

Noise Reduction on Low Tube Voltage CT Images

Seokyeon Choi

Department of Radiological Science, Catholic University of Pusan

Received: February 15, 2017. Revised: February 23, 2017. Accepted: February 28, 2017

ABSTRACT

To reduce the exposure dose in head CT, the use of low tube voltage is required. However, increasing noise may cause errors in the second data processing. In this study, we proposed a method to reduce noise by using low tube voltage.

Experimental results show that the noise level is high at 100kVp and lowest at 140 kVp. The dose was lower at 100 kVp and higher at 140 kVp. As a result of applying the wavelet according to the threshold value, the noise value in the wavelet Th30 decreased to 4.51. Using the parameter condition(100 kVp, rotation time 0.5 sec, dose: 40.64 mGy) and the wavelet Th 30, the dose reduction of 65.3% was possible.

We believe that applying the proposed method to head CT images will help to patient safety and interpret accurate information.

Keywords: Brain CT, Threshold, Noise, Dose

I . INTRODUCTION

MDCT의 등장과 함께 CT 촬영건수가 매년 증가하여 두부 CT 검사 건수의 증가폭이 크고 흉부와 복부의 척추의 경우도 증가하고 있어 다양한 검사기법이 개발되고 CT의 사용률은 더욱 증가할 전망이다.^[1] 전산화 단층 촬영(Computed Tomography; CT)에서 총 방사선 대비 환자가 받는 방사선량은 진단 방사선 분야에서 큰 비중을 차지하고 있다. 조직 흡수선량은 역학 연구에 나타난 바와 같이 암의 확률을 증가시킨다는 것을 알려져 있어 제조회사, 임상, 방사선사 등은 환자선량을 저감하고 환자방어의 노력이 필요한 실정이다.^[2]

방사선 검사 시 kVp를 절반으로 줄일 때 방사선량은 최대 65%까지 감소할 수 있고 kVp의 감소는 영상의 잡음 증가와 관계가 있다. 환자 검사 시 최대허용 저선량을 사용하고 싶으나, 노이즈의 증가로 사용하지 못하는 실정이다. 관련연구에서 영상재구성법, 파라미터 조절 방법 등을 사용해서 저선량 사용과 최적의 영상의

질을 찾는 연구들이 있고 노이즈 제거에 대한 결과도 좋다. 그러나 반복계산법(Iterative Method)이 가능한 최신의 장비가 아니면 해결이 어렵다.

Kim^[4]이 제시한 저관전압 CT 영상의 화질과 선량에 대한 연구에서 100kVp, 120kVp 중 저관전압에서 영상이 밝게 나타났고, 선량이 약 35%가 감소한다고 하였다. 조영 검사 시 효율적인 관전압 선택에 도움이 되는 연구이나 분석을 위하여 밝기 값 만을 묘사하였고 대조도, 선예도 등에 대한 연구는 시행하지 않았다.^[2,3] CT에서 피폭선량을 줄이기 위해서 저관전압을 사용하면 상대적으로 노이즈가 증가하는 현상이 발생한다. 기존의 방법에서는 영상재구성법의 파라미터를 조절하는 방법을 사용해서 최적의 영상의 질을 찾는 방법을 찾고 있으나 근본적 대책은 아니다.

본 연구에서는 정상신호를 최대한 유지하고 노이즈만을 제거하기 위해서 웨이블릿 알고리즘을 적용하고 결과를 분석하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험영상 획득 및 화질분석

실험을 위해서 64채널 MDCT (Light speed VCT, GE, United Kindom)와 Water phantom calibration (Head 16, GE)을 사용하였다. 두부에 사용되는 CT 매개변수는 회전시간 1.0 sec, 관전압 120 kVp, 관전류 335 mA, Noise index 2.80, Coverage 20.0 mm, 슬라이스 두께 5.0 mm, Pitch 0.531:1를 사용한다. 이때 관전압을 100kVp, 120kVp, 140kVp 로 바꾸어 영상을 획득 하였고, 획득되는 영상에 대한 선량은 CT장비에서 제공되는 CTDIvol 값을 이용하여 기록하였다.

획득한 영상에 대해서 노이즈와 프로파일 데이터를 계산하였다. 노이즈는 동일한 FOV(Field of View)상태의 팬텀영상에서 상측, 좌측, 우측 세 곳에 관심영역 (Region of interest; ROI) 289.16mm²를 설정하여 잡음을 측정하였다.[Fig. 1] 해상도를 비교하기 위하여 프로파일 데이터를 기록하였고 가로방향의 장축 방향으로 측정하였다.

