

MC 시뮬레이션을 이용한 다중 슬릿의 산란선 평가

장지나* · 서태석* · 장도윤¹ · Siyong Kim²

가톨릭대학교 의과대학 의공학교실* · 한양대학교 원자력공학과¹ · Mayo Clinic FL 방사선종양학과²

E-mail: jnjang@catholic.ac.kr

중심어 (keyword) : 다중 슬릿, 콘빔 CT, MC 시뮬레이션

서론

영상유도방사선치료는 여러 영상 장비를 이용하여 치료 타겟에 의도한 선량을 정확하게 전달하는 최첨단 방사선 치료 기법이다. 특히 콘빔 CT는 영상유도 방사선 치료에서 가장 많이 사용되는 영상 기기이다. 그러나 디텍터의 크기로 인한 산란선의 증가와 재구성 알고리즘 등으로 영상의 질은 일반 진단용 CT와 비교했을 때 많이 떨어진다고 알려져 있다. 영상의 질 개선을 위해서 산란선의 제거는 필수적이라고 할 수 있고, 이를 위해 소프트웨어적으로 또는 하드웨어적으로 많은 연구들이 수행되어 왔다. 본 연구에서는 산란선 제거를 위한 하드웨어적인 방법으로 다중 슬릿 시스템을 설계하고 MC 시뮬레이션을 통해 산란선 제거 효과를 평가하고자 한다.

재료 및 방법

설계된 다중 슬릿은 각이 동일한 아크 형태이고 x-ray 소스의 30 cm 아래 위치해 있다. 다중 슬릿에 의해 획득한 영상은 한 번의 방사선 조사 후 슬릿에 의해 가려진 부분의 영상 획득을 위해 한 번 더 조사되는 원리이다. 다중 슬릿의 구조가 각이 동일한 아크 형태로 설계되었기 때문에 한 번의 조사 후 슬릿이 이동되더라도 빔의 발산성이 동일하기 때문에 슬릿에 의한 추가적인 산란을 최소화하는 구조이다.

MC 시뮬레이션은 평면 디텍터와 관련된 TIR radiograph tally를 사용하였다. X-ray의 에너지는 40 kVp이고, 소스와 디텍터의 거리는 150 cm이며 디텍

터의 크기는 30 x 30 cm 이다. 슬릿의 넓이는 디텍터를 기준으로 1, 2, 3 cm 씩 변화시키며 측정하였다. 사용된 가상 팬텀은 지름 15 cm인 PMMA (1.19 g/cm³) 원기둥 안에 지름 5 cm 인 paraffin wax (0.93 g/cm³)가 삽입되도록 설계하였다. [그림 1]

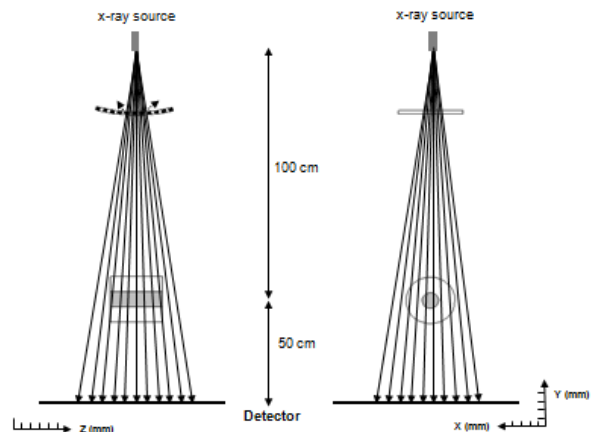


그림 1. MC 시뮬레이션의 geometry

산란선이 제거된 영상의 획득을 위해서 슬릿에 의해 가려진 부분에서의 데이터를 산란선이라 가정하고 보간법을 통해 슬릿의 열린 부분에서 획득된 데이터 내의 산란선을 추정한다. 2번의 조사에 의해 획득된 2개의 영상에서 이 과정을 수행한 후, 두 영상의 합으로 최종 영상을 획득하게 된다.

