

Effect of Noise on Density Differences of Tissue in Computed Tomography

Yang Won Seok,¹ Son Jung Min,¹ Kwon Su Chon^{2,*}

¹Department of Radiological Science, The Graduate School of Catholic University of Daegu,

²Department of Radiological Science, Catholic University of Daegu,

Received: May 11, 2018. Revised: June 25, 2018. Accepted: June 30, 2018

ABSTRACT

Currently, the highest cancer death rate in Korea is lung cancer, which is a typical cancer that is difficult to detect early. Low-dose chest CT is being used for early detection, which has a greater lung cancer diagnosis rate of about three times than regular chest x-ray images. However, low-dose chest CT not only significantly reduces image resolution but also has a weak signal and is sensitive to noise. Also, air filled lungs are low-density organs and the presence of noise can significantly affect early diagnosis of cancer. This study used Visual C++ to set a circle inside a large circle with a density of 2.0, with a density of 1.0, which is the density of water, in which five small circle of mathematics have different densities. Gaussian noise was generated by 1%, 2%, 3%, and 4% respectively to determine the effect of noise on the mean value, the standard deviation value, and the relative noise ratio(SNR). In areas where the density difference between the large and small circles was greatest in the event of 1 % noise, the SNR in the area with the greatest variation in noise was 4.669, and in areas with the lowest density difference, the SNR was 1.183. In addition, the SNR values can be seen to be high if the same results are obtained for both positive and negative densities. Quality was also clearly visible when the density difference was large, and if the noise level was increased, the SNR was reduced to significantly affect the noise. Low-density organs or organs in areas of similar density to cancers, will have significant noise effects, and the effects of density differences on the probability of noise will affect diagnosis.

Keywords: Early diagnosis of cancer, Tissue density, Noise

I. INTRODUCTION

폐암은 현재 우리나라에서 4번째로 많이 발생하는 암이며 매년 20,000명 이상의 폐암 환자가 증가하고 있다. 2016년 통계청 사망원인의 통계에 따르면 암 사망 1위를 차지하는 암이며 또한 생존율이 향상되지 않는 암이기도 하다.^[1] 폐암의 5년 생존율은 미국에서 14%이고 유럽국가에서는 5~14%이다. 조기 폐암의 5년 생존율은 70%에 달하는데 반해 말기 폐암(병기 IV)의 생존율은 3%에 불과하다 그러므로 조기에 폐암을 발견하는 것이야말로 폐암의 생존율을 증가시키는 가장 효과적이고 유일한

방법이 될 수 있다.^[2]

저선량 Computed Tomography(CT)에서 발견되는 폐암의 60~100%가 제 1병기로 실제 임상에서 제 1 병기 폐암의 진단은 16%에 불과하고 이 시기에 수술적 치유가 가능함을 생각하면 검진의 결과는 폐 유망하다고 생각할 수 있다.^[3]

폐암의 조기 발견을 목적으로 저선량 CT를 시행하고 있다. CT는 흉부 X선 검사에 비해 폐결절을 발견하는데 더 민감하며 저선량 CT는 흉부 X선에 비해 조기 폐암이 약 3~10배 정도 더 발견된다.^[4] 그러나 저선량 CT의 경우 선량을 줄일 수 있는 장

* Corresponding Author: Kwon Su Chon

E-mail: kschon@cu.ac.kr

Tel: +82-53-850-2521

점이 있는 반면 영상의 질이 떨어지며 신호가 약하기 때문에 잡음이 증가 한다는 단점이 발생한다.

방사선장비로 의료영상을 획득할 때 여러 가지 원인으로 인한 잡음(Noise)이 추가 되는 것이 일반적인 현상이며 이러한 잡음을 완전하게 제거하는 것은 불가능하다. 또한 다른 장기에 비해 폐는 우리 몸에서 밀도가 낮은 장기로써 잡음에 의한 영상 진단에 크게 영향을 줄 수 있으므로 본 연구에서는 밀도차이에 의한 노이즈의 영향을 각각 평균 값과 표준편차 값, 신호대잡음비(SNR)로 확인하고자 하며 노이즈에 따른 영상진단에 미치는 영향을 확인하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 밀도차를 이용한 팬텀 구성

