

3차원 뼈 모델링을 위한 2차원 X-ray 영상 분할

정준영, 최익창, 윤병주, 김현덕
 경북대학교 전자공학부
 e-mail:hyundkim@ee.knu.ac.kr

2D X-ray Image Segmentation for 3D Image-based Bone Modeling

Jun Young Jung, Ick Chang Choi, Byoung-Ju Yun, Hyun Deok Kim
 School of Electronics Engineering, KyungPook National University

요 약

본 논문에서는 2차원 X-ray 영상을 이용하여 3차원 영상을 얻기 위한 전처리 과정으로 2차원 X-ray 영상에서 원하는 뼈 영상을 분할하기 위한 능동적 대퇴골 분할 기법에 대해 제안하고 구현하였다. X-ray 영상의 주된 화질 저하 요인인 잡음을 제거하고 에지 및 밝기 검출을 통하여 정확하고 빠른 뼈 영상 분할 기법을 구현하였고 대퇴골 영상을 통해 검증하였다. 이를 통해 최소한의 2차원 X-ray 영상을 이용하여 3차원 뼈 모델링을 구현하는데 필요한 뼈 영상을 획득하였다.

1. 서론

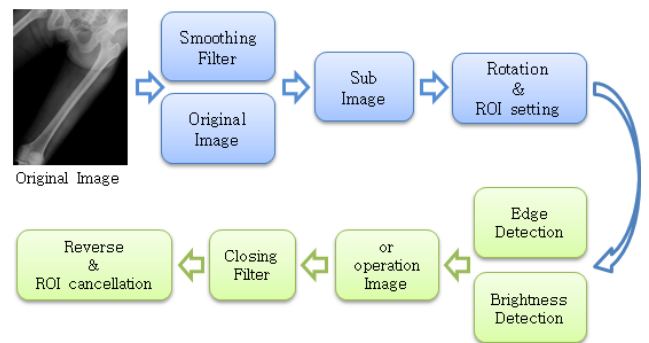
3차원 영상의 경우 2차원 영상과 다르게 구체적인 시각 정보를 전달하는데 용이하며, 게임 및 문화 산업 영역 뿐만 아니라 의료 분야에서도 3차원 영상에 대한 관심이 높아지고 있다. 최근 의료 분야에서는 의료의 질을 향상시키기 위해 3차원 의료 영상의 활용이 증가하고 있는 추세이다[1]. 하지만 현재 3차원 영상을 이용하는 의료 장비들의 경우 여러 장의 2차원 영상을 촬영한 뒤 후처리 과정을 통해 3차원 영상으로 변환하여 사용하고 있다. 그 결과 시간이 오래 소요되며 비용이 많이 드는 단점이 있다. 또한 여러 장의 2차원 영상 획득을 위한 다량의 방사능 노출 및 수술 시간 증가 등의 문제점이 있다[2]. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 본 논문에서는 최소한의 2차원 X-ray 영상을 이용하여 3차원 영상을 얻기 위한 전처리 과정으로 능동적 뼈 영상 분할 기법을 제안하고 구현하였다.

2. 2차원 X-ray 영상 분할

최소한의 2차원 영상을 이용하여 정확한 3차원 의료 영상을 획득하기 위해서는 2차원 영상의 정확한 분할이 필요하다. 골절 정복 수술에서 주로 사용되는 C-arm과 같은 DR(Digital Radiography)장비를 통해 얻어지는 2차원 X-ray 영상은 8bit 그레이 레벨 영상으로 피부조직과 각종 근·골격들의 표현에 한계가 있으며, 장비에서의 내·외적인 요소들로 인한 잡음이 포함되어 원하는 정확한 뼈 영상을 구분하기 어렵다. 또한, 같은 뼈의 경우에도 방향에 따라 다른 밝기 값을 보이는 경우가 많아 영상을 분할하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 X-ray 영상의 잡음을

제거하고 영상의 밝기와 에지 정보를 이용하여 원하는 뼈 영상의 분할을 수행하였다.

그림 1은 원하는 영역의 정확한 뼈 영상 획득을 위해 본 논문에서 제안한 2차원 X-ray 영상 분할 기법의 블록 다이어그램이다.



(그림 1) 2차원 X-ray 영상 분할 기법 블록 다이어그램

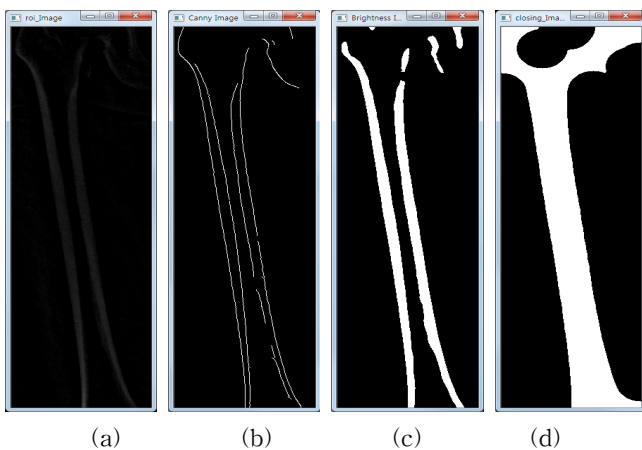
본 논문에서는 골절 정복 수술 중 정복이 어렵고 많은 시간이 필요한 대퇴골 뼈를 예로 들어 구현하고 검증하였다. 대퇴골을 촬영한 2차원 X-ray 영상은 피부조직과 무릎, 골반 등의 각종 근·골격들이 함께 포함되어 있다. 정확한 골절 정복 수술 및 판독을 위해 필요한 대퇴골 영역만을 분할하기 위해서 다음과 같은 처리 과정을 거친다.

