

CT/MRI 영상에서의 이미지 추출-분석 시스템

곽호영*, 허지순**

Extract and Analysis System for CT/MRI Images

Ho-Young Kwak*, Jisoon Huh**

요 약

오늘날 사용하고 있는 의료용 영상의 대부분은 주로 병변을 확인하기 위한 수단으로 이용되고 있는데, 이러한 의료용 영상을 병변 확인뿐만 아니라 학술적 연구나 외과적 수술 처치를 위한 분석 및 참고 자료로 이용할 수 있다. 면 의학적 학술 연구에 도움을 줄 수 있으며, 외과적 수술 처치 및 치료에서 선행 시뮬레이션을 통하여 처치 오류를 줄일 수 있다.

따라서 본 논문에서는 의료용 이미지 영상에 대해 해당 영상에서 필요한 부분을 벡터 형식의 점(point cloud)들로 추출하고, 이들 벡터 정보를 이용하여 연구나 진료 및 수술에서 필요한 정보로 가공하여 시뮬레이션이 가능하도록 하는 시스템을 설계하고 구현함으로써 학술적 연구나 환자에 대한 진단 처치에 보다 효율적으로 접근할 수 있는 방법을 제공하고자 하였다.

▶ Keywords : 의료 영상, CT/MRI/PET, DICOM 파일, Point Cloud, 측정, 척추, 요추

Abstract

Most of the medical images that are being used today are to confirm the existence of lesions. These kind of medical images can not only be used to confirm lesions but if we could use it for academic studies or for analysis and reference materials for surgical operations, it could offer great help in medical studies. Furthermore, we could reduce the number of errors in treatment through simulations in the surgical operations and treatments.

In this paper, the necessary parts regarding the medical image visuals were extracted through the point cloud and by using the information obtained through it, it manufactures the necessary information for academic studies, diagnoses or operations. By designing and realizing the system

•제1저자 : 곽호영 •교신저자 : 허지순

투고일 : 2014. 01. 14, 심사일 : 2014. 01. 18, 게재확정일 : 2014. 01. 21.

* 제주대학교 공과대학 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Engineering, College of Engineering, Jeju National University)

**제주대학교 의학전문대학원 신경외과(Dept. of neurosurgery, School of Medicine, Jeju National University)

※ 본 논문은 2013학년도 제주대학교 학술진흥연구비지원사업에 의하여 연구되었음.

which makes simulation possible with the manufactured information, the paper attempts to provide a more effective way to approach academic studies or giving appropriate diagnoses in the treatment of patients.

▶ Keywords : Medical Image, CT/MRI/PET, DICOM file, Point Cloud, Measurement, Spine, Lumbar

I. 서론

의료 이미징 기술은 환자 진료 개선이라는 목적 하에 지속적으로 발전하고 있다. 최근 각 병원에서는 보다 정밀한 의료 진단을 위해 환자들에게 컴퓨터 단층촬영(CT : Computerized tomography) 또는 자기공명 단층촬영(MRI : Magnetic Resonance Imaging), 양전자 방출 단층촬영(PET: Positron Emission Tomography)을 진료 목적에 따라 많이 사용하고 있다.

일반적으로 진단을 위해 촬영된 의료용 영상(본 논문에서는 CT 또는 MRI, PET 영상을 모두 대상으로 한다. 그러나 CT나 MRI, PET 등 시리즈 컷(series cut)으로 생성되는 방식은 동일한 방식으로 제공되므로 본 논문에서는 CT를 중심으로 설명하고 실험하였다)은 영상의학과에서 촬영된 영상을 해석하여 담당 의사에게 전달함으로써 환자에 대한 진단이 이루어진다. 의료용 영상의 대부분은 주로 병변을 확인하기 위한 수단으로 이용되고 있는데, 이러한 의료용 영상을 병변 확인뿐만 아니라 학술적 연구나 외과적 수술 처치를 위한 분석 및 참고 자료로 이용할 수 있다면 외과적 수술 처치 및 치료에서의 오류를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 논문에서는 의료용 이미지 영상에 대해 영상에서 필요한 부분을 벡터 형식의 점(point cloud)로 추출하고, 이들 벡터 정보를 이용하여 연구나 진료 및 수술에서 필요한 정보로 가공하여 제공할 수 있게 함으로써 연구나 환자에 대한 진단 처치에 보다 효율적으로 접근할 수 있는 방법을 제공하고자 하였다. 특히, 최근에는 3D 프린터의 대중화가 이루어지고 있으며, 본 연구에서 구현한 프로그램을 이용하여 생성되는 point cloud 데이터를 3D 프린터에 입력하여 사용할 수 있게 함으로써 환자 영상에서 필요한 부분을 실제 모양처럼 출력하고 그 출력물을 가지고 처치에 활용하는 것이 가능하게 되었다.

본 논문에서 제시하는 의료 영상의 처리 방법은 외과적 수술에 도움을 줄 수 있는 데이터를 생성하기 위해 시리즈로 촬영된 CT 영상 이미지를 입력으로 받아 필요한 부분을 벡터 정보로 된 데이터로 변환하여 추출하고, 이 변환 추출된 데이터를 이용하여 진료 또는 처치에 필요한 정보를 연산할 수 있도록 하는 소프트웨어(Filnal_Image v2.0)를 설계하고 구현하였다.

II. 의료용 영상 이미지 특성

2.1 CT

CT는 기존의 X-ray 촬영 기법으로 얻은 인체 내부의 투영 데이터를 컴퓨터로 재구성하여 단층영상을 만들어 내는 기술이다. 1972년 최초의 상용화 CT가 개발된 이후로 촬영 속도 개선 등 비약적 발전을 가져왔다[1].

