

가상 그리드 소프트웨어를 위한 X-ray 영상 개선 기법

문혁은, 정예담, 서지수, 김호준
 한동대학교 전산전자공학부
 e-mail : hjkim@handong.edu

An X-ray Image Enhancement Technique for Virtual Grid Software

Hyeokeun Mun, Yaedam Jung, Jisu Seo, Hojoon Kim
 School of Computer Science and Electrical Engineering, Handong Global University

요 약

본 연구에서는 X-ray 영상에서 산란선의 영향을 보정하는 소프트웨어 기법을 제시한다. 영상에서 픽셀값과 에지 요소가 연관된 에너지함수를 정의하고 이를 최적화 하는 방법을 통하여 X-ray 영상을 개선한다. 영상개선 과정에서 추출하는 에지정보의 신뢰성은 응용의 특성과 연관하여 성능에 민감한 영향을 준다. 이에 본 연구에서는 기존의 에지 추출 기법을 통합한 에지 정보 개선 기법을 적용하였으며 실제 X-ray 영상을 사용한 실험결과로부터 제안된 이론의 타당성을 고찰하였다. 이는 X-ray 를 사용한 의료진단에서 산란선 보정을 위한 하드웨어의 기능을 대체할 수 있는 방법으로서 의미를 갖는다.

1. 서론

의료 진단의 신뢰성을 향상시키기 위하여 X-ray 영상을 개선하는 소프트웨어 기법의 연구는 다양한 방법으로 시도되어 왔다[1-3]. 영상의 영역별로 다르게 나타나는 특징들로 인해 발생하는 성능의 차이를 줄이기 위해 패치 개념을 도입하여 영상을 개선하는 연구가 보고된 바 있으며[1], 영상의 미세 영역 대비 효과를 시각적으로 극대화하기 위한 방법으로서, 다중길이 스케일(multiple length scales)에서 X-ray 흡수 정도에 따라 구분되는 흡수 대비(absorption-contrast) X-ray 영상과 제르니케 단계 대비(Zernike phase-contrast) X-ray 영상의 정보를 결합하여 궁극적으로 향상된 나노스케일 영상 대비 효과를 개선하는 연구가 시도되었다[2]. 영상에서 노이즈를 제거하는 방법론으로는 3개의 계층구조를 갖는 MRF 모델이 제안된 바 있으며[3], 양방향 연결구조를 갖는 모델을 구현하여 영상의 복원 기법에 적용하는 연구가 발표되었다[4].

본 연구에서는 그리드를 사용하지 않은 X-ray 영상의 개선을 위하여 MRF(Markov Random Field)모델 기반의 방법론을 제시한다. 세부적으로 영상의 조영개선 효과와 노이즈 제거 효과를 동시에 달성하기 위하여 에지 정보와 픽셀값 정보를 고려하는 에너지함수를 정의한다. 이 과정에서 에지 정보는 픽셀값을 결정하는 판별기준이 되므로 그 정확성은 영상개선 기법의 성능을 좌우하게 된다. 이에 기존의 에지 추출 기법을 적용한 결과를 상호 결합하고 후처리 과정을 통하여 정확도를 개선하였다.

2. 최적화 기법을 이용한 X-ray 영상 개선

산란선 보정을 위한 하드웨어를 사용하지 않은 X-

ray 영상은 영상의 왜곡과 다량의 노이즈를 포함한다. 본 연구에서는 이를 개선하기 위한 방법으로 MRF 모델을 사용하는 최적화 기법을 적용하였다.

