

컴프턴 카메라에 대한 2단계 ART 알고리즘 구현

서울대학교 의과대학 핵의학교실¹, 방사선응용생명과학 협동과정², 배재대학교 전자공학과³,
중앙대학교 물리학과⁴, 한양대학교 원자공학과⁵

김수미^{1,2,*}, 이재성^{1,2}, 이수진³, 이미노³, 이주한⁴, 이춘식⁴, 김찬형⁵, 이동수^{1,2}

목적: 방사성 동위원소의 3차원 분포도를 영상화 하기 위하여 SPECT는 기계적 집속방법(mechanical collimation)을 사용하므로 비효율적인 계수율을 갖는 반면 컴프턴 카메라는 컴프턴 산란에 의한 에너지 손실과 산란부, 흡수부에서의 검출위치 정보를 이용하여 산란부에 입사된 광자의 방향정보를 얻는 전기적 집속방법(electric collimation)을 사용하므로 민감도를 획기적으로 향상시킬 수 있다. 그러나 컴프턴 카메라에서 측정된 산란각과 산란부, 흡수부에서의 검출위치 등의 정보들로부터 알 수 있는 것은 타원추 표면의 어느 좌표에서 광자가 방출되었다는 것이다. 본 논문은 컴프턴 카메라를 모사하여 얻은 데이터에 대한 반복적인 재구성법인 2단계 ART (two-step algebraic reconstruction technique) 방법을 구현하였다. **방법:** 산란부와 흡수부로 구성된 컴프턴 카메라로부터 데이터를 얻었다. 효율적인 계산 시간을 위하여 컴프턴 데이터는 산란각 및 검출위치에 대한 히스토그램으로 재배열하였다. 2단계 ART 방법은 컴프턴 데이터의 단순역투사 방법을 수행한 후 역투사된 영상을 초기치로 갖는 ART 방법을 수행함으로써 영상을 재구성한다. 단순역투사 방법은 컴프턴 카메라에서 얻은 산란각과 검출위치를 이용하여 정의된 타원추의 표면상으로 동일하게 역투사하는 방법이다. 이 역투사된 영상에 대해 컴프턴 카메라의 흡수부에서 얻어질 컴프턴 투사데이터를 추정한다. 추정된 투사데이터와 측정된 데이터간의 반복적인 비교를 통해 데이터간의 차이를 최소화하도록 역투사된 영상을 수정하며 영상을 재구성한다. **결과:** 포인트 소스와 타원 디지털 팬텀을 이용하여 컴프턴 데이터를 얻고 이 데이터는 32x32 크기의 산란부와 흡수부, 128개의 이산 산란각으로 재배열되었다. 재배열된 컴프턴 데이터는 64x64x64 크기의 영상으로 재구성되었다. 단순역투사 결과에 비해 2단계 ART로 재구성된 영상은 효과적으로 배경잡음을 제어하고 보다 정확하게 영상을 재구성한다. **결론:** 본 연구는 컴프턴 카메라 재구성 방법에 대한 기초 연구를 수행하였으며 2단계 ART 재구성 방법을 구현하였다.

부채살 SPECT 데이터에 대한 근사적 최대사후 재구성기법 개발

서울대학교 의과대학 핵의학교실¹, 방사선응용생명과학 협동과정², 배재대학교 전자공학과³

김수미^{1,2,*}, 이재성^{1,2}, 이수진³, 이동수^{1,2}

목적: 여과후역투사(filtered backprojection, FBP) 방법에 비해 기댓값최대화(expectation maximization, EM) 알고리즘과 같은 통계학적 영상재구성법은 광자의 검출 과정을 확률적으로 묘사하여 영상을 재구성하므로 보다 정확한 영상을 재구성하는 것으로 알려져 있다. 그러나 실제 투사데이터는 확률적인 계수율 오차와 감쇠나 산란등과 같은 물리적 요인들로 인해 왜곡되기 쉬우므로 이를 보정하지 않으면 EM 알고리즘은 원 해와 다른 결과를 재구성하게 된다. 이러한 EM 알고리즘의 불안정성을 보완하기 위해 제안된 방법이 최대사후(maximum a posteriori, MAP) 방법이며 이는 사물에 분포한 동위원소의 공간적 분포도를 확률적으로 묘사한 사전정보(prior)를 EM 알고리즘의 통계적 특성에 더하여 영상을 재구성하는 방법이다. 본 연구는 MAP 방법과 근사적으로 유사한 해를 계산하는 OSL (one-step late) 알고리즘을 이용하여 부채살 SPECT 데이터를 직접 재구성하였으며 EM 방법과 비교하였다. **방법:** 부채살 투사기로부터 잡음 없는 데이터를 얻고 포아송 잡음을 추가하여 2dB의 SNR을 가진 잡음 있는 데이터를 얻었다. 부채살 데이터를 직접 재구성할 수 있는 OSL 알고리즘을 membrane과 thin plate prior를 사용하여 구현하였으며 prior의 영향을 보기 위하여 다양한 λ 를 사용하였다. 특히, 0인 λ 를 사용하면 EM 알고리즘을 수행한 것과 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 퍼센트 오차를 계산하여 각 재구성된 영상을 비교하였다. **결과:** 잡음이 없는 부채살 데이터의 경우, OSL 방법에 비해 EM 방법이 가장 낮은 퍼센트 오차를 보이며 보다 정확한 영상을 재구성하였다. 특히 큰 λ 와 thin plate prior를 사용한 OSL의 결과영상이 가장 높은 오차를 보였다. 그러나 포아송 잡음이 있는 경우에는 큰 λ 와 thin plate prior를 사용한 OSL 방법이 가장 낮은 오차를 가지며 잡음으로 인한 결과 영상의 불안정성을 효과적으로 제어함을 확인할 수 있었다. 팬텀의 다른 형태에 따른 결과를 비교해보면 촬영대상의 형태가 복잡할수록 적절한 prior를 사용하는 것이 중요할 것으로 보인다. **결론:** 본 연구는 부채살 데이터를 재구성하는 OSL 알고리즘을 구현하였으며 잡음이 있는 데이터의 경우, EM 방법에 비해 보다 안정된 해를 가짐을 확인하였다. 그러나 보다 정확한 영상을 재구성하기 위하여 촬영대상의 해부학적 prior 모델을 사용한 MAP 재구성법을 구현할 필요가 있다.