CT 장치는 엑스선 발생 장치와 데이터 수집 장치, 영상 구성 장치, 디스플레이 장치로 구성되는데, 출력되는 영상은 통상적으로 512x512 크기의 DICOM 포맷의 시리즈 영상(보통 1mm~5mm 간격으로 촬영)으로 저장되어, PACS!)를 통해 담당 진료의사가 환자의 촬영영상을 보고 진료하거나 수술 계획을 세울 수 있도록 한다.

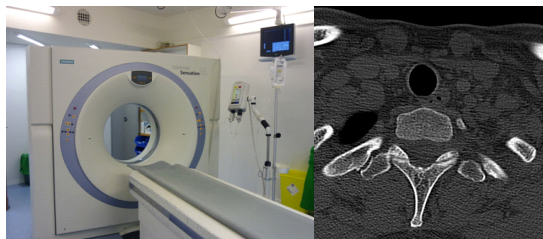


그림 1. CT 스캐너 장치와 단층 촬영 영상
Fig. 1. CT Scanner and Computed Tomography image

2.2 MRI

자기 공명 영상(Magnetic Resonance Imaging, MRI), 또는 핵자기공명 컴퓨터 단층촬영(Nuclear Magnetic Resonance Computed Tomography, NMR-CT)이라고도 하며, 핵자기공명 원리를 사용한다. 자기장을 발생하는 자기공명 촬영 장치에 인체를 넣고 고주파를 발생시키면 신체의 수소 원자핵이 공명하게 된다. 이때 나오는 신호의 차이를 측정하고 컴퓨터를 통해 재구성하여 영상화시키면 우리가 볼 수 있는 자기 공명 영상이 된다.

MRI는 X선을 사용해 인체에 유해한 X선 컴퓨터 단층 촬영(CT)과 달리 신체에 무해하다는 게 특징이다. 또한 CT가 횡단면 영상이 주가 되는 반면, MRI는 방향에 자유롭다. 또한 보다 정밀한 신체 내부의 장기나 혈관 등을 촬영할 때 많이 사용되지만 저장되는 데이터의 양이 CT 이미지 보다 많이 발생한다.



그림 2. MRI 스캐너 장치와 뇌 촬영 영상
Fig. 2. MRI Scanner and MRI Brain image

2.3 PET

PET(Positron Emission Tomography)는 양전자 방출 단층 촬영술이라고도 하며, 양전자를 방출하는 방사성약제를 정맥주사로 체내에 투여하여 이 약제의 분포 상태를 카메라로 촬영한 영상으로 질병의 정보를 얻어내는 방법이다.

이 방법은 신체의 신진대사에 이용되는 포도당 유사 물질과 양전자를 방출하는 방사성 동위원소를 결합시킨 약물 주사 후 전신의 대사과정을 촬영하는 검사로 신체에 이상이 있는 경우 구조적 변화보다 앞서 발생하는 대사활동의 이상을 알아

내는 방법으로 PET-CT 형태로 사용된다.

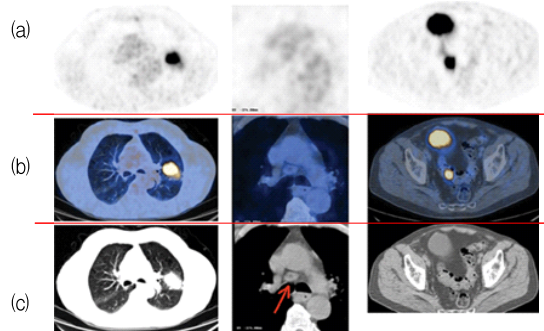


그림 3. CT 영상(c), PET 스캔 영상(a), PET-CT mix 영상(b)
Fig. 3. Patient with right-sided bronchial carcinoma. An enlarged lymph node seen on CT (all CT images in (c)) is unequivocally defined as benign on the PET scan (all PET scans in (a)), as there is no FDG uptake. Fused PET-CT images are shown in (b). In addition, there is an FDG-containing focus which is localized into the large bowel on CT. The latter lesion was found to be a villous adenoma. In an extended review of over 3000 PET-CT scans we found that in 3% of all patients referred for tumor imaging, a second malignancy or pre-malignancy was present in the large bowel.

III. 의료 영상 추출-분석 시스템

3.1 CT/MRI 이미지의 특징

의료용 영상 이미지인 CT/MRI 이미지 파일은 DICOM 파일 형식으로 저장되어진다. 이 DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine) 파일은 의료 이미지의(CT, MRI, 초음파 등) 교환 배포 등을 쉽게 하기 위해 NEMA(National Electrical Manufacturers Association)에서 만들어낸 표준이다.

DICOM 파일 포맷(Fig. 4)은 크게 Header와 Image Data 부분으로 구성되어 있으며, 각각 다음과 같은 정보를 포함하고 있다.

- header : 환자 성명, 스캔 형식, 이미지 차원(dimensions), scale 등의 정보를 포함
- Image data : bitmap 또는 압축되지 않은 형식의 이미지 정보를 수록

1) Picture Archiving and Communication System : 각종 영상 촬영장치로 촬영한 영상들을 CR(Computed Radiography)를 통해 디지털화하여 하드 디스크와 같은 저장매체에 저장, Network를 통해 각 단말기로 전송하여 진찰실, 병동 등의 Workstation이 있는 곳이면 어디에서든 실시간으로 환자의 영상을 조회할 수 있는 시스템