밀도차를 가진 수학적 팬텀을 만들기 위하여 프로그램 Visual C++을 이용하여 Fig. 1과 같이 512 × 512 영상 크기를 설정하였으며 2.0의 밀도를 갖는 큰 원 내에 물의 밀도인 1.0을 값을 갖는 원을 설정하고 그 안에 각각 밀도가 다른 작은 5개의 원을 구현하였다. 작은 원 중에 가장 높은 밀도는 양의 밀도 값으로 0.08을 설정하고 가장 낮은 밀도를 음의 값인 -0.08로 설정하였으며 각각의 밀도차이가 0.02가 되도록 시행하였다. 폐와 같이 공기로 채워진 장기는 X선 영상에서 투과율이 높아 어둡게 나타나기 때문에 음수의 밀도까지 포함 하였다. 조직 간의 흡수선량이 비슷한 장기를 예상하도록 큰 원의 밀도와 작은 원의 밀도를 비슷하게 조정하였다.

Fig. 1 (A)의 위쪽 원에서부터 반시계방향의 순으로 밀도차이가 나도록 낮추면서 큰 원과의 밀도차에 의한 잡음의 영향을 확인하며 (B)의 위쪽의 원은 (A)의 가운데 원의 밀도와 같게 설정하고 0.02씩 밀도차이가 발생하도록 하였다. 수학적 팬텀에서 높은 밀도의 값은 밝게 나타났으며 낮은 음의 밀도의 값은 어둡게 나타났다. Fig. 1의 영상은 우리가 육안으로 쉽게 구별할 수 있도록 밀도를 0.25씩 차이를 준 영상이며 본 연구에서는 미세한 밀도차이에서 노이즈의 영향을 확인하기 위해 0.02의 밀도차를 이용한다. 예를 들어 양의 밀도의 수학적 팬

텀 내의 위쪽 원의 밀도는 0.08이며, 왼쪽 원의 밀도는 0.06, 아래 원의 밀도는 0.04, 오른쪽 원의 밀도는 0.02, 가운데 원의 밀도는 1.0이다.

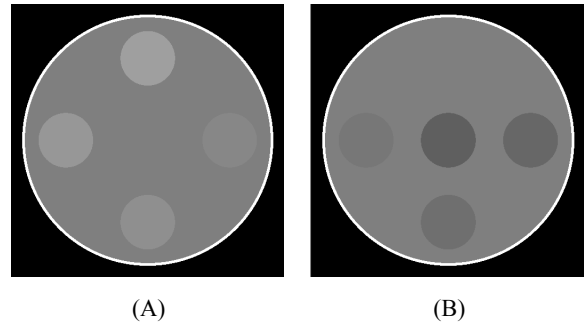


Fig. 1. Numerical Density Phantom for CT.

2. 가우시안(Gaussian) 노이즈 발생

잡음의 특성에 대한 영상을 살펴보기 위해 Gaussian 형태의 무작위 잡음을 사용하였고, 가우시안 노이즈는 원영상에 평균 0 표준편차 가우시안 분포 갖는 난수를 추가하는 것이다. 잡음은 팬텀이 가지는 가장 높은 밀도 값 2.0에 대한 상대 값으로 표시하였다. 예로 잡음 1%는 $(0.02 / 2.0) \times 100\%$ 이므로 잡음 생성 시 가우시안의 표준편차 값을 0.02로 입력한다.^[5] Fig. 2, 3과 같이 1%, 2%, 3%, 4% 잡음을 수학적 팬텀에 랜덤하게 생성하였다.