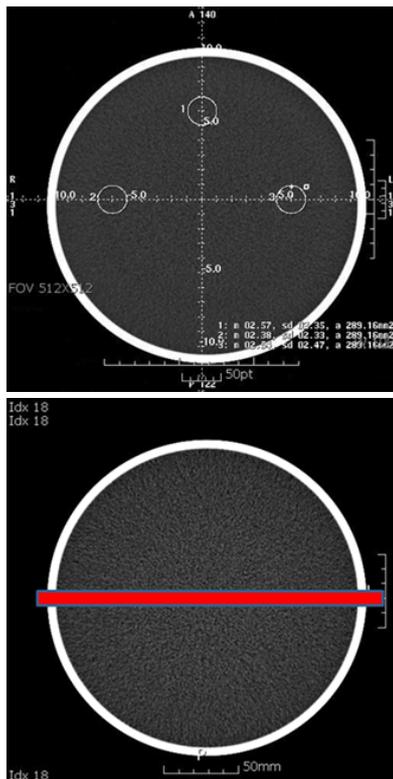


Fig. 1. Measurement of noise and profile information

2. 임계값 설정에 따른 웨이블릿 알고리즘 적용

선량 감소 효과는 관전류 보다 관전압을 줄일 때 방사선 피폭 감소 효과가 크다. 복부 및 두부에서는 주로 120 kVp의 고관전압을 사용한다. 이때 대조도 분해능을 향상시키고 공간 분해능은 감소하는 효과가 있다. 저관전압 사용 시 피폭 선량은 감소시키고 대조도 분해능이 감소하고 노이즈 발생이 증가하는 현상이 있다. 노이즈는 입상성을 증가시켜 판독에 불편함을 초래한다. 저관전압을 설정하고 노이즈 제거 알고리즘을 통해서 화질을 개선시키면 저선량으로 판독에 도움이 되는 영상을 만들 수 있다.^[5]

본 연구에서 노이즈 제거를 위해 정보통신분야에서 널리 사용되고, 신호와 잡음을 구별하기 위해 다중해상도 기술을 이용하는 웨이블릿 알고리즘을 사용하였다. 웨이블릿 에서는 계수를 잡음의 영향을 받는 일과 그렇지 않은 계수를 이용하는 일이 필요하고 신호를 복원하기에 충분한 계수를 포함하여 한계의 기준은 정하는 것이다.^[6,10] 영상은 몇 개의 계수들에 의해 표현될 수 있고 그것의 절대값이 임의의 임계값 보다 작으면 잡음으로 분류한다. 웨이블릿 계산에서는 상세 계수의 한계를 제한하기 위하여 상세 계수에 임계값을 선택하고 적용한다.[Fig. 2] 본 실험에서는 실험적으로 우수한 결과가 나타난 10, 20, 30 임계값에 대해서 각각 실험하였다.

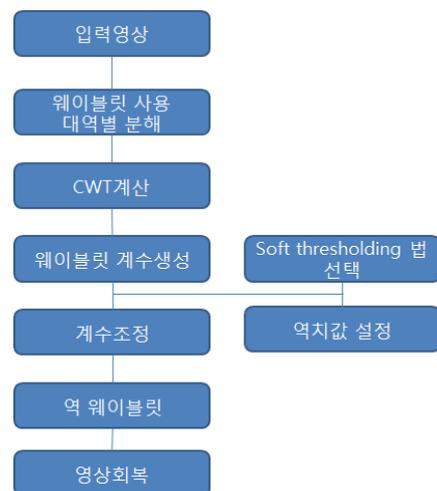


Fig. 2. A flowchart of the wavelet and set threshold value

웨이블릿은 다음과 같이 표현된다.

$$\varphi_{a,b}(t) = a\varphi\left(\frac{t-b}{a}\right), a = a_1, a_2, a_3, \dots, a_{n-1} \quad (1)$$

$$f(t) = \sum_k \alpha_k \varphi_k(x) \quad (2)$$

식 (1)에서 a 는 웨이블릿의 크기를 변화시키는 압축 계수(scale)이다. b 는 전이 계수(translation)를 나타낸다. 식 (2)에서 신호 함수 는 시간-주파수 영역에서 동시에 국부성을 만족하는 기저함수의 선형조합이다. α_k 는 실 수 값의 전개 계수(extension coefficient)이고, φ_k 는 실 수 값의 전개함수(extention function)이다.^[4,5] 결국 웨이 블릿의 크기를 결정하는 압축계수와 시간 축으로의 이 동을 하는 역할의 전이계수로 구성된 함수의 집합체라 고 할 수 있다.^[6,9]