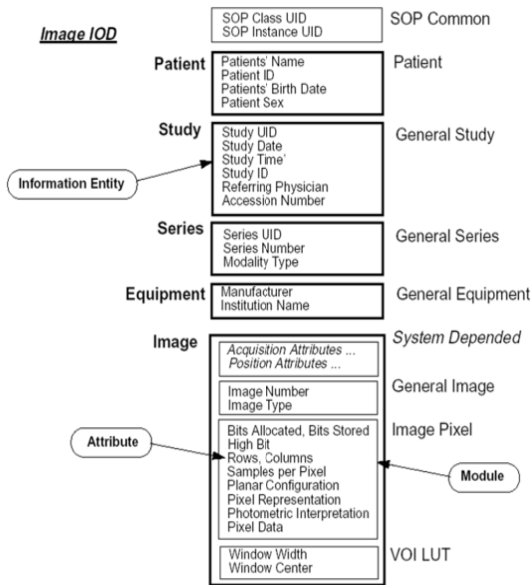
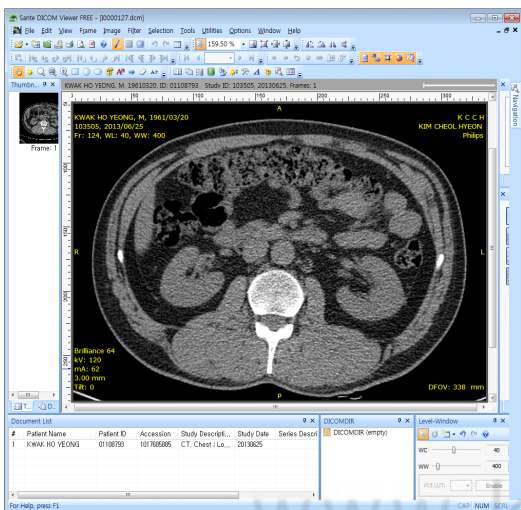


그림 4. DICOM 파일 포맷
Fig. 4. DICOM File Format

그림 5는 프리웨어인 “Sante DICOM Viewer” 프로그램을 이용하여 한 장의 DICOM 파일 이미지와 그에 대한 Header 정보를 보인 것이다. 이 Header 정보는 이미지에서 필요 부분을 추출할 때에 벡터 point cloud로의 변환 과정에서 기준 방향과 DICOM 이미지에서 표현하고 있는 픽셀 (pixel)의 실제 크기(scale) 등 변환 연산에 필요한 정보로 이용된다. 또한, 이 Header 정보를 이용하여 실제 측정 크기를 환산하는데 사용된다.



(a) DICOM Viewer(Sante DICOM Viewer(3))

The screenshot shows a window titled 'V:\Mine-CT\#E0000001\#D000127.dcm' displaying DICOM header information in a table format:

Group	Element	Tag	Description	VR	Length	Value
0018	9323	Exposure Modulation Type	CS	0		
0018	9345	CTDIvol	FD	8	2.900000	
0020	0000	Study Instance UID	UI	38	1.2.840.113704.1.111.9600.1371211397.1	
0020	000E	Series Instance UID	UI	38	1.2.840.113704.1.111.9600.1371211439.7	
0020	0010	Study ID	SH	6	103505	
0020	0011	Series Number	IS	2	2	
0020	0012	Accession Number	IS	0		
0020	0013	Image Number	IS	4	124	
0020	0032	Image Position (Patient)	DS	34	-175.842548W-7.79146557M623.700012	
0020	0037	Image Orientation (Patient)	DS	12	1W0W0W0W1W0	
0020	0052	Frame of Reference UID	UI	38	1.2.840.113704.1.111.9600.1371211400.4	
0020	0060	Laterality	CS	0		
0020	1040	Position Reference Indicator	LO	0		
0020	1041	Slice Location	DS	8	-623.70	
0020	4000	Image Comments	LT	0		
0028	0002	Samples per Pixel	US	2	1	
0028	0004	Photometric Interpretation	CS	12	MONOCHROME2	
0028	0010	Rows	US	2	512	
0028	0011	Columns	US	2	512	
0028	0038	Pixel Spacing	DS	22	0.50015625W0.60015625	
0028	0100	Bits Allocated	US	2	16	
0028	0101	Bits Stored	US	2	12	
0028	0102	High Bit	US	2	11	

(b) DICOM file header information
그림 5. DICOM 파일 뷰어로 본 이미지와 Header 정보의 예
Fig. 5. A sample of a DICOM file image and Header information

3.2 DICOM 이미지 추출-분석 시스템

DICOM 이미지를 이용하여 point cloud를 추출하고, 필요한 분석 및 측정을 할 수 있도록 하는 시스템의 구조는 그림 6과 같다. 본 논문에서 구현한 의료용 영상 이미지 추출-분석 시스템은 Final_Image v2.0으로 명명하였다.

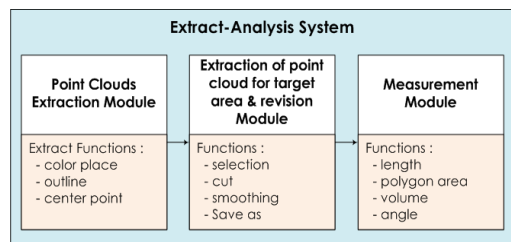


그림 6. 추출-분석 시스템의 구조도
Fig. 6. Structure of Extraction-Analysis System

의료용 영상 추출-분석 시스템은 다음과 같이 크게 3개의 모듈로 구성되어 있다.

1. DICOM 이미지에서 Point Clouds 추출 Module
시리즈로 읽어 온 DICOM 이미지 그룹에 대하여 point cloud로 추출하고자 하는 부분을 선택하고 추출하는 기능을 포함하고 있다. 이 추출 기능에는 색상 선택에 의한 추출, 필요 영상의 외곽선 추출, 해당 영역에 대한 중심점 추출 등의 기능으로 구성되어 있다.

