

인체분절계수 추정을 위한 CT 영상기반 3D 분석도구 개발에 관한 연구

A Study on Development of 3D Analysis Tool for Estimation of Body Segment Parameter

박성빈, 정경렬, 최준호, 김사엽
한국생산기술연구원

Park Seong Bin, Chung Kyung-Ryul, Choi Chunho,
Kim sa-yup
Korea Institute of Industrial Technology

요약

인체의 질량분포, 부피, 무게중심 등은 운동역학적 변인들을 분석하기 위한 중요한 파라미터로 활용된다. 본 연구는 이러한 파라미터, 즉 인체분절계수를 추정하기 위한 분석도구의 개발에 관한 연구이다. 분석은 CT촬영을 통해 얻어진 2차원 의료영상데이터에 대해, 영상정보를 읽어 watershed 알고리즘을 통해 체성분에 따라 지방조직, 뼈조직, 근육조직에 따른 영역정계를 반 자동으로 구분할 수 있다. 분절계수의 추정은 최종적으로 확보한 영상에 대해, 분절경계면을 구분하여 이에 따른 질량, 부피 및 무게중심에 대한 비율을 계산하고 결과는 CSV 타입으로 저장한다. 개발된 분석도구는 연구목적에 따라 다양하게 분절화가 가능할 뿐만 아니라 영상데이터의 확보를 통해 인체분절계수 데이터베이스의 확장 구축에 기여할 수 있다.

I. 서론

인체측측을 통한 인체의 질량분포, 부피, 무게 중심 등 운동역학적 변인들을 분석하기 위한 파라미터 즉, 인체분절계수(Body Segment Parameter, BSP)들은 스포츠, 무용과 같은 목적적이고 의도적인 인체동작뿐만 아니라 재활, 정형외과 등 의학영역을 비롯하여 인간과 관련된 모든 공학영역의 내용을 포함하는 포괄적이며 광범위하게 적용되는 요인들이다. 이러한 요인들을 얻기 위한 연구는 사체해부에 의한 실측법, 생체의 실측법, 수학적 모델에 의한 방법들이 있다. 국내의 경우 MRI 촬영법에 의한 연구를 비롯하여[1], 침수법, 평형측정판법 등에 의해 수행되었으며[2] 사체해부에 의한 실측법에 대한 연구는 Dempster, Clauser 등 많은 외국학자가 사체를 해부하여 자료를 제공하였다[3].

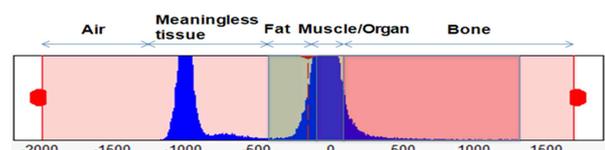
하지만 실측법의 경우 추가적인 표본의 확보에 대한 실측 시 많은 시간이 요구되며, MRI, CT 등 의료영상에 대한 분석결과를 정해진 인체의 분절에 대한 예측모델을 판단할 수 있기 때문에 연구의 목적에 따라 인체분절의 수에 변화를 주어야 할 경우 새로운 예측모델을 판단할 수가 없는 어려움이 있다.

본 연구에서는 이러한 단점을 해결하기 위해 의료영상기반의 3D 분석도구를 개발하였다. 의료영상의 경우 표준영상포맷인 DICOM형태로서 파일(file)형태로 보존할 수 있기 때문에 언제든지 재사용이 가능하며 영상데이터의 형태만 일치할 경우 추가로 얻어지는 데이터를 충분히 활용할 수 있기 때문이다.

분석도구의 주요 개발언어는 Visual C++(2008)이며 개발 절차는 영상에 대한 이미지 파싱, 2차원 영상 구역화, 3차원 영상 재구성, 분절별 구획화, 구획별 분절계수 산출의 순으로 진행하였다. 2D 의료영상 데이터인 사체 데이터를 파싱, 즉 DICOM파일에 대한 이미지정보를 분석하기 위해 DCMTK의 오픈 소스를 이용하여 구현하였다.

DICOM이미지를 구역화 하기 위해서는 전(前)처리 과정을 거쳐야하는데 이는 CT 계수를 조정하는 것과 ROI 영역을 선택하는 것이다. 본 연구에 사용된 DICOM 이미지는 시신을 이용하였기 때문에 CT촬영 시 목관, 베일 또는 줄 등으로 시신을 고정시키는 장치들이 함께 촬영되어 반자동기반으로 ROI를 지정할 수 있도록 개발하였다.

구역화 과정은 체성분 조직별 CT이미지를 구역화하는 것이다. 먼저 각각의 조직(근육, 지방, 뼈)에 따라 CT 계수를 분류하였다. CT 영상은 HU(Hounsfield Unit)을 통하여 수치 값이 산출하였다. 최근 CT영상은 확대 상수를 2000 이상으로 확대 가능하지만, 본 영상은 장기간 냉동 처리되어 조직 및 성분 구성에 변화가 나타나 정확한 CT 계수를 추정할 수 없었다. 본 연구에서는 Heuristic Analysis를 통하여 CT 계수를 히스토그램기반으로 thresholding 하여 계산하였다(그림1).



