

"MediSurf-의료영상처리 및 3차원 형상 복원 소프트웨어"

광주과학기술원 기전공학과 CAD/CAM 실험실에 소속한 류재현이 개발한 MediSurf 시스템은 "2002 대한민국 소프트웨어 공모대전"에서 은상(정보통신부장관상)을 수상한 시스템으로, CT(computed tomography)나 MRI(magnetic resonance imaging)의 의료영상을 입력으로 받아 3차원 윤곽선 데이터 및 폴리곤 모델(isosurface)을 생성할 수 있는 의료영상 처리 및 3차원 형상 복원 소프트웨어이다(그림1).

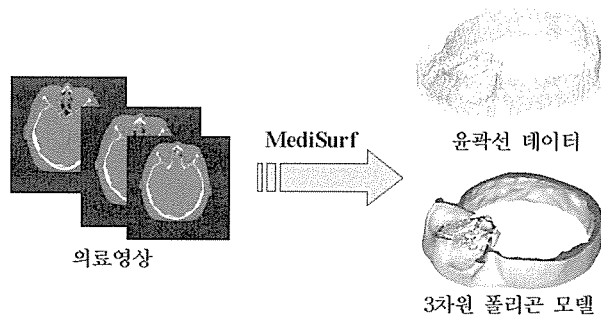


그림 1. 의료영상으로부터 윤곽선 데이터 및 3차원 폴리곤 모델 생성

본 시스템을 이용하여 생성된 3차원 윤곽선 및 폴리곤 모델은 모의 수술 및 계획에 활용될 수 있을 뿐 아니라, 패속조형(rapid prototyping)장비 또는 유한요소해석(finite element analysis) 소프트웨어와 같은 CAD/CAM 시스템의 입력 데이터로 활용되어 인체 모델의 제작이나 역학해석이 가능하다.

본 시스템은 (1) 의료영상처리, (2) 윤곽선 데이터 획득, (3) 3차원 폴리곤 모델(isosurface) 생성 (4) Web3D 가시화의 4가지 기능을 가지고 있으며, 각 모듈의 근간이 되는 자료구조나 알고리즘은 개발자의 관련분야에 대한 연구 결과로써 타 회사의 라이브러리를 사용하지 않고 자체 기술로 개발되었다. 따라서 외국에서 수입하는 고가의 의료영상 소프트웨어 시장에 대한

수입대체 효과를 기대할 수 있다. 문의: 062) 970-2423 담당: 류재현

1. 작품명 : MeidSurf

(의료영상처리 및 3차원 형상 복원 소프트웨어)

2. 제작자 : 류재현 (학생부 공모)

대표자 : 류재현

소속 : 광주과학기술원 기전공학과 CAD/CAM 실험실

주소 : (500-712) 광주광역시 북구 오룡동 1 번지 광주과학기술원

전화 : 062) 970-2423

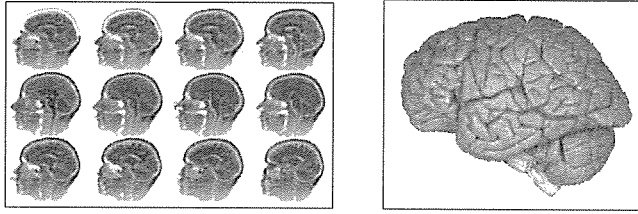
팩스 : 062) 970-2384

홈페이지: <http://cadcam.kjist.ac.kr> <http://kyebek9.kjist.ac.kr>

E-mail : ryu@kyebek.kjist.ac.kr

3. 개발 배경

▶2차원 의료영상으로부터 3차원 복원의 필요성: CT(computed tomography), MRI(magnetic resonance imaging)와 같은 의료영상 기술이 발달함에 따라서 인체의 단면에 대한 형상 정보를 얻을 수 있다. 의사는 단층 촬영된 영상을 보고 병을 진단하거나 수술 계획을 수립한다. 이 과정에서 의사는 과거 경험이 비추어 그림 2와 같이 2차원 단면 영상으로부터 3차원 영상을 재구성하는 일련의 과정을 거치게 된다. 만일 단층 촬영된 이미지로부터 컴퓨터 그래픽 기술을 이용해서 3차원 모델을 만들 수 있다면 보다 정확한 진단 및 수술 계획을 수립할 수 있다.