MRF 가정으로부터 임의의 영상 ω 에 대한 확률은 식 (1)과 같이 정의 된다. 즉 픽셀값의 샘플링에 의해서 결정되는 영상은 Gibbs 분포식을 나타내는 지수함수로 표현되기 때문에 항상 양의 확률을 갖는다.

$$\pi(\omega) = \frac{1}{Z} \cdot \text{EXP}\left(-\sum_{c \in C} V_c(\omega) / T\right) \quad (1)$$

식에서 Z 는 정규화를 위한 상수이며 V_c 는 포텐셜 에너지 함수, C 는 기준 픽셀과 이웃 픽셀간의 클릭(clique)의 집합을 의미한다. 즉 주어진 영상에 대한 확률은 영상내의 모든 클릭 c 에 대하여 적용한 포텐셜 함수값의 합에 대한 지수함수로 산출된다. T 는 최적화과정에서 파라미터로 적용되는 상수이다. 픽셀값의 샘플링과 최적화과정에서 적용되는 확률 P 는 식 (2)와 같이 정의 된다.

$$P = e^{-\Delta E/T} \quad (2)$$

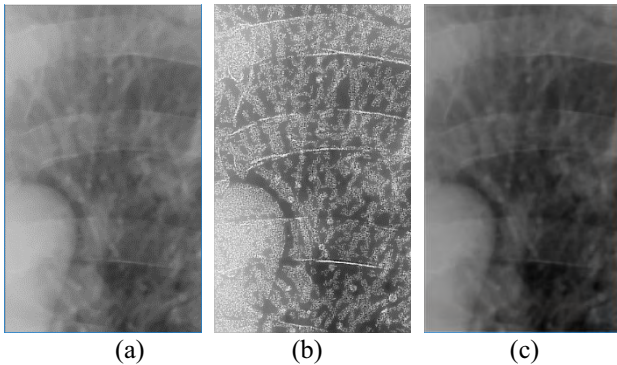
영상개선 과정은 상태 변환과정 중에 대상 픽셀위치에서 에지정보에 따라 조건부로 두가지 형식으로 이루어 진다. 우선 위치 s 에서의 에지값 L_s 가, 설정된 임계치 L^{th} 보다 작으면, 다음 포텐셜 함수를 적용하여 MRF 기반 최적화 과정을 수행한다.

$$V_c(X_s) = \begin{cases} +\zeta & \text{if } (|X_s - X_r| > D) \\ -\zeta & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

식에서 D 는 에지여부를 판단하는 기준값이며, ζ 는 양의 상수 값이다.

3. 에지정보 추출 및 개선

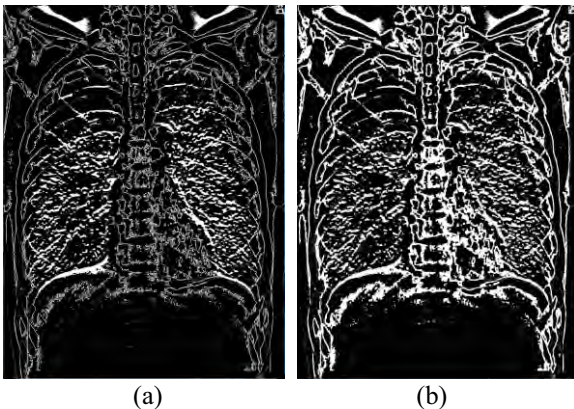
제안된 방법에서 에지정보의 정확성은 영상개선 기법의 성능을 좌우한다. (그림 1)은 적용된 에지정보의 특성에 따라 나타나는 영상 개선 효과의 왜곡현상을 보인 것이다. 그림에 보인 바와 같이 과도하게 추출된 에지정보는 윤곽선을 지나치게 강화하고 노이즈를 발생시킬 수 있으며, 반면 누락된 에지정보는 영상에서 미세한 윤곽선을 소실시키는 현상을 야기할 수 있다. 이에 본 연구에서는 기존의 소벨(Sobel) 연산자, 캐니(Canny)연산자 및 스카(Scharr) 연산을 적용한 에지 추출 결과를 결합한 데이터에서 누락된 에지를 복원하는 과정과 노이즈를 제거하는 과정을 구현하였다.