3. 신호대잡음비(SNR)

모든 신호에는 잡음이 존재하며 신호레벨과 잡음레벨의 비를 표시하는 것을 신호대잡음비(SNR)이라 한다. SNR이 높을수록 노이즈가 작고 신호 값은 높은 것을 의미한다.^[6]

$$SNR = \frac{LesionSI}{Backgrounding Noise SD} \quad (1)$$

신호는 밀도가 다른 작은 원의 영역에 대한 평균 pixel값으로 구하고 잡음은 배경에서 같은 크기의 영역에서 추출한 pixel 값의 표준편차로 구한다. 노이즈가 적다는 것은 신호의 크기가 노이즈 보다 큰 것이며 영상에서 SNR 수치가 클수록 화질이 좋아 육안으로 구분할 수 있는 것을 의미하는 것으로 SNR은 화질평가 하는 기준으로 사용된다.^[7]

III. RESULT

각각의 밀도에서 가우시안 표준편차 값을 각각 0.02, 0.04, 0.06, 0.08로 입력하여 1%, 2%, 3%, 4% 잡음을 발생시켰을 때 큰 원과 작은 원의 밀도차이에 의한 SNR은 Table. 1과 Table.2, Fig. 2와 같다. 1%의 노이즈 발생 시 양의 밀도에서는 큰 원과 작은 원의 밀도차가 크게 나타나는 영역의 SNR이 4.669로 밀도차가 적은 영역의 SNR 값인 1.183 보다 4배 높게 나타났다. 또한 음의 밀도에서도 같은 수치를 보이며 양의 밀도와 음의 밀도는 대칭의 양상을 보였다. 잡음 2%에서는 밀도차 큰 영역과 작은 영역의 SNR 차가 1%의 잡음과 같은 양상을 보였으나 SNR 수치가 2배로 감소하는 것을 알 수 있었다. 3%, 4% 잡음에서는 큰 밀도차와 작은 밀도차의 SNR 차가 1배 정도로 감소하였으므로 Fig. 2에서는 노이즈레벨을 3%까지만 표시하였다.

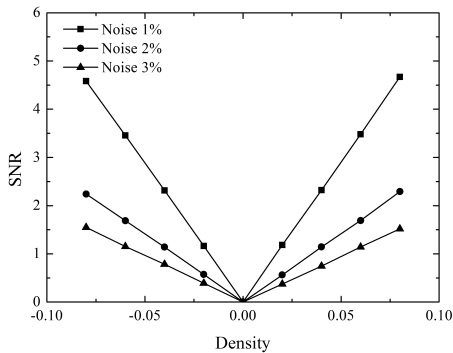


Fig. 2. SNR Value for Density Different.

Table 1. Effect of Noise on Density Differences(0.2% Noise)

Density	Avg	SD	SNR
1.0 - 1.0 * den	1.74738	0.175034	4.33178
1.0 - 1.5 * den	1.62504	0.170557	3.62524
1.0 - 2.0 * den	1.49888	0.170324	2.89656
1.0 - 2.5 * den	1.37228	0.173167	2.16539
1.0 - 3.0 * den	1.2498	0.173289	1.42377
1.0 - 3.5 * den	1.12382	0.171872	0.705633
1.0 - 1.0 * den	1.00093	0.171769	0.00507358

Table 2. Effect of Noise on Density Differences(0.8% Noise)

Density	Avg	SD	SNR
1.0 - 1.0 * den	1.74902	0.689871	1.07403
1.0 - 1.5 * den	1.64046	0.689725	0.918321
1.0 - 2.0 * den	1.49764	0.682603	0.71349
1.0 - 2.5 * den	1.37088	0.689205	0.531676
1.0 - 3.0 * den	1.26716	0.694451	0.379423
1.0 - 3.5 * den	1.14407	0.683904	0.201837
1.0 - 1.0 * den	0.984604	0.701291	-0.0282361

큰 원과 작은 원의 밀도차에 대하여 각각 양과 음의 밀도 영상 측면상은 Fig. 3과 같다. 양의 밀도와 음의 밀도 모두 밀도차이가 크게 나타나는 영역에서 신호 폭이 크게 나타나며 밀도차가 작은 영역에서 신호 폭이 적게 나타나는 것을 알 수 있다. 이 결과로 인하여 밀도차이가 큰 경우 잡음의 영향이 적으며 밀도차이가 작을 경우 잡음의 영향이 크다.