2. 추출된 Point Cloud를 이용하여 측정 등 분석에 필요한 부분 데이터를 조직하는 수정 모듈

이 모듈은 추출된 point cloud 데이터를 다시 측정 또는

수학적 분석을 위해 필요한 영역의 point cloud 데이터를 선택하거나 자르거나 할 수 있는 기능을 제공하며, 삼각 메쉬 파티클 시스템(particle system on triangular mesh)[4] 방법을 이용하여 3차원 point cloud 데이터를 부드럽게 다듬는 기능(smoothing)을 포함하고 있다.

3. 분석을 위해 필요한 측정 기능을 갖는 모듈

이 모듈은 정리된 point cloud 데이터를 이용하여 거리, 면적, 체적, 각도 등을 처리할 수 있도록 하는 기본 측정 기능을 포함하고 있는 모듈이다.

거리의 측정은 point cloud 데이터가 3차원 벡터 좌표(x, y, z)를 가지고 있으므로 이를 이용하여 두 점 간의 거리를 계산한다.

면적은 3차원 좌표를 2차원 좌표로 변환한 후, 해당 point cloud 데이터의 최외곽선을 5-방향 검색(5-way searching) 방법으로 검색하여 최외곽선을 점들을 구하고, 이들 점들을 다각형 형태의 도형에 대한 면적을 계산하는 다음 수식 (1)을 이용한 배횡거법(double meridian distance method)[5]을 이용하여 구한다.

$$\text{Area} : A = \frac{1}{2} \sum y_i (x_{i+1} - x_{i-1}) \quad (1)$$

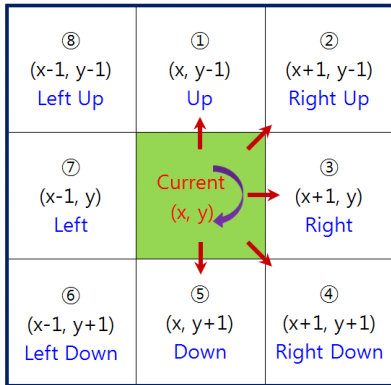


그림 7. 5-방향 검색 방법
Fig. 7. 5-way searching method

- 1) 5-방향 검색은 그림 7에서 보인 바와 같이 현재의 기준 위치를 중심으로 상, 우상, 우, 우하, 하의 다섯 방향으로 차례대로 검색하여 검색 방향에 해당 점이 존재하면 기준 점을 그 점으로 옮기고 탐색 방향의 기준은 바로 이전에 시작했던 방향으로 검색한다. 만일 이 5개의 방향에서 모두 점이 검색되지 않으면, 검색 방향을 45도 시계 방향으로 틀어서 다시 5 방향 검색을 시도하여 점을 찾아 가는 방법이다. 이렇게 시계방향으로 찾아가면 최외곽선 검출이 되며, 반시계 방향으로 찾아가면 최내각선을 검색하게 된다.

체적은 연속된 이미지에서 해당 영역에 대한 각 평면의 면적을 구하고, DICOM 이미지의 촬영 간격(Slice interval)을 고려하여 두 평면을 입체로 연결하고 point cloud 크기의 비율에 따라 평면을 분할하여 각 평면의 면적을 계산한다. 이렇게 계산된 면적들을 모두 합하여 입체의 체적을 구한다. 이러한 방법을 반복하여 연산함으로써 일정한 두께의 체적을 구한다(6).

각도는 측정하고자 하는 부분의 point cloud 데이터를 이용하여 주성분 분석(principal component analysis) 방법으로 3차원 입체의 기준 축을 구하고, 구해진 기준 축을 이용하여 제2, 제3의 축을 구함으로써 얻을 수 있다(7).

그림 8은 DICOM 파일을 이용한 Point Cloud 추출 및 측정을 하는 과정을 보인 흐름도이다.

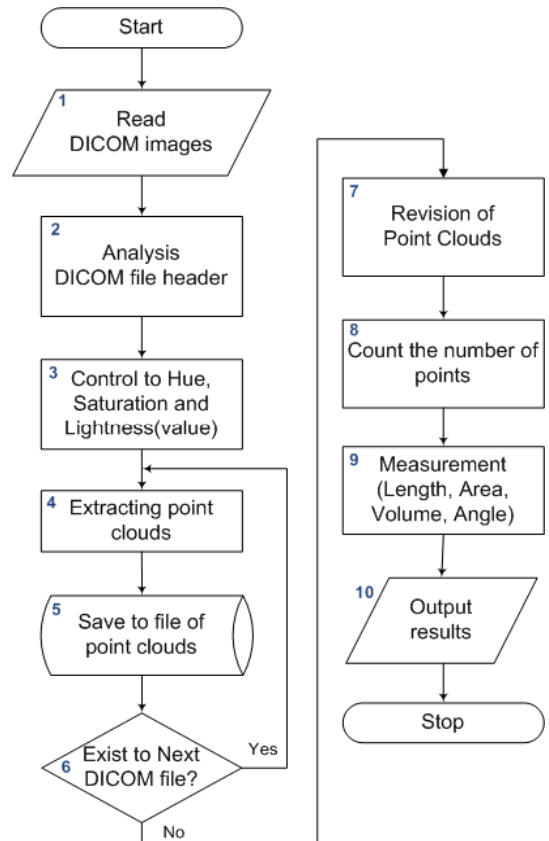


그림 8. DICOM 파일을 이용한 Point Cloud 추출 및 측정 흐름도
Fig. 8. Flow diagram of point clouds extraction and measurement in DICOM image

1. DICOM 파일들의 입력

처리하고자 하는 시리즈 형식으로 되어 있는 일련의 DICOM 파일을 읽어온다.

2. DICOM 파일 Header 정보 분석

DICOM 파일의 Header 정보를 분석하여 추후 측정 등에 필요한 여러 가지 정보를 획득한다.