(그림 1) 에지 정보의 특성에 따른 영상 개선 효과의 변화: (a) 입력 영상, (b) 과도 추출된 에지 적용 영상, (c) 누락된 에지 적용 영상

4. 실험 결과 및 고찰

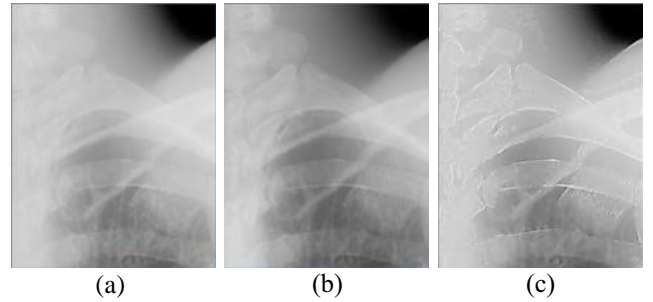
(그림 2)는 세가지 에지 추출 결과를 통합한 에지 영상과 이를 개선한 결과이다. 그림에 보인 바와 같이 미세한 에지정보를 모두 포함하고, 폐 영역, 심장 영역 및 복부 영역 모두 균일하게 추출되었음을 알 수 있다.



(그림 2) 에지 정보 개선 기법을 적용한 결과: (a) 통합된 에지 영상, (b) 개선된 에지 영상

이러한 에지 정보를 활용하여 MRF 기반 영상개선 기법을 적용한 실험 결과를 (그림 3)에 보였다. 그림에 보인 바와 같이 영상개선 실험 결과와 X-ray 그리드 장비를 적용한 결과를 비교하였다. 실험 결과 최초 영상에서 조영 개선효과를 통하여 선명도가 높아지고 노이즈가 상당 부분 제거됨을 알 수 있다. 또한

제안된 방법을 사용함으로써 그리드를 사용한 경우와 유사한 수준으로 영상의 질을 개선할 수 있음을 알 수 있다.



(그림 3) 영상 개선 기법 실험 결과: (a) 입력영상, (b) 그리드를 사용한 영상, (c) 개선된 영상

5. 결론

X-ray 영상 개선의 핵심은 조영효과의 개선과 노이즈를 제거하는 과정에 있다. 본 연구에서 제안한 방법은 기존의 전형적인 조영개선 기법을 고려하지 않고, MRF 모델 기반의 최적화 기법 중심의 X-ray 영상 개선기법을 제시하고 그 유용성을 고찰하였다. 에지 정보의 소실이나 왜곡을 방지하기 위하여 각 픽셀에 대하여 해당위치의 에지 요소를 고려한 에너지 함수를 적용하였으며, 에지추출 과정에서 세가지 연산을 결합함으로써 신뢰도를 향상시켰다.

X-ray 그리드를 사용하는 산란선 제거 기능을 대신할 소프트웨어적 기술로서 영상 개선 기술은 X-ray 를 사용하는 의료 진단기기의 활용성을 증대시킨다. 그렇지만 이러한 후처리 과정으로 이루어지는 소프트웨어 기법은 산란선의 영향으로 인해 원 입력영상에 포함되는 일부 정보가 소실 또는 왜곡될 수 있음을 가정한다면, 기존의 하드웨어 그리드 장치에 의한 기능을 완전히 복원할 수는 없다. 따라서 이동형 진단이나 그리드 정렬이 어려운 환경에서 적용할 수 있는 보완적인 방법으로 고려될 수 있을 것이다.

※ 이 논문은 미래창조과학부의 소프트웨어중심대학사업 (2017-0-00130)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] Paolo Irrera, Isabelle Bloch, Maurice Delplanque, "A flexible patch based approach for combined denoising and contrast enhancement of digital X-ray images," *Medical Image Analysis* 28, pp.33-45, 2016.
- [2] Oluwadamilola O. Taiwo, Donal P. Finegan, Jeff Gelb, Christian Holzner, Daniel J.L. Brett, Paul R. Shearing, "The use of contrast enhancement techniques in X-ray imaging of lithium-ion battery electrodes," *Chemical Engineering Science* 154, pp. 27-33, 2016.
- [3] Yang Cao, Yupin Luo, Shiyuan Yang, "Image denoising based on hierarchical Markov random field," *Pattern Recognition Letters*, Vol.32, No.1, pp.368-374, 2011.
- [4] S. Yousefi, N. Kehtarnavaz, Y.Gao, Q. R. Razlighi, "Bilateral Markov meah random field and its application to image restoration," *Journal of Visual Commun. Image R.*, Vol.23, No.1, pp.1051-1059, 2012.