III. RESULT

1. 노출 파라미터에 따른 노이즈값과 피폭선량의 변화

실험 영상을 획득하여 분석한 결과 100kVp 에서 노 이즈 값이 높게 나타났고, 140kVp에서 가장 낮게 나타 났다. 노이즈값이 가장 작게 나타난 파라미터는 140kV p, 튜브 회전시간 1.0 이다. CT튜브의 회전시간이 길어 질수록 노이즈 값이 감소하였다.

선량은 CTDIvol로 계산되는 결과를 기록하였다. 1 00kVp에서 선량이 낮게 나타났고, 140kVp에서 선량이 높게 기록되었다. 회전시간이 길어질수록 선량은 증가 하였고 100kVp, 0.5sec에서 가장낮은 선량이(40.64 mG y) 기록되었다. 선량이 가장 많은(116.89 mGy) 파라 미터는 140kVp, 튜브 회전시간 1.0 이다. [표 1-2]

Table 1 . Radiation dose(CTDIvol) with change of kVp and Rotation time.

	100kVp	120kVp	140kVp
1.0 sec	81.28	103.35	116.89
0.7 sec	56.90	84.65	110.52
0.5 sec	40.64	60.46	84.00

Table 2 . Radiation dose(CTDIvol) with change of kVp and Rotation time.

관전압	100kVp			120kVp			140kVp		
회전시간	0.5 sec	0.7 sec	1.0 sec	0.5 sec	0.7 sec	1.0 sec	0.5 sec	0.7 sec	1.0 sec
meanROI	8.53	6.01	6.10	6.67	5.91	4.93	5.84	4.96	4.41
Th10	6.01	4.96	3.93	4.26	3.73	2.82	3.54	2.97	2.63
Th20	4.95	4.02	3.29	3.46	3.10	2.34	2.88	2.51	2.20
Th30	4.51	3.69	3.11	3.21	2.93	2.26	2.73	2.43	2.16

2. 알고리즘전용에 따른 노이즈값의 감소와 선량

각 파라미터에 따른 두부 팬텀 CT영상에 대해 웨이 블릿을 적용하고 Fig. 2의 위치에 대해서 프로파일정보 를 계산하였다.

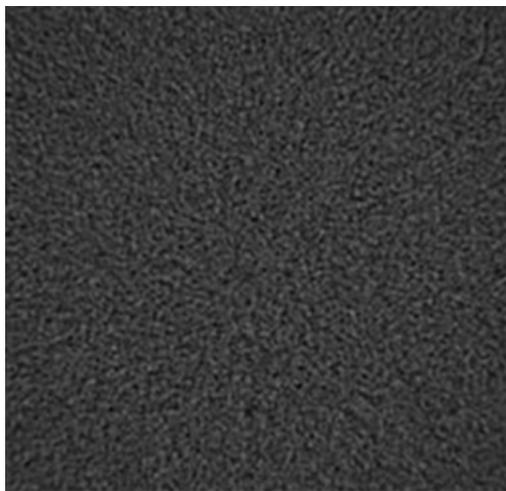
100kVp, 0.5sec 파라미터 Fig. 3(a) 조건의 영상의 프 로파일 정보를 계산하였다. 알고리즘을 적용전의 결과 이고, 프로파일 정보 계산 결과에서 인접 픽셀간 강도 차가 매우 크게 나타났다. Fig. 3(c) 결과는 Fig. 3(a) 영 상에 대해 웨이블릿 적용 후의 프로파일 정보를 계산

한 것이다. 인접한 픽셀의 강도차가 작고 픽셀값의 강 도도 균일하게 나타났다.