3. 추출하고자 하는 색상 지정과 조정

화면에 표시된 이미지에서 추출하고자하는 영역의 색상을 추출하고, 이 색상에 대한 Hue, Saturation, Lightness 등을 원하는 값으로 조절한다.

4. Point cloud 추출

3에서 조절된 값에 따라 각 DICOM 이미지에서 지정된 값들을 벡터 정보로 변환된 point cloud로 추출한다.

5. 추출된 point cloud 저장

6. 시리즈 DICOM 파일이 모두 처리될 때까지 추출과 저장을 반복한다.

7. 추출된 point cloud의 보정

추출된 point cloud 정보에 대하여 불필요한 잡음이나 삼각 메쉬 파티클 방법으로 자연스러운 입체를 표현할 수 있도록 한다. 또 경우에 따라서는 사용자가 원하는 부분을 선택하여 발췌할 수 있도록 한다.

8. point cloud의 수를 count한다.

이 부분은 구현된 Final_Image v2.0 프로그램이 의료뿐만 아니라 수의학이나 생물학 등 다양한 분야에서 마이크로스코피 이미지 등을 이용한 여러 가지 측정 등에 이용할 수 있도록 하기 위해 v1.0에서 구현된 부분이다[8].

9. 길이, 면적, 체적, 각도 등을 계산한다.

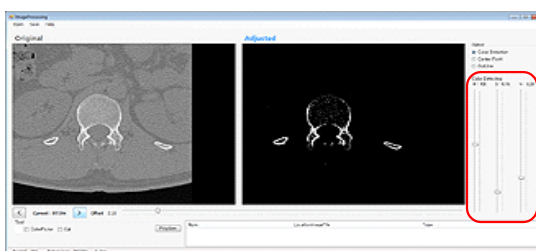
이 부분은 사용자가 지정한 위치의 길이나 면적, 체적, 각도 등을 구할 수 있도록 하는 모듈로서, 현재 Final_Image v2.0 프로그램에서는 분리 구현되어 있다.

10. 계산된 결과 값을 출력한다.

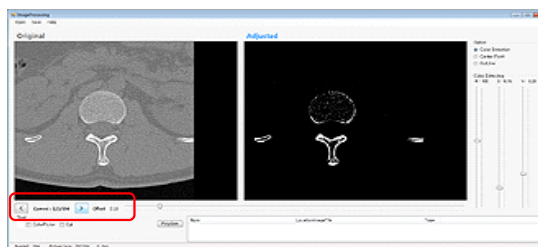
그림 9는 1mm 간격으로 촬영한 CT 영상 394장으로 구성된 DICOM 시리즈 파일을 구현된 Final_Image v2.0에서 읽어 들어 척추 뼈 중 요추(lumbar) 부분만을 추출해 내는 과정에서 일부 DICOM 이미지 컷을 보인 것이다. 이 추출 과정에서 적용한 Hue, Saturation, Lightness 값은 각각 100, 0.16, 0.28이다.



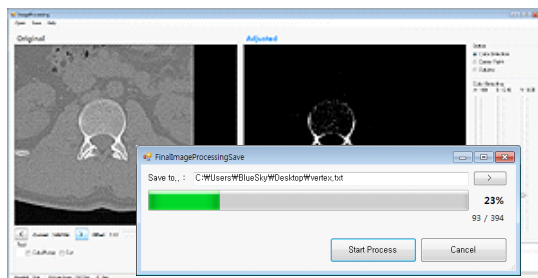
(a) pick up color



(b) Control to Hue, Saturation, Lightness



(c) Check to each DICOM Images



(d) Save to point cloud format file(*.txt)

그림 9. CT에서 척추의 요추 부분을 Point Cloud로 추출하는 과정
Fig. 9. The process of extracting point clouds for the lumbar spine

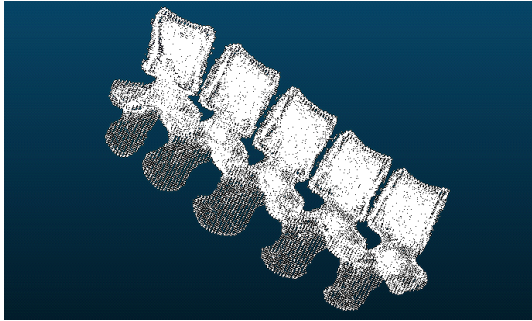


그림 10. Point Cloud로 추출한 요추 데이터를 3D로 표현한 화면
Fig. 10. 3D representation of extracted point clouds for the lumbar spine

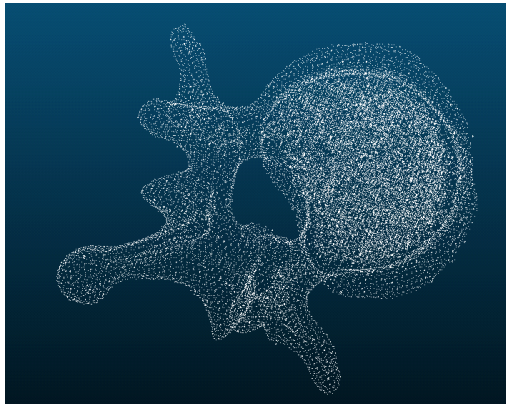


그림 11. 제2 요추만 분할하여 3D로 표현한 화면
Fig. 11. Point clouds 3D view of Lumbar 2

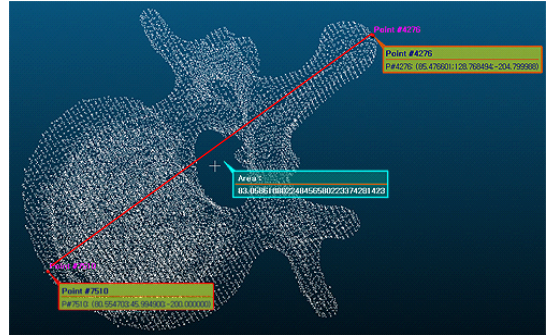


그림 12. 제2 요추의 임의의 두 점간의 거리 연산의 (3D)
Fig. 12. Example of calculated distance between two point clouds on Lumbar 2(3D)

그림 12의 예는 p1(85.476601, 128.768494, -204.799988)에서 p2(80.554703, 45.9949, -200.00)까지의 거리는 약 83.058610mm로 실제 해부학적 측정치와 거의 일치한다.

