

원추묵음CT촬영화상의 3차원화상재구성방법에 대한 연구

량석진, 고명선

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학과 기술을 발전시켜야 인민경제의 주체화, 현대화, 과학화를 실현하여 사회주의의 물질기술적토대를 튼튼히 쌓고 인민생활을 끊임없이 높일수 있습니다.》(《김정일선집》 증보판 제12권 365페이지)

원추묵음CT는 방사선원천으로부터 나오는 방사선의 자리길모양이 원추모양이며 검출기는 평면으로 되어있는 CT장치로서 다른 CT장치들에 비하여 원천의 리용효율이 아주 높고 촬영속도가 빠른 우점을 가진다. 오늘 평면검출기들이 많이 개발되고있는 조건에서 원추묵음CT의 3차원적인 화상재구성방법을 개발하는것은 새로운 현대적인 CT장치를 개발하는데서와 이미 있는 동적촬영체계들을 리용한 3차원적인 정보처리에서 커다란 의의를 가진다.[1, 2]

우리는 원추묵음원천으로부터 나온 방사선이 검사대상을 통과하여 평면검출기에 측정된 자료들에 기초하여 3차원적인 화상을 얻어내는 계산방법을 제기하고 균질구의 가상적인 투과자료로부터 3차원적인 재구성화상을 얻어내었다.

1. 원추묵음CT의 3차원적인 화상재구성계산방법

원추묵음CT장치의 구조는 그림 1과 같다.

원추묵음원천의 경우 1개 투영각위치에서의 촬영화상은 렌트겐촬영화상의 경우와 유사하게 나타난다.[3]

한편 원천으로부터 나오는 방사선이 평행묵음인 경우와 원추묵음의 경우 시편을 통과하는 경로는 다르며 따라서 화상재구성방법도 달라지게 된다.

평행묵음원천에서는 해당하는 라돈변환을 직접 얻어낼수 있지만 원추묵음원천에 대하여서는 직접 얻어낼수 없다. 평행묵음원천에 해당하는 식을 변환하여 라돈변환의 도함수를 계산할수 있는 방법이 제기되였다.[3]

원추묵음원천과 검출기면사이의 자리표관계는 그림 2와 같다.

1) 재구성도식

① 검출기자료들의 사전무제화

$$X_w^c[\mu_{\gamma, g}(\sigma, \tau(\xi))] = \cos(\beta) X^c[\mu_{\gamma, g}(\sigma, \tau(\xi))] \quad (1)$$

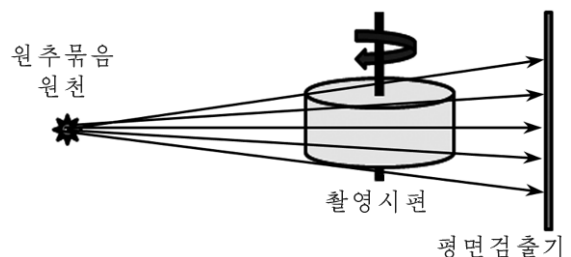


그림 1. 원추묵음 CT 장치의 구조

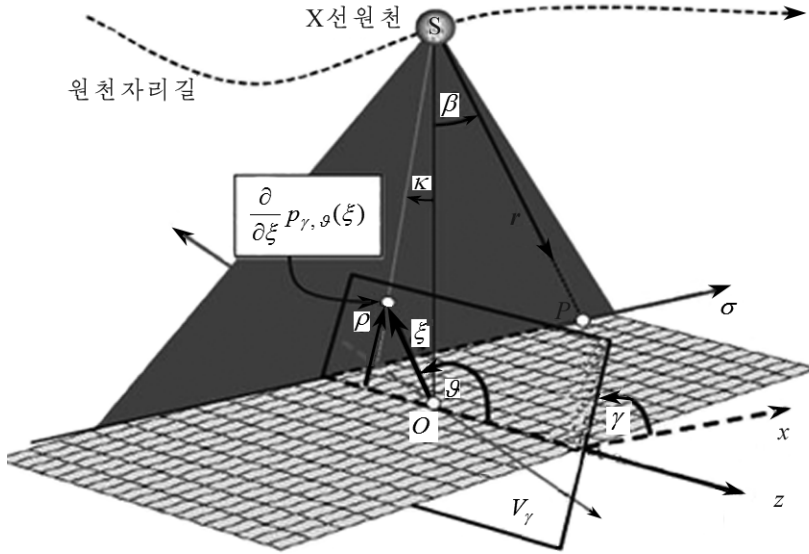


그림 2. 원추무음원천과 검출기면사이의 자리표관계

여기서 $X_w^c[\mu_{\gamma, g}(\sigma, \tau(\xi))]$ 는 γ, g 방향에서 가로자리표 σ 위치와 세로자리표 $\tau(\xi)$ 에 있는 검출기에 기록되는 측정값이다.

