엑스선 의료영상의 다이내믹 레인지 조절 알고리즘

박상욱, 주희진, 손정우
대구경북첨단의료산업진흥재단 첨단의료기기개발지원센터
e-mail : swpark@dgmif.re.kr

X-ray Medical Image Dynamic Range Adjustment Algorithm

Sangwook Park, Hui Jin Joo, Jeongwoo Sohn
Medical Device Development Center, Daegu-Gyeongbuk Medical Innovation Foundation

요 약

엑스선 영상의 명암 차를 조절하는 다이내믹 레인지 조절 알고리즘은 병변의 부위 크기를 진단하는데 직접적인 영향을 준다. 그러므로 의료 영상을 통한 정확한 진단을 위해 원본 영상의 왜곡 없이 적절한 다이내믹 레인지로 조절하는 알고리즘은 의료 영상 획득의 중요한 과정 중 하나이다. 본 논문에서는 엑스선 의료영상의 다이내믹 레인지를 효과적으로 조절하는 알고리즘을 제시한다. 먼저 영상의 히스토그램 중에 최대값에 해당되는 밝기 값을 구한다. 다음으로 해당 밝기 값을 중심으로 적합한 로지스틱 함수를 적용하여 순람표를 만든다. 계산된 순람표를 적용하여 최종 밝기 값을 구하여 의료 진단에 최적인 다이내믹 레인지를 갖는 영상을 획득할 수 있었다.

1. 서론

이동형 엑스선 투시 장치와 같은 장비 엑스선 영상 진단 장치는 엑스선(X-ray)이 인체를 투과하면서 감쇄되는 정도를 측정하여 인체 내부 구조를 평면화된 영상으로 제공하는 의료기기이다[1]. 비록 엑스선 의료영상은 일반적인 영상 장비에서 사용하는 가시광선이 아닌 엑스선을 사용해 획득되기는 하나, 영상 획득에 사용되는 영상증배관(Image Intensifier Tube)와 CCD 센서 또는 평판디지털터(Flat Panel Detector) 모두 산업용 영상에서 사용되는 것과 동일한 이미징 센서가 사용된다. 그러므로 엑스선 의료 영상 처리 과정은 대부분 일반적인 산업용 CCD 또는 CMOS 센서의 영상처리 과정과 유사한 과정을 거치게 된다. 특히 엑스선 영상의 다이내믹 레인지 조절 알고리즘도 일반적인 영상처리에 적용되는 알고리즘 방식[2]과 크게 다르지 않다. 일반적으로 사용되는 다이내믹 레인저 조절 알고리즘으로는 히스토그램 평탄화 또는 [3]에서 제시한 알고리즘 등이 있다. 본 논문에서는 엑스선 의료 영상 진단에 적합하도록 히스토그램의 최대값과 사용자가 선택 가능한 로지스틱 함수를 적용한 다이내믹 레인지 조절하는 알고리즘을 제안한다.

2. 히스토그램 최대값과 로지스틱 함수를 사용한 다이내믹 레인지 조절 알고리즘

의료영상저장전송시스템(Picture Archiving and Communication System)과 같은 의료 영상 진단에 편리하고 적합한 다이내믹 레인지 조절 알고리즘을 개발하기 위해 다음의 몇 가지 요구사항을 만족하도록 하였다. 첫째, 다이내믹레인지 조절 후 히스토그램의 중심 값은 유지가 되도록 한다. 둘째, 다이나믹 레인지 조정 후, 히스토그램의 전체적인 모양이 변형되지 않도록 한다.

위의 첫 번째 조건을 만족하는 히스토그램의 중앙값을 구하기 위해 다음의 수식 (1)과 (2)를 만족하는 히스토그램에서의 밝기값 $I_{\max}$ 을 구한다.

$$I_{\max} = \arg\max_{x} N(x) \tag{1}$$

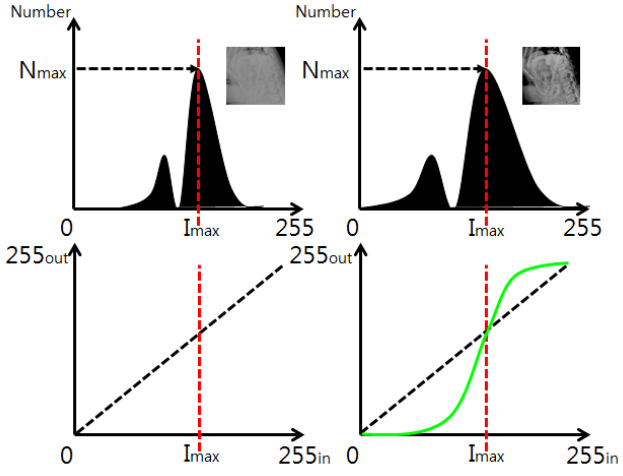
$$H_{\text{median}} - H_{\text{width}} < x < H_{\text{median}} + H_{\text{width}}, \tag{2}$$

여기서 $N(x)$ 는 밝기값에 해당하는 히스토그램의 값으로써 y 축에 해당하는 값이고, H_{median} 은 히스토그램 밝기값(x 축)의 중간값으로써 255 또는 65536 의 중간값이고, H_{width} 값은 영상의 중간 밝기 값에서 $I_{\max}$ 가 결정되도록 하는 범위 폭의 값이다.