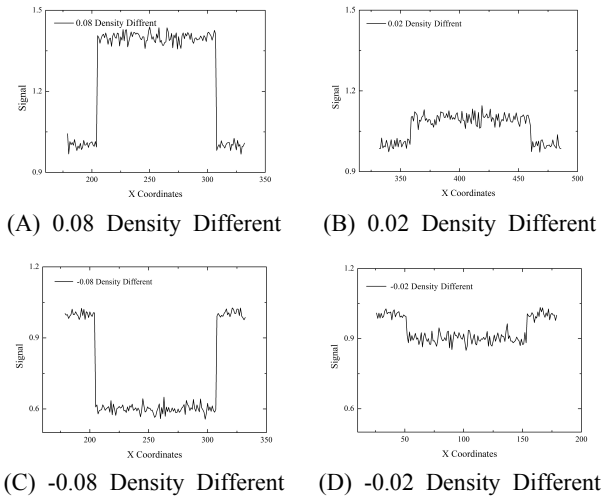


Fig. 3. Profile of Image(1% Noise).

영상의 화질은 Fig. 4와 같이 밀도차이가 큰 영역에서는 잡음이 증가하더라도 육안으로 쉽게 구별이 가능한 반면 밀도차이가 원의 영역에서는 잡음이 조금만 증가하여도 잡음과 영역의 경계가 구별이 힘든 것을 확인 할 수 있었다. 잡음을 4%로 발생 시키는 경우 0.02밀도인 영역에서 잡음의 영향을 쉽게 받았으며 화질이 떨어지는 결과를 초래하였다.

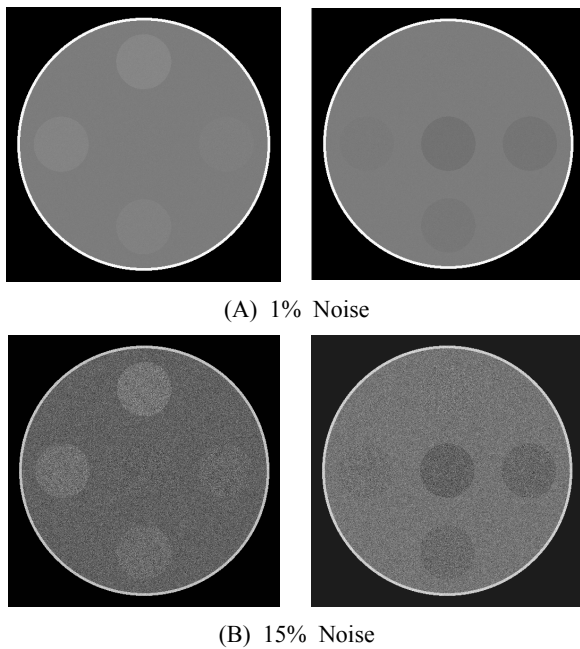


Fig. 4. Effect of Noise on Density Differences.

IV. DISCUSSION & CONCLUSION

높은 밀도와 낮은 밀도 사이에 노이즈의 영향을 평균, 표준편차, SNR을 통하여 확인할 수 있었으며 특히 밀도차가 높은 경우의 SNR과 낮은 경우의 SNR을 비교할 경우 높은 밀도차의 SNR 값이 높은 수치를 나타내었다. 이는 잡음의 영향이 적다는 것을 알 수 있으며 육안으로 쉽게 식별이 가능함을 나타낸다. 또한 낮은 밀도차의 경우에는 SNR 값이 0에 가까운 값을 나타내기 때문에 잡음의 영향을 크게 받는 것을 알 수 있으며 육안으로도 잡음과 구조물의 구별이 쉽지 않음을 알 수 있다. 또한 노이즈가 증가 할수록 밀도의 구분 차이가 작아짐을 확인할 수 있었다. 예를 들어 1%의 잡음에서는 높은 밀도와 낮은 밀도의 SNR비가 4배 이상의 차이가 나는 것에 비해 4%의 잡음이 발생할 경우에는 높은 밀도와 낮은 밀도차의 SNR비가 겨우 1배 정도로 감소되는 것을 알 수 있었다. 밀도차가 적은 장기 또는 암과의 밀도가 비슷한 영역의 간과 같이 조직간 흡수선량이 비슷한 장기는 공간분해능 보다 노이즈 영향이 크게 나타날 것이며 적은 노이즈에도 치명적인 암 오진이 발생할 수 있다. 노이즈를 줄이

기 위하여 선량의 양을 늘리는 방법이 있으나 피폭이 증가하는 단점이 있기 때문에 의료영상의 획득 과정에서 개입된 노이즈를 영상처리필터를 통하여 효과적으로 제거하는 알고리즘을 사용한다면 밀도 차이가 적은 암에 대해서도 노이즈에 의한 영상 판독의 오진이 줄어들 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 교육부(이공학개인기초연구지원사업, NRF-2017R1D1A1B03034970)의 지원에 의해 수행되었음.