140kVp, 1.0sec 파라미터 Fig. 3(b) 영상은 모든 파라 미터(노이즈제거 처리 전) 중 노이즈가 가장 최소로 나 타났다. Fig. 3(a) 에 비해 픽셀강도분포가 비교적 균일 하다. 그러나 피폭선량이 3배로 선량이 매우 높다. 따 라서 최상의 화질을 가지지만 선량이 과다해서 임상에서 사용하기 적합하지 않다. Fig. 3(d) 는 Fig. 3(b) 의 영상에 대해서 노이즈 처리를 한 결과이다. 인접한 픽 셀의 강도가 균일하게 나타났다 프로파일을 계산 결과

알고리즘 적용 후 노이즈가 감소된 것을 알 수 있다.

웨이블릿은 역치값에 따라 결과가 달라진다. 표 2 에서는 역치값에 따른 노이즈의 변화를 기록하였다. 최저 선량의 조건인 100kVp , 회전시간 0.5일 때 노이즈값은 8.35로 나타났다. 같은 조건에서 웨이블릿 Th30에서 노이즈값은 4.51로 감소하였다(50% 감소). 웨이블릿 적용 전 140kVp, 회전시간 1.0sec 조건과 일치한다(선량: 116.89 mGy). 100kVp , 회전시간 0.5 sec (선량: 40.64 mGy) 파라미터 영상에 웨이블릿 Th 30을 사용하면, 노이즈 값은 같고 선량을 최대 65.3% 감소시킬 수 있다.

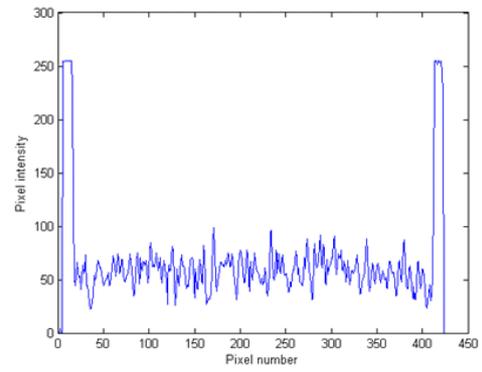


(a)

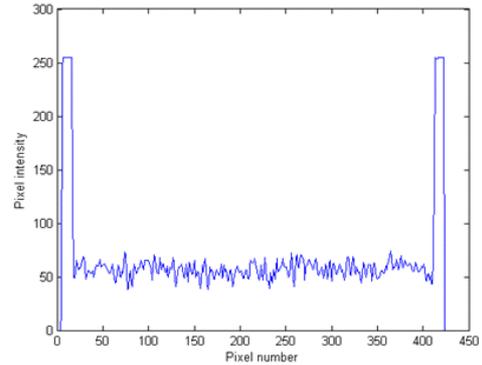


(b)

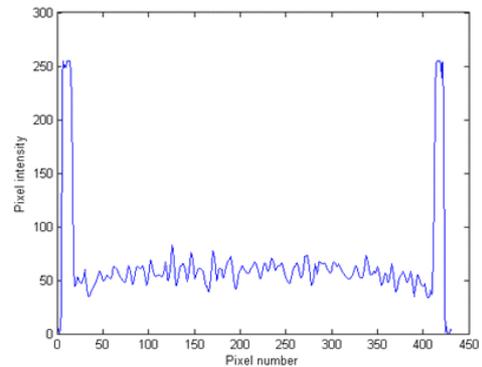
Fig. 3. (a) Phantom image scanned at 100kVp 0.5sec scan time, and (b) after denoising method



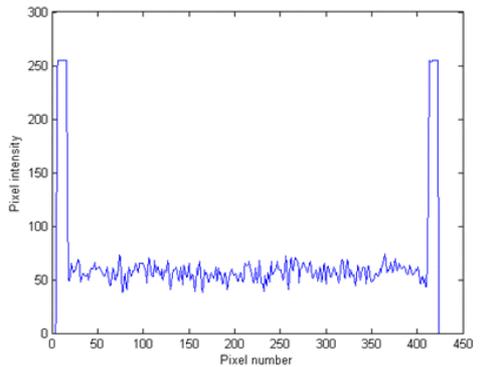
(a) Original noise (Image No. 1)



(b) Original noise (Image No. 16)



(c) Noise reduction (Image No. 1)



(d) Noise reduction (Image No. 16)

Fig. 4 . Measured profile information on brain phantom image.