먼저 원 영상과 스무딩(smoothing) 필터를 적용한 영상의 차 영상을 생성하여 대퇴골체와 피부조직을 대략적으로 구분 지어준다. 그리고 2차원 X-ray 영상 분할의 처리 시간을 단축하고 정확도를 높이기 위해서, 생성된 차 영상의 대퇴골 영상을 수직이 되도록 회전 시켜주고, 대퇴골

주변 영역을 관심영역(region of interest, ROI)으로 지정한다.

X-ray 영상의 경우 오차를 최소화시키고 결과 영상의 품질을 향상시키기 위해서 정확한 에지 검출이 필요하여, 잡음에 대해 민감한 특성을 갖는 X-ray 영상의 에지 검출에 적합한 캐니 에지 검출기를 이용하였다. 일반적으로 에지 검출기의 경우 잡음에 대해 매우 민감한 특성을 지니고 있는데 캐니 에지 검출기의 경우 실제 모든 에지를 탐지하면서도 탐지된 에지와 실제 에지의 차이를 최소화하며 각 에지에 대하여 단일한 응답을 가진다[2]. 또한 뼈 조직과는 달리 비교적 에지가 선명하고 짧게 나타나는 근육조직을 분할하기 위하여 중간값 필터링을 병행하여 적용하였다.

영상의 회전과 관심영역이 설정된 그림 2의 (a)영상에서 캐니 에지 검출기를 적용시킨 영상이 (b)영상이다. 대략적인 대퇴골의 경계를 구분할 수 있음을 확인하였다.

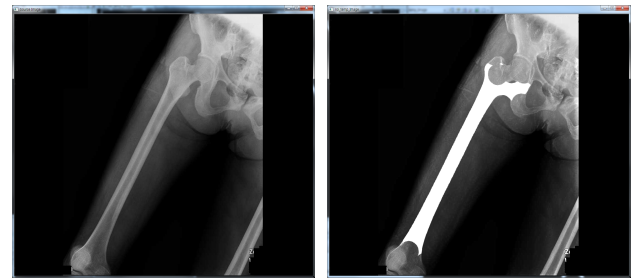


(그림 2) 2D X-ray 분할 기법 과정
 (a) 관심 영역 영상 (b) 캐니 에지 영상
 (c) 밝기 검출 영상 (d) 닫힘 연산 영상

캐니 에지 검출기만을 이용할 경우 국부적으로 에지가 잘 드러나지 않는 경우가 발생하여 원하는 결과를 얻지 못하는 경우가 발생한다. 또한 DR장비를 통해 획득한 X-ray 영상의 평균 밝기 값을 살펴보면 각기 다른 밝기 특성을 보이는데 이러한 문제점들을 보완하기 위해서 에지뿐만 아니라 밝기 검출을 동시에 이용하였다.

밝기 검출에 필요한 최적의 임계값(threshold)은 여러 장의 X-ray 영상 히스토그램을 분석하여 영상 전체의 밝기 특성 및 관심영역의 평균 밝기 값을 계산하여 도출하였다. 이렇게 도출한 임계값을 통해서 이진화 과정을 거치게 된다. 그림 2의 (c)영상은 이진화 과정을 거친 밝기 검출 결과 영상이다.

그림 2의 (d)영상은 촬영된 대퇴부 2차원 X-ray 영상에서 에지 및 밝기 검출을 통해 얻어낸 두 영상을 논리합 연산과 닫힘 연산을 적용시켜 분할한 대퇴골 영상을 보여준다.



(a) 원 영상 (b) 결과 영상
 (그림 3) 분할된 대퇴골 영상

마지막으로 분할된 대퇴골 영상의 정확도를 확인하기 위해 영상의 회전 및 관심영역을 해제하여 그림 3의 원 영상 (a)와 분할된 대퇴골을 합친 결과 영상 (b)를 비교해 보았다. 두 영상을 비교하기 위해서 대퇴골 영상의 크기를 픽셀 값으로 비교했을 때 1~3pixel의 오차로, 오차가 거의 없는 것을 확인할 수 있었다. 이로써 2차원 X-ray 영상에서 원하는 영역의 뼈 영상을 정확히 분할할 수 있음을 확인하였다.

3. 결론 및 기대효과

본 논문에서는 2차원 X-ray 영상을 이용하여 3차원 영상을 얻기 위한 전처리 과정으로, 2차원 X-ray 영상의 주된 화질 저하 요소인 잡음을 제거하고 에지 및 밝기 검출을 통해서 능동적 뼈 영상 분할 기법을 구현하였다. 구현 결과 1~3pixel 범위의 오차로 빠르고 정확한 분할 영상을 얻을 수 있었다.

또한 구현된 영상 분할 기법을 통해 획득한 2차원 뼈 영상을 이용하면 최소한의 X-ray영상으로 3차원 영상 모델링을 할 수 있다. 이를 통해 다량의 X-ray 영상을 필요로 하는 골절 정복 수술에서, 수술 시간을 단축하고 X-ray 촬영에 따른 환자와 의료진의 방사선 피폭량을 줄여 의료 질을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 “초광역 연계3D융합산업육성사업”의 지원을 받아 수행된 연구결과임.

참고문헌

- [1] Man Bae Kim, Seong Eun Jang, Woo Keun Lee and Chang Yeol Choi “3D Stereoscopic Image Generation of a 2D Medical Image” 방송공학회논문지 제 15권 제 6호
- [2] Canny, J. “A Computational Approach To Edge Detection” IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(6):679 - 698, 1986.
- [3] Ji Wan Kim “Radiation Exposure to the Orthopaedic Surgeon during Fracture Surgery” 대한정형외과학회지 제 45권 제 2호