MC 시뮬레이션의 결과가 산란선과 산란선+일차선을 각각 계산해 주기 때문에 다중 슬릿의 산란선 제거 평가는 일차선을 기준으로 한 상대 오차로 평가하였다. 콘빔 CT 평가의 경우 팬텀의 구조가 대칭적으로 설계되었기 때문에 획득된 한 개의 영상을 각 각도에서 복사를 하여 콘빔 재구성을 수행하였다. 사용

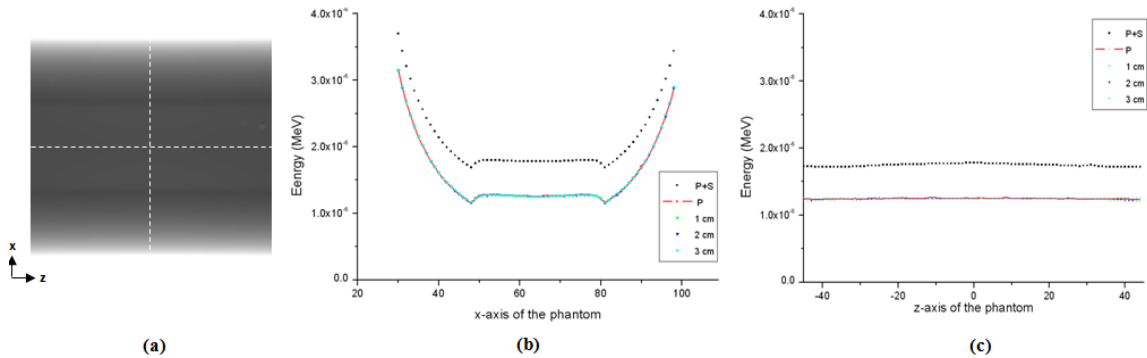


그림 2. (a) 다중 슬릿을 이용하여 획득된 영상 (b) 팬텀의 x 축에서의 프로파일 (c) 팬텀의 z 축에서의 프로파일

된 콘빔 재구성 알고리즘은 FDK 알고리즘을 사용하였다. [1]

보여주고 있다.

결과 및 고찰

그림 2는 팬텀을 이용하여 획득된 영상과 프로파일을 보여주고 있다. 다중 슬릿의 너비를 1, 2, 3 cm 를 사용하였을 때의 프로파일은 일차선의 프로파일과 거의 동일한 결과를 보여주고 있다. 그림 3은 팬텀의 z축에서 일차선을 기준으로 다중 슬릿의 너비를 1, 2, 3 cm 으로 변경했을 때 일차선을 기준으로한 상대 오차를 보여주고 있다. 모든 너비에서 2 % 내에서 일치하는 산란선 제거율을 보여주고 있다.

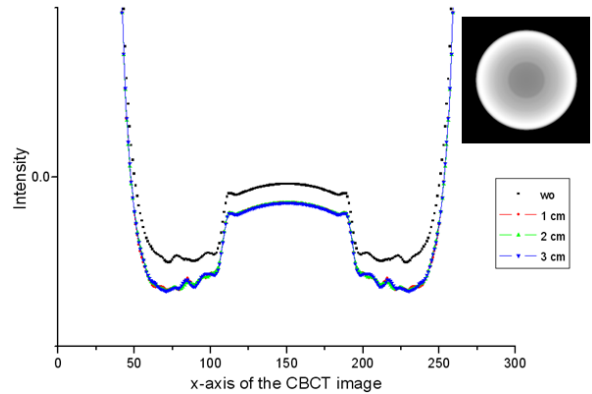


그림 4. 콘빔 재구성 영상과 프로파일

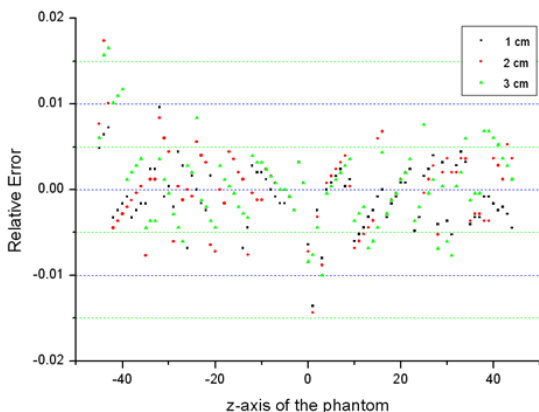


그림 3. 일차선을 기준으로한 다중 슬릿 너비 1, 2, 3 cm 에서의 평균 오차

그림 4는 콘빔 재구성된 영상과 프로파일을 보여주고 있다. 프로파일의 양상은 2D 영상과 비슷한 결과를

결론

MC 시뮬레이션 결과 본 연구에서 설계한 다중 슬릿은 산란선 제거에 있어 탁월한 효과를 보여주었다. 차후 다양한 구조와 밀도를 갖는 팬텀을 제작하여 다중 슬릿의 산란선 제거 효과를 좀더 정확하게 검증해 보고자 한다.

참고 문헌

1. L. Feldkamp, L. Davis, J. Kress, Practical cone-beam algorithm, J Opt Soc Am, 1(6), 612 - 619 (1984).