4.2 면적 계산

그림 13에서 보인 바와 같이 2차원 평면에서의 다각형에 대한 면적 계산은 우선 필요한 부분을 point cloud로 추출하고, 추출된 point cloud 정보를 가지고 최외곽선을 검출한다(그림 14).

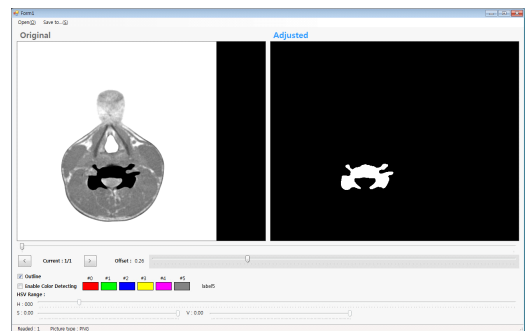


그림 13. 한 경추의 단면 이미지에서 면적을 구하기 위해 해당 영역을 point cloud로 추출하는 예
Fig. 13. Example of point cloud extraction for area calculating

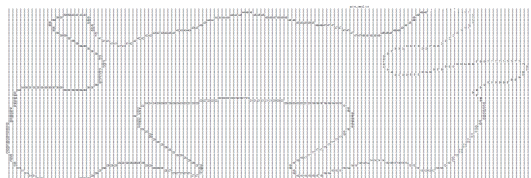


그림 14. Point cloud 데이터에서 최외곽선 구하기
Fig. 14. Obtaining the maximum outline of the point cloud data

IV. 추출 영상의 분석 방법

4.1 거리 계산

두 점간의 거리 계산은 2차원 평면의 경우 피타고라스 정리를 이용한 식 (2)에 의해 구할 수 있으며, 3차원 공간에서는 식(3)에 의해 두 point cloud 간의 거리를 구할 수 있다.

$$Distance(2D) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (2)$$

$$Distance(3D) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} \quad (3)$$

그림 15는 그림 14에서 보인 바와 같이 5-방향 검색 방법으로 구해진 최외곽선 point cloud 정보를 이용하여 배형거법으로 면적을 계산한 결과이다.

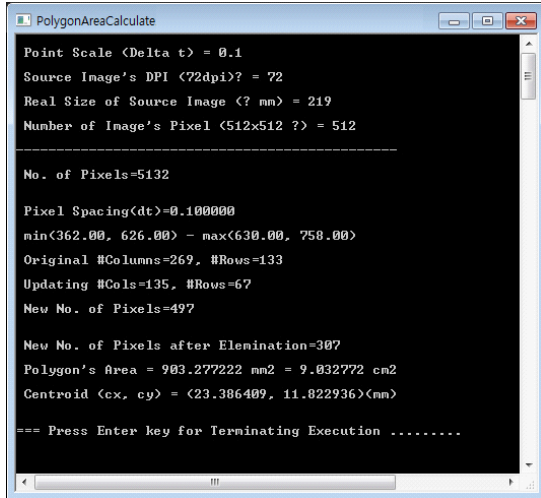


그림 15. 추출된 최외곽선 point cloud 데이터를 이용한 다각형 면적을 구한 결과
 Fig. 15. The result of calculated polygon area using outline point clouds

4.3 체적 계산

CT/MRI 이미지는 한 것의 이미지와 다음 것의 이미지 사이의 간격을 1mm~10mm 사이의 간격을 선택하여 촬영하기 때문에 Point cloud로 변환된 데이터를 화면에 출력해 보면 그림 16과 같이 층이 있다는 것을 알 수 있다.

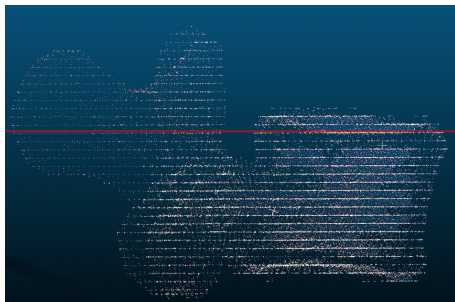


그림 15. CT 촬영 특성 상 point cloud 데이터가 갖는 층
 Fig. 15. Presented point cloud Layers of CT Images

따라서 체적은 4.2절에서 설명한 면적 계산 방법으로 각각의 평면 이미지에서 해당 부분의 면적을 구하고, 이들 면적을 CT/MRI 촬영 시 설정된 이미지 사이의 간격(이 촬영 간격은

DICOM Header에 정의되어 있음) 값에 의해 등고선법(contour method)으로 체적을 구할 수 있다. 등고선법을 이용하여 체적을 구하는 공식은 다음과 같다.

$$V = \frac{L}{3} \{ (A_1 + A_n) + 2(A_2 + A_3 + \dots + A_{n-2}) + 4(A_2 + A_4 + \dots + A_{n-1}) \} \tag{4}$$

그림 15의 예는 2번 요추를 34개의 layer로 구성된 point cloud 데이터를 표현된 것이다. 이 point cloud 데이터를 레이어 별로 면적을 구하여 등고선법 알고리즘을 이용하여 구현된 프로그램으로 제2 요추에 대한 체적을 구한 결과는 다음 그림 16과 같다.