(a) 2차원 단면 의료영상 (b) 의료영상으로부터 복원된 3차원 모델

그림 2. 의료영상으로부터 3차원 형상 복원의 필요성

▶ 의료영상과 CAD/CAM 기술의 연계: 일반적으로 CAD/CAM 기술은 3차원 디지털 모델을 생성하고 제작하는데 사용되는 기술이다. 의료영상으로부터 재구성된 3차원 인체 모델을 이용하여 인체에 대한 역학 해석을 하거나, 그림 3과 같이 쾌속조형(rapid prototyping) 기술을 활용하여 실제로 만지고 느낄 수 있는 실물 모델을 제작하고 주문형 인공삽입물을 제작할 수 있다.



(a) 형상 복원된 3차원 모델 (b) 쾌속조형 파트 (c) 주문형 인공관절

그림 3. 의료영상과 CAD/CAM 기술의 연계

4. 시스템 구성

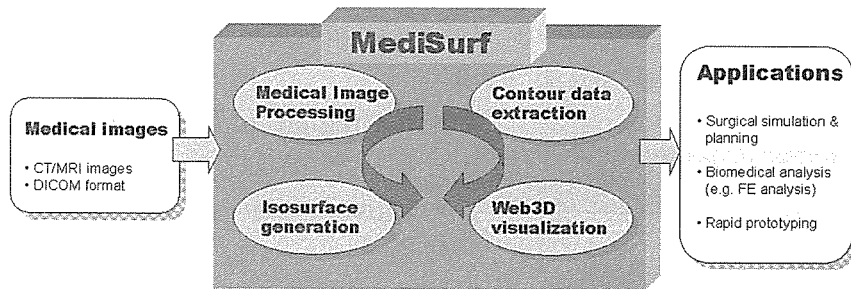


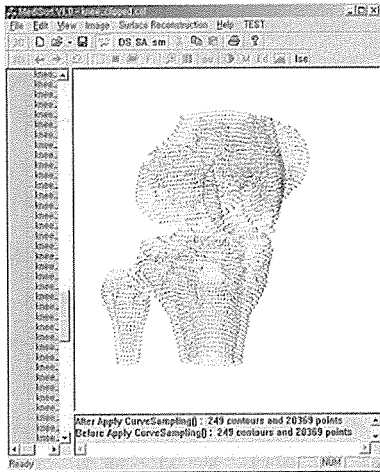
그림 4. 시스템 구성

본 시스템은 그림4에서 보는 바와 같이 CT나 MR 스캐너로 촬영한 의료영상을 표준 DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine) 포맷으로 입력받아, 의료영상을 처리하고 윤곽선(contour) 데이터와 3차원 폴리곤 모델(isosurface)을 생성한다. 생성된 윤곽선 데이터 및 3차원 모델은 모의 수술 및 계획, 인체의 역학 해석, 쾌속조형(rapid prototyping) 등의 분야에 응용될 수 있다. 본 시스템은 그림에서와 같이 (1) 의료영상처리, (2) 윤곽선 데이터 생성, (3) 3차원 폴리곤 모델(isosurface), (4) Web3D 가시화의 4개의 모듈로 구성되어 있다. 각 모듈의 구체적인 기능은 다음과 같다.

5. 주요 기능

(1) 의료영상 처리

연속하는 2차원 의료영상을 파일로부터 읽어드려 화면에 나타내고 이미지를 해석 가능한 형태로 처리한다.