▶▶ 그림 1. 조직 성분별 CT 계수 분포 히스토그램

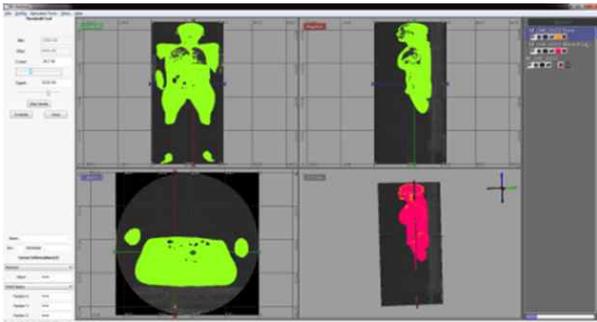
II. 연구방법

CT 계수 범위를 추정하기 위한 기준 영상으로 요추(L3-L4)의 중간에 해당되는 프레임을 선정하였으며, 모든 장기 및 근육과 뼈조직이 다양하게 분포되어 있어서 영상을 분석하기 용이하기 때문이다.

또한 2D 영상을 3D로 복원하기 위해 watershed 알고리즘을 적용하여 동일 조직에 대한 경계선을 검출한 후 상호매핑을 통해 삼각 메쉬기반의 볼륨을 구성하였다. 몸 전체에 대한 볼륨 구성 과정은 구역화된 이미지의 경계선을 기반으로 3D 영상으로 표면을 재구성하였다. 물체의 곡면은 삼각메쉬를 이용하였으며, 표면은 MeshGeometry3D 객체를 이용하여 정의하였다. 3D 렌더링은 Ambient Light 클래스를 이용하여 표현하였으며 전체적인 3D 화면은 Viewpoint3D 요소안에서 정의하였다.

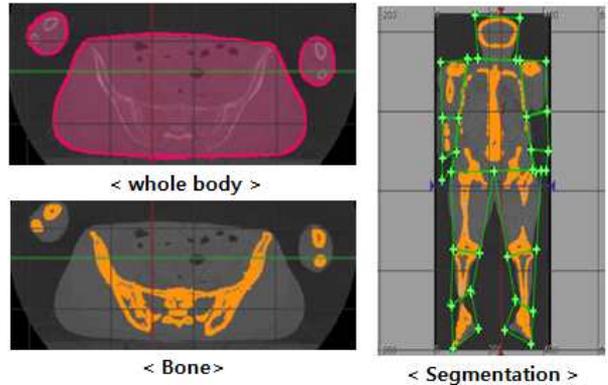
III. 연구결과

개발된 분석도구는 Window 7 환경에서 화면해상도는 1920*1080, 메모리 2G DDR, CPU는 2G(Dual Core), Graphic은 OpenGL 3.X 이상에서 구동이 가능하다. 분석도구의 작업창 구성은 작업정보(left), 영상정보(right), View(좌측 상단부터 시계방향으로 관상면, 시상면, 3D 시각화면, 축면)로 지정하였다. 영상 파일을 불러 온 후 자동으로 지정된 영역에 대한 CT 계수를 조정하여 ROI를 설정한다(그림 2). 또한 영상의 해상도에 따라 ROI가 정확히 구분되지 않을 경우 Paint Brush를 이용하여 ROI를 재구성한다.



▶▶ 그림 2. 3D 모델링된 의료영상에 대한 ROI 설정

영상을 대상으로 한 ROI의 설정(그림 3, 좌)이 끝나면 원하는 분절별로 경계면을 선정한다(그림3, 우). 분절경계면을 선정하기 위해 네 개의 포인트를 지정하면 Square가 생성된다. 지정된 각각의 포인트는 마우스를 이용함으로써 분절경계선의 미세조정이 가능하다. 그리고 이 분절경계면을 통해 추출된 영역(LOD, Legion of Detection)으로부터 영상 화소(Voxel)의 특성에 따라 질량, 부피, 무게중심에 대한 수치를 추정하며 그 결과는 CSV 파일로 저장한다.



▶▶ 그림 3. 체성분별 영역 검출 및 분절별 구획화

IV. 결론

본 연구는 한국성인의 인체분절계수(BSP)를 추정하기 위해 CT 영상 기반의 3D 분석도구 개발에 관한 연구이다. 분석도구의 주요 목적은 2D 영상으로 측정된 CT영상을 읽고 체성분 별로 영상을 분할하고, 이를 3D 영상으로 재구성하며 이 과정을 통해 질량, 부피, 무게중심과 같은 인체분절계수를 추정하는 것이다.

향후 본 연구는 3D 모델의 상세화 기능을 강화하기 위하여 향상된 영상처리기법에 대한 추가 연구가 필요하며 또한, 자동화된 인체분절 및 분석을 통하여 보다 쉽게 인체분절계수를 분석할 수 있는 알고리즘 개발이 필요하다.

■ 후 기 ■

위 논문은 문화체육관광부의 스포츠산업기술개발사업에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금을 지원받아 연구되었습니다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 정철정, 한국 성인남자의 생체역학적 신체분절 모수치 산출, 박사학위 논문, 서울대학교 대학원, 1993
- [2] 박수찬, 박세진, 한국인 성인 (20~39세)의 신체분절 특성에 관한 연구, 한국체질인류 학회지, 제9권, 제1호, pp.91-99, 1996
- [3] W. T. Dempster, Space requirements of the seated operator, Wright Air Development Center, TR-55-159, Ohio, Wright-Patterson Air Force Base, 1955
- [4] 김영섭, 한규범, 백운수, 스네이크를 이용한 영역 기반 물체추적 알고리즘, 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, B권, pp.307-312, 2001
- [5] 이재연, 박현상, 나종범, X선 단층촬영영상 분할을 위한 Seed 추출기법, 대한전자공학회, 대한전자공학회 학술대회 논문집, 제11권, 제1호, pp.3-6, 1998.