② 평판검출기축방향들에서의 편도함수들의 계산

$$G_a(\sigma, \tau) = \frac{\partial}{\partial a} X_w^c[\mu_{\gamma, g}(\sigma, \tau(\xi))], G_b(\sigma, \tau) = \frac{\partial}{\partial b} X_w^c[\mu_{\gamma, g}(\sigma, \tau(\xi))] \quad (2)$$

③ 검출기우에서 선적분의 계산과 인수 $1/\cos^2(k)$ 을 가지는 결과들의 무제화를 통한 라돈공간의 도함수를 얻기

$$\frac{\partial}{\partial \xi} p_{\gamma, g}(\xi) = \frac{1}{\cos^2(k)} \int_{-\infty}^{\infty} [G_a(\sigma, \tau) \sin(\delta) + G_b(\sigma, \tau) \cos(\delta)] d\sigma \quad (3)$$

④ ③으로 주어진 자료들의 수직자오면들에서의 내삽

⑤ 수직자오면들안에서의 려파된 역투영

$$h\{X^p[\mu_{\gamma, g}(\sigma, \xi)]\} = -\frac{1}{4\pi^2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\partial^2 p_{\gamma, g}(\xi)}{\partial \xi^2} \sin(g) dg \quad (4)$$

⑥ 평면회전각 γ 에서의 적분에 의해 수평면들안에서의 역투영

$$f(x, y, z) = \frac{1}{2} \int_{\gamma=0}^{2\pi} h\{X^p[\mu_{\gamma, g}(\sigma, \xi)]\} d\gamma \quad (5)$$

비록 이 재구성도식은 원리적으로는 타당하지만 구체적인 계산에서는 일련의 문제들이 제기되어 직접적인 계산은 진행되지 못하고있다. 특히 식 (2)의 계산에서 방향 a, b 에 따르는 도함수를 계산하기 어렵다.

이 재구성도식을 적용하기 위하여 다음과 같은 계산방법을 제기하였다.

2) 재구성계산방법

① 측정자료의 배열화(X^c)

원추묵음CT측정자료들을 검출기축우의 가로, 세로방향의 자리표에 따라 배치한다. 이때 측정자료는 $\mu_{\gamma, g}(\sigma, \xi)$ 로서 4차원배렬로 주어진다. γ 는 고정된 시편자리표에서 방위각에 해당되는것으로서 0부터 2π 사이에 놓인다. g 는 고도각에 해당되는것으로서 $-\pi/2$ 로부터 $\pi/2$ 사이에 놓인다. 한편 σ 는 검출기축의 가로방향변위이며 τ 는 검출기축의 세로방향변위이다. 따라서 측정에서는 γ 와 g 를 고정한 상태에서 σ 와 τ 에 따르는 측정값을 얻고 γ 와 g 를 변화시키면서 또 다른 σ 와 τ 에 따르는 측정값을 얻는다.

② 측정자료의 무게화(X_w^c)

측정자료 $\mu_{\gamma, g}(\sigma, \tau(\xi))$ 들에 대하여 $\cos \beta$ 를 곱하여 무게화한다. 이때

$$\tan \beta = \frac{\sqrt{\sigma^2 + \tau^2}}{l} \quad (6)$$

으로부터

$$\cos \beta = \frac{l}{\sqrt{l^2 + \sigma^2 + \tau^2}} \quad (7)$$

의 관계가 성립한다. 여기서 l 은 원천과 검출기중심면사이의 거리이다.