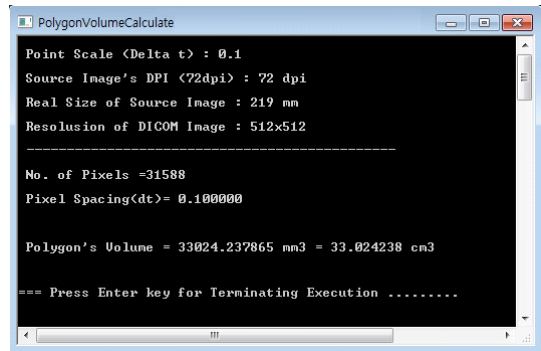


그림 16. 그림 15의 2번 요추에 대한 체적 연산 결과
 Fig. 16. The result of calculated volume for Lumbar 2

일반적으로 알려진 척추의 체적은 제1 흉추부터 제4 요추까지는 점차 그 크기가 증가한다(단, L5는 L4보다 작다). 평균 흉추의 체적은 15.0cm³이며(절대치의 범위는 5.2~39.5cm³), 요추의 평균 체적은 35cm³(절대치의 범위는 19.7~61.5cm³)이다. 남성은 여성보다 척추 중 요추의 체적이 크며, 척추의 평균 길이는 T1~T4가 23.4±2.7 mm, T5~T9이 30.3±3.6 mm, T10~L5의 길이가 35.5±3.9 mm이다[9].

이러한 평균값과 비교해 볼 때, 그림 16에서 보인 바와 같이 제2 요추의 체적은 실제 해부학적 측정치의 범위에 속하는 결과를 보였다.

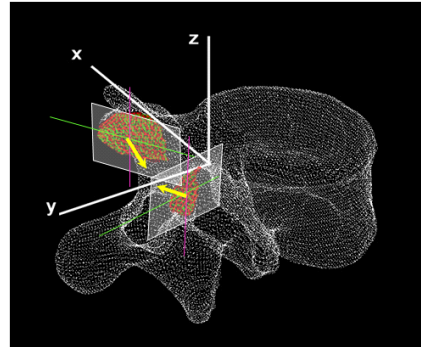
4.4 각도 계산

신경외과 분야의 연구에서는 척추 각 분절들의 각도가 신체의 여러 부위에 영향을 주는 것(디스크 등)과 상관이 있다

고 보고된 바 있다[10]. 따라서 외과학적 측면에서 척추의 각 분절에 대한 특정 부위의 각도는 의학적으로 중요한 요소이다. CT/MRI 이미지를 이용한 이러한 부분들에 대한 각도 측정은 벡터 데이터인 point cloud 정보를 사용하여 목적에 따라 여러 가지 방법으로 계산할 수 있다.

그림 17은 제2 요추와 제3 요추들이 서로 상하로 연결되는 파셋 조인트(facet joint) 부분의 방향을 측정하는 원리를 보여주고 있다. 그동안 의학 분야에서 보고된 이 파셋 조인트에 대한 방향성 측정은 해부학적으로 사체에 대한 대상 부위를 실제 각도기로 측정하는 방법을 써 왔다. 이러한 방법은 많은 실측을 통해야만 그 결과를 일반화할 수 있어 그동안 매우 어려웠던 것이 사실이다. 그러나 point cloud를 이용한 벡터 정보를 이용하여 방향성을 측정하면 CR/MRI 이미지만 가지고도 그 결과를 만들어 낼 수 있다.

또한 이러한 각도의 중요성은 경추에 스크루(screw)를 박는 임상 수술을 시행하는 경우 신경과 혈관이 보이지 않아 매우 위험하다. 이러한 경우 3D 프린터로 point cloud 정보를 이용하여 환자의 수술 부위 부분을 출력하여 수술 전에 시뮬레이션해 봄으로써 위험성을 줄일 수 있으며, 스크루의 방향성 또한 측정할 수 있어 임상 수술에 큰 도움을 줄 수 있다.



(c) point cloud에 의한 facet plane의 각도 측정
 그림 17. 제2, 제3 요추에 대한 Facet Joint 부분의 각도 측정
 Fig. 17. Measurement of facet joint's direction

그림 18은 제1 요추부터 제5 요추까지의 각 요추에 대한 파셋 조인트의 방향성을 실제 환자들의 CT 영상을 가지고 point cloud를 추출하여 계산한 결과를 보인 것이다. 이 방향성에 대한 표현은 극좌표(polar coordination) 형식의 단위 벡터로 변환하여 구(sphere)에 사상시킨 것이다.

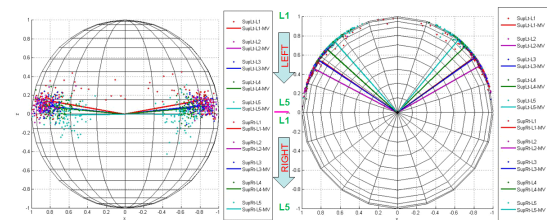
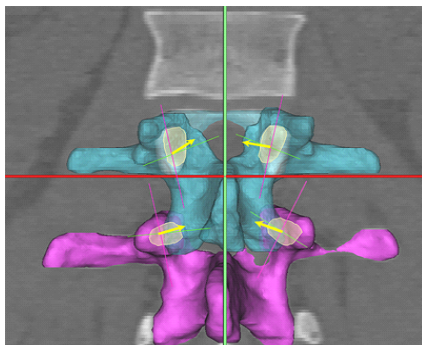
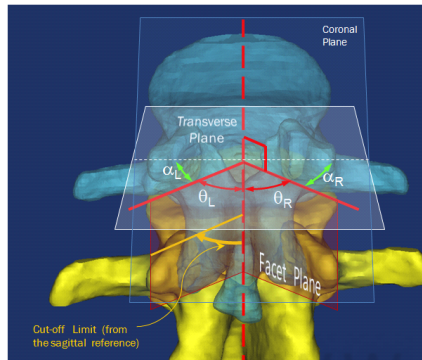


