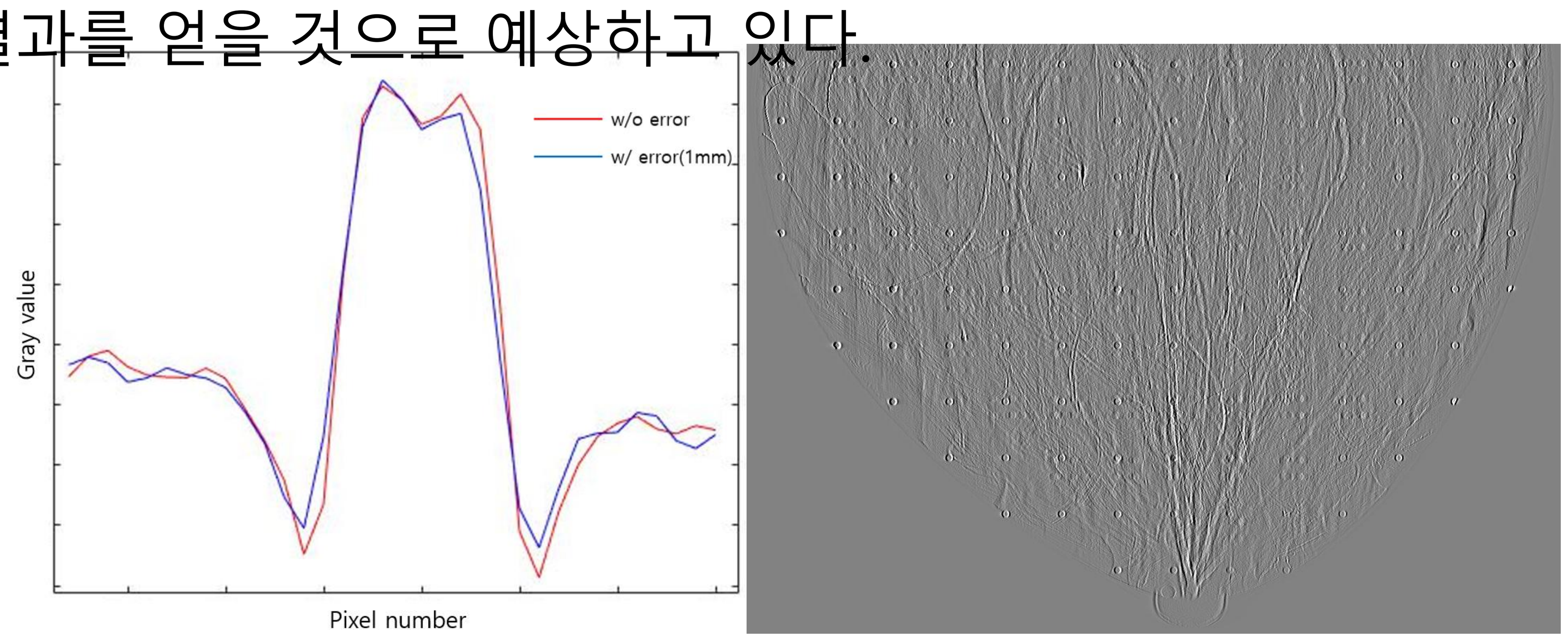

그림 5. 각 선원이 1mm 이내의 랜덤 위치 오차를 가지고 있을때 (좌) 유방 팬텀 ball 주변 프로필, (우) 영상 변화량 (Window level: 재건 영상의 약 1/10)

References

[1] Xin Qian, et al., High resolution stationary digital breast tomosynthesis using distributed carbon nanotube x-ray source array, Med Phys. 2012 Apr;39(4):2090-9.
[2] Karl Stierstorfer, et al., Weighted FBP—a simple approximate 3D FBP algorithm for multislice spiral CT with good dose usage for arbitrary pitch, Phys Med Biol. 2004 Jun 7;49(11):2209-18.