Reference

- [1] http://www.lungca.or.kr/eBook/kalc_201612/#page=1
- [2] Annual Report of the Korea Central Cancer Registry. National Cancer Center
- [3] Hye Young Kim, "Lung Cancer Screening", The Korean Society of Radiology, Vol 73, No. 3 pp. 137-149, 2015.
- [4] Lee Hyun-Ju, Jin_Hwan Kim, "Korean Society of Thoracic Radiology Guideline for Lung Cancer Screening with Low-Dose CT", The Korean Society of Radiology, Vol. 67, No. 5, pp. 349-365, 2012.
- [5] G. T. Herman, A. Lent, "Iterative reconstruction algorithms," Computers in Biology and Medicine, Vol. 6, No. 4, pp. 273-294, 1976.
- [6] Min, J. W., Kim K.W., Jeong H.W. "Comparison Study on CNR and SNR of Thoracic Spine Lateral Radiography", Journal of Radiological Science and Technology, Vol. 36, No. 4, pp. 273-280, 2013.
- [7] Lee Eul-kyu, "Measurement of SNR & CNR in Brain MRI Lesion", Graduate School of Public Health, Inje University, 2016.

컴퓨터 단층촬영의 조직간 밀도차이에 대한 노이즈 영향

양원석,¹ 손정민,¹ 천권수^{2,*}

¹대구가톨릭대학교 일반대학원 방사선학과

²대구가톨릭대학교 방사선학과

요 약

현재 우리나라의 암 사망률 중 가장 높은 암은 폐암이며 조기발견이 어려운 대표적인 암이다. 조기 발견을 위하여 저선량 흉부 CT를 활용하고 있으며 이는 일반 흉부 X선 사진에 비해 약 3배 정도 폐암 진단율이 높다. 그러나 저선량 흉부 CT는 영상 해상도가 크게 저하될 뿐 아니라 신호가 약해 잡음에 민감한 단점이 있다. 또한 공기로 채워져 있는 폐는 밀도가 낮은 장기로 잡음의 유무가 암의 조기 진단에 영향을 크게 줄 수 있다. 본 연구는 Visual C++을 이용하여 2.0밀도를 가진 큰 원 내부에 물의 밀도인 1.0을 값을 갖는 원을 설정하고 그 안에 각각 밀도가 다른 작은 5개의 원을 수학적 랜덤화하고 가우시안 노이즈를 1%, 2%, 3%, 4% 각각 발생시켜 밀도차에 의한 노이즈의 영향을 평균 값과 표준편차 값, 신호대잡음비(SNR)로 확인하였다. 1% 노이즈 발생 시 큰 원과 작은 원의 밀도차가 가장 큰 영역의 SNR은 4.669로 노이즈의 영향이 작게 나타났으며 밀도차가 가장 낮은 영역의 SNR은 1.183으로 노이즈의 영향이 크게 나타났다. 또한 음의 밀도차에서도 같은 결과 값을 얻었으며 양의 밀도와 음의 밀도 모두 큰 원과 작은 원의 밀도차이가 높은 경우에 SNR 값이 높은 것을 확인 할 수 있다. 화질 또한 밀도차가 크게 나타났을 때 확연하게 육안으로 확인할 수 있었으며 노이즈레벨이 증가하는 경우에는 SNR이 감소하여 잡음의 영향이 크게 나타났다. 이는 밀도차가 적은 장기 또는 암과의 밀도가 비슷한 영역의 장기는 노이즈 영향이 크게 나타날 것이며 노이즈의 발생 확률에 따른 밀도차이의 영향이 진단에 영향을 끼칠 것으로 사료된다.

중심단어: 암의 조기 진단, 조직의 밀도, 잡음