그림 18. 요추 facet들에 대한 평균 방향 벡터의 구 표현
 Fig. 18. Mean orientation vectors and data universe for facets



(a) 3D로 본 facet joint 부분



(b) facet plane에 대한 각도의 개념

V. 결론

컴퓨터 시스템 소프트웨어 분야는 그동안 융합이라는 화두와 함께 다양한 분야와 접목되면서 새로운 기술의 발전을 가져왔다. 최근에 화두가 된 의공학 분야에 대한 관심은 상당히 높아져 가고 있고 활발한 연구들이 진행되어 왔다. 그러나 그동안의 의공학 분야는 기계, 전자, 재료 분야의 융합이 이루어져 새로운 의료 장치를 개발하는데 힘써 왔던 것이 사실이다. 이러한 추세에서 IT 분야의 소프트웨어는 의료 장치를 동작하는데 필요한 소프트웨어 정도로만 이용되어 왔다.

하지만 최근에는 영상, 음향 등 다양한 정보가 의료 정보로 이용되고 있기 때문에 단순히 진단 차원의 정보를 넘어서 이들 정보를 다시 가공하여 연구나 처치에 필요한 정보를 산

출해 낼 수가 있으며, 이러한 기술을 소프트웨어로 구현하는 것이 가능하다.

본 논문에서는 의료 영상 이미지 데이터에서 point cloud 로 구성된 벡터 정보를 추출하여 이를 다양하게 가공함으로써 새로운 연구나 위험도를 줄이는 환자 처치가 가능하도록 하는 시스템을 설계하고 구현하였다. 또한 추출된 point cloud 데이터를 3D 프린터로 출력하여 임상에서 시뮬레이션이 가능하도록 설계·구현하였다.

실제 87명의 환자에 대한 CT/MRI 이미지를 가지고 point cloud를 추출하여 길이, 넓이, 체적, 각도(방향성) 등을 계산하여 제시하였으며, 현재 제주대학교 병원 신경외과 수술에서는 이 데이터를 이용하여 경추에 스크류 고정술의 수술 처치를 실시할 때 위험도를 최소화하는 스크류의 진행 각도를 계산해 내고 있다.

현재 구현된 Final_Image v2.0은 일부 연산에서 별도의 프로그램 모듈로 동작하도록 되어 있어 향후 Final_Image v3.0에서는 윈도우 어플리케이션 형식으로 통합하여 구현할 예정이다.

참고문헌

[1] J. W. LEE, S. Y Lee, and D. H. Yoo, "Computed Tomography Technology," ETRI : Electronics and Telecommunications Trends, Vol.25, No.4, pp.60-68, August 2010.

[2] Gustav K von Schulthess, "PET-CT:principles and practices," Controversies and Consensus in Imaging and Intervention, summer 2004.

[3] DICOM Viewer Software, <http://www.santesoft.com/>

[4] J. H. Noh, M. Y. Jung, "Cloth simulation using a particle system on triangular mesh," Journal of Korea Computer Graphics Society, Vol.16, No.3, pp.31-39, August 2010.

[5] J. H. Cho, "Measurement", Sungandang, pp.250-280, 2013.

[6] Simon S. Keller, Neil Roberts, "Measurement of brain volume using MRI: software, techniques, choices and prerequisites," Journal of Anthropological Sciences, Vol.87, pp.127-151, 2009.

[7] Huh JS, Espinoza Orías AA, Otsuka Y, Simon P, An HS, Andersson GBJ, Inoue N, "Three-

dimensional Assessment of Lumbar Facet Joint Tropism in Asymptomatic and Low-back Pain Subjects," International Society for the Study of the Lumbar Spine, pp. 123-124, May 2013.

[8] H. Y. Kwak, K. B. Sim, J. S. Huh, T. K. Shin, Y. S. Lee, "The Design and Implementation of Cell Image Analysis System", International Journal of Advancements In Computing Technology, Vol.5, No.11, pp.284-291. 2013.

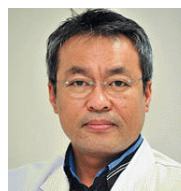
[9] W. Limthongkul, E. E. Karaikovic, J. W. Savage, A. Markovic, "Volumetric analysis of thoracic and lumbar vertebral bodies," The Spine Journal, Vol.10, Issue 2, pp.153-158, February 2010.

[10] RL Gajdosik, CR Albert, JJW. Mitman, "Influence of hamstring length on the standing position and flexion range of motion of the pelvic angle, lumbar angle, and thoracic angle," The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, Vol.20, No.4, pp.213-219, 1994.

저자 소개



곽 호 영
 1983: 홍익대학교
 전자계산학과 이학사
 1985: 홍익대학교 대학원
 전자계산학과 이학석사
 1990: 홍익대학교 대학원
 전자계산학과 이학박사
 현재: 제주대학교 공과대학
 컴퓨터공학과 교수
 관심분야: 의료정보시스템, USN,
 임베디드 소프트웨어
 Email : kwak@jejunu.ac.kr



허 지 순
 1996: 아주대학교
 의과대학 의학과 의학사
 2001: 전문의 의학박사
 현재: 제주대학교 의학전문대학원
 신경외과학교실 교수
 관심분야: 신경외과학, 의료정보시스템
 Email : nsdrhuh@jejunu.ac.kr