③ 식 (2)대신 등가인 식

$$\frac{\partial}{\partial \xi} p_{\gamma, g}(\xi) = \frac{1}{\cos^2(k)} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial}{\partial \tau} X_w^c[\mu_{\gamma, g}(\sigma, \tau(\xi))] d\sigma \quad (8)$$

를 계산한다.[3] 여기서 $\frac{\partial}{\partial \tau} X_w^c[\mu_{\gamma, g}(\sigma, \tau(\xi))]$ 의 계산은 제차식

$$\frac{X_w^c\{\mu_{\gamma, g}(\sigma, \tau(\xi+1))\} - X_w^c\{\mu_{\gamma, g}(\sigma, \tau(\xi))\}}{\tau(\xi+1) - \tau(\xi)} \quad (9)$$

를 리용하여 진행한다. σ 에 대한 적분은 심프슨공식이나 구적법을 리용하여 검출기의 기하학적크기만큼 진행한다.

④ $\frac{\partial^2 P_{\gamma, g}(\xi)}{\partial \xi^2}$ 의 계산

식 (8)에 의하여 $\frac{\partial P_{\gamma, g}(\xi)}{\partial \xi}$ 가 얻어진 조건에서 제차도식 $\frac{\partial P_{\gamma, g}(\xi+1)}{\partial \xi} - \frac{\partial P_{\gamma, g}(\xi)}{\partial \xi}$ 를 리용하여 계산한다.

⑤ $h\{X^p[\mu_{\gamma, g}(\sigma, \tau(\xi))]\} = -\frac{1}{4\pi^2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\partial^2 p_{\gamma, g}(\xi)}{\partial \xi^2} \sin(g) dg$ 의 계산

우에서 계산된 결과에 대하여 $-1/(4\pi^2)$ 과 $\sin(g)$ 를 곱하면서 g 를 따라서 매 각위치에 역투영한다.

⑥ $f(x, y, z) = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} h\{X^p[\mu_{\gamma, g}(\sigma, \xi)]\} d\gamma$ 의 계산

우에서 계산된 결과에 대하여 $1/2$ 을 곱하면서 γ 를 따라서 매 각위치에서 역투영한다. 역투영된 화상들은 중첩되어 3차원재구성화상을 형성한다.

2. 구형대상의 3차원적인 화상재구성계산

제안된 재구성계산방법을 적용하기 위하여서는 원추묵음CT장치로 얻어지는 측정자료가 있어야 한다. 장치가 없는 조건에서 우리는 ^{137}Cs 원천의 $E_\gamma = 662\text{keV}$ 를 원추묵음CT의 원



그림 3. 재구성 화상

천으로 리용하였으며 간단히 반경이 2cm인 동으로 만들어진 구를 촬영시편으로 선택하고 대칭성을 리용하여 CT촬영자료를 계산을 통해 얻어내었다. 다음 이 자료에 제안된 계산도식을 적용하여 재구성화상을 얻어내었다.(그림 3)

이 화상은 우아래방향으로 약간 중심이 편차된듯 한 결과를 주고있다. 또한 흰 원고리주위로 퍼져나가는듯 한 약간 밝은 무늬가 보인다. 이것은 재구성과정에 적용된 계차도식으로 생긴 잡음때문이라고 볼수 있다.

맺는 말

3차원화상재구성도식의 계산에 계차식을 적용하는 경우 일정한 정도의 잡음이 있지만 3차원적인 화상을 얻어낼수 있다는것을 확증하였다. 계산정확도를 더욱 높이기 위하여서는 비대칭대상에 대한 재구성화상계산을 통한 연구가 진행되어야 한다.

참고 문헌

- [1] I. Tiseanua et al.; Fusion Engineering and Design, 98, 1176, 2015.
- [2] M. A. Esam et al.; Applied Radiation and Isotopes, 97, 130, 2015.
- [3] Thorsten M. Buzug; Computed Tomography, Springer, 309~356, 2008.

주체106(2017)년 12월 5일 원고접수

3D Reconstruction in Cone-Beam CT

Ryang Sok Jin, Ko Myong Son

In this paper we investigated 3D reconstruction in Cone-Beam CT with our new calculation method. In Grangeat diagram we changed some partial differential equation into the equivalent and introduced some difference equations. Instead of the real raw data, we demonstrated the validity of the method based on the calculation data of the simple homogeneous sphere.

Key words: CT, 3D reconstruction