다음으로 두 번째 조건을 만족하도록 하기 위해 그림 1 의 우측 하단부에 녹색 곡선과 같은 입력 밝기 값과 출력 밝기 값의 대응관계에 해당하는 함수는 단조 증가하는 함수를 선택하여 다이내믹 레인지 조정 후에 히스토그램의 전체적인 모양이 입력 모양과 다르게 왜곡하는 것을 방지한다. 두 번째 조건을 만족하는 대응 함수로서 본 논문에서는 다음의 수식 (2)와 같은 로지스틱 함수를 사용한다.

$$I_{out} = \frac{H_{\max}}{1+e^{-k(I_{in}-I_{\max})}}, \qquad (2)$$

여기서 $H_{\max}$ 은 히스토그램의 최대값이고 $I_{\max}$ 는 수식 (1)에서 사용된 동일한 값이며, k 는 곡선의 경사도를 결정하는 조절 파라미터로서 다이내믹 레인지 조절을 얼만큼의 강도로 수행할지를 정하는 값이다.

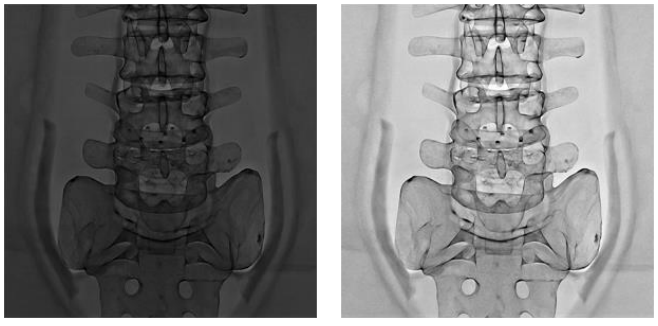


(그림 1) 다이나믹 레인지 조정 전과 후의 히스토그램과 밝기값 대응 함수의 곡선

위의 그림 1 의 좌측 영상과 같은 입력 영상과 좌측 하단부의 검은색 점선의 항등 함수가 있을 경우 우측 영상과 같은 히스토그램 결과를 얻기 위해 우측 하단부의 녹색 곡선에 해당하는 대응 함수에 해당하는 순람표를 작성한 후 출력 밝기 값을 구하게 된다.

3. 실험결과 및 결론

본 실험은 대구경북첨단의료산업진흥재단 첨단의료기기개발지원센터의 융합의료영상지원실에서 보유한 SIEMENS Artis Zee Biplane Angiography 영상 장비를 통해 촬영한 요추 및 둔부 팬텀 영상에 대해 수행되었다. 그림 2 에서 보는 바와 같이, 제안된 알고리즘을 적용한 후에는 요추 및 둔부 영상에 대한 적절한 다이내믹 레인지 조정이 수행되어 영상의 시인성이 향상된 것을 확인할 수 있다.



(그림 2) 요추 및 둔부 팬텀에 대한 다이나믹 레인지 조정 전(좌측)과 제안된 알고리즘 적용 후(우측)

제안된 다이내믹 레인지 조정 알고리즘을 통해 엑스선 의료 영상에서의 진단 효율성을 높이기 위한 시인성이 향상된 것을 확인할 수 있었다. 제안된 알고리즘은 히스토그램의 중심 값을 찾은 후 로지스틱 함수를 적용하여 다이내믹 레인지를 조정하는 순람표를 생성하여 계산된 순람표에 따라 출력 영상의 밝기값을 다시 생성하였다. 향후에는 시인성이 우수한 영상으로부터 히스토그램을 구하여 이를 참조하여 촬영된 엑스선 영상의 다이내믹 레인지를 조정하는 알고리즘에 대해 추가로 연구할 필요가 있다.

Acknowledgement

이 논문은 2016 년도 산업통상자원부 글로벌전문기술개발사업 첨단의료기기개발지원사업 대구경북첨단의료기기개발지원센터 인프라를 활용한 공동개발지원과제 수요자맞춤형공동연구개발지원과제 (과제번호: 10049767)의 지원으로 수행됨.

참고문헌

[1] 한국보건산업진흥원, "엑스선영상진단장치(Diagnostic X-Ray System) 국내외 시장분석," 보건산업브리프 의료기기 · IT 헬스 VOL.29, 2014 년 11 월 28 일

[2] Gonzalez, R.C., P. Wintz, "Digital Image Processing," 2nd Ed., Addison-Wesley, Reading:MA, 1987

[3] P.E. Debevec and J. Malik, "Recovering high dynamic range radiance maps from photographs," In Proceedings of SIGGRAPH 97, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, pp.369–378, 1997