IV. DISCUSSION AND CONCLUSION

kVp를 절반으로 낮출 때 방사선량은 최대 65%까지 감소할 수 있고, 이러한 감소는 영상의 잡음 증가와 관계가 있다. 임상에서 저선량 파라미터를 선택하여 사용할 수 있으나 노이즈 증가가 불가피하다. 두부조직 영상에서도 조직간 흡수선량이 비슷하기 때문에 공간분해능 보다는 노이즈 증가가 큰 문제가 되고, 이에 따른 본 연구의 제안은 임상에서 의미가 크다. 향후 연구에서는 공간분해능 계산 및 환자 영상에 대해서도 분석이 필요하다. 또한 기존의 웨이블릿에 역치값 변동에 따른 결과 지나친 역치값은 원래의 정보 훼손하므로 더 많은 실험으로 최적의 역치값을 찾을 필요가 있다.

두부 CT에서 피폭선량을 줄이기 위해서는 저관전압 사용이 요구된다. 그러나 노이즈가 증가하는 현상이 발생해서 2차 데이터 가공시 오류를 초래할 수 있다. 본 연구에서는 저관전압을 사용하고 노이즈를 줄일 수 있는 방법을 제시하였고 알고리즘 적용전 노이즈 최저 파라미터에 비교해서 선량이 65.3% 감소할 수 있었다. 본 연구에서 제시한 노이즈 제거법을 두부CT검사에 적용한다면 환자의 안전과 정확한 정보를 해석하는데 도움을 줄 것이라고 생각한다.

Acknowledgement

이 논문은 2016년도 부산가톨릭대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음.

Reference

- [1] M. Y. Kim, H. S. Kim, "The Evaluation of Radiation Dose by Exposure Method in Digital Magnification Mammography", JRST, Vol. 35, No. 4, pp. 293-298, 2012.
- [2] S. Obenauer, K. P. Hermann and E Grabbe, "Dose reduction in full-field digital mammography: an anthropomorphic breast phantom study", Br J Radiol, Vol.76, No. 907, pp. 478-82, 2003
- [3] I. J. Lee, "Relationship of Compressed Breast Thickness and Average Glandular Dose According to Focus/Filter", JRST, Vol. 32, No. 3, pp. 261-270, 2009
- [4] J. Cho, H. Kang, H. Kim, S. Kim. Multimedia Signal

processing, SciTech media, 2006.

- [5] R.Gonzalez, R. E.Woods . Image processing, Green, Seoul, 2003.
- [6] H. S. Cho, H. Lee, "Choise of Wavelet-Thresholds for Denoising images", The KIPS Transactionsty, Vol. 8, No. 2, pp. 693-698, 2001.
- [7] M. B. Williams, P. Raghunathan, M. J. More, J. A. Seibert, A. Kwa, J. Y. Lo, E. Samei, N. T.Ranger, and L. L. Fajardo, L.L. "Optimization of exposure parameters in full field digital mammography. Med Phys", Vol. 35, pp. 2414-2423, 2008
- [8] D. L. Donoho and J. M. Johnstone, "Ideal spatial adaptation via wavelet Shrinkage", Biometrika, Vol. 81, pp. 425-455, 1994.
- [9] S. Choi, S. J. Ko, S. S. Kang, "Denoising of Digital Mammography Images Using Wavelet Transform", J KSR, Vol. 7, No. 3, pp. 181-189, 2013.

저관전압 CT영상에서 발생하는 노이즈 제거

최석윤

부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과

요 약

두부 CT에서 피폭선량을 줄이기 위해서 저관전압 사용이 요구된다. 그러나 노이즈가 증가하는 현상이 발생해서 2차 데이터 가공 시 오류를 초래할 수 있다. 본 연구에서는 저관전압을 사용하고 노이즈를 줄일 수 있는 방법을 제시하였다. 실험 결과 100kVp 에서 노이즈 값이 높게 나타났고, 140kVp에서 가장 낮게 나타났다. 100kVp에서 선량이 낮게 나타났고, 140kVp에서 선량이 높게 기록되었다. 역치값에 따른 웨이블릿의 적용 결과 웨이블릿 Th30에서 노이즈값은 4.51로 감소하였다.(50% 감소) 100kVp, 회전시간 0.5 sec (선량: 40.64 mGy)파라미터 조건과 웨이블릿 Th 30을 사용하면 65.3%의 피폭선량 감소가 가능하였다. 연구에서 제시한 방법을 두부CT영상에 적용한다면 환자의 안전과 정확한 정보를 해석하는데 도움을 줄 것이라고 판단한다.

중심단어: 두부CT, 문턱치값, 노이즈, 피폭선량