▶ **ROI(region of interest):** 관심영역의 선택 및 클리핑

▶ **Segmentation:** 관심영역을 분할 또는 삭제

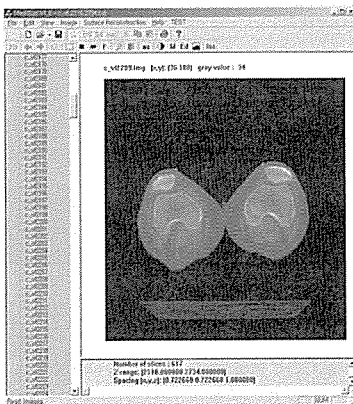
▶ **Image enhancement:** 필터를 이용한 노이즈 제거 및 히스토그램 이퀄라이제이션, 줌잉, pseudo 컬러링 등의 기능을 이용한 이미지 대비(contrast) 강화

▶ **Binary image processing:** 음영 이미지를 2진 이미지로 변환하고, morphology, labeling, thinning 연산을 이용한 처리

▶ **Export:** 기존의 영상처리 소프트웨어와 호환을 위해 의료영상을 비트맵(BMP) 파일로 변환하여 출력.

(2) 윤곽선데이터 생성

각 2차원 의료영상에서 관심영역의 윤곽선을 자동으로 추출하고, 스무딩(smoothing) 및 데이터 감소 기법을 통하여 윤곽선 데이터의 품질을 향상시킨다.



▶ **Contour tracing:** 각 단면 의료영상에서 관심영역의 정렬된 윤곽선 데이터 추출

▶ **Data reduction(sampling):** 윤곽선의 형상을 고려하여 점데이터의 개수를 감소한다. 전체적인 형상을 유지하면서 노이즈 부분만을 삭제한다.

▶ **Smoothing:** 윤곽선의 점데이터의 개수를 유지하면서 전체적인 형상을 부드럽게 한다.

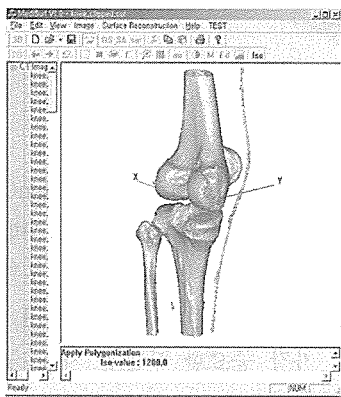
▶ **Delete spot:** 작은 면적을 갖는 불필요한 윤곽선 데이터를 추출하여 자동으로 삭제.

▶ **External boundary detection:** 같은 단면에서 추출된 윤곽선 데이터에서 내부 윤곽선을 삭제하고 외부 윤곽선만 유지.

▶ **Export:** 추출된 윤곽선을 상용 점데이터 처리 소프트웨어와 호환이 가능한 ASC 파일로 출력.

(3) 3차원 폴리곤 모델(isosurface) 생성

주어진 의료영상으로부터 아이소서피스(isosurface)를 생성하고 렌더링한다. 생성된 아이소서피스는 STL(stereolithography) 포맷으로 변환하여 패속조형 장비의 입력 데이터로 활용 가능하다.



▶ **Isosurface generation:** 의료영상으로부터 아이소서피스를 생성하고, 복셀(voxel)의 샘플링 비율을 조절하여 해상도를 결정할 수 있다.

▶ **Rendering:** 생성된 아이소서피스를 렌더링한다. 아이소서피스의 정점(vertex), 에지(edge), 삼각형을 선택하여 렌더링할 수 있으며, flat shading과 smooth shading을 지원한다

▶ **Isosurface smoothing/reduction:** 아이소서피스의 노이즈 제거 및 정점의 개수를 감소

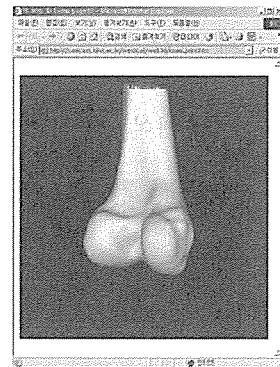
▶ **Export:** 생성된 아이소서피스를 STL 포맷으로 변환하여 출력

(4) Web3D 가시화

의료영상에서 생성된 아이소서피스를 인터넷 웹 서버에서 다운로드하여 웹 브라우저 상에서 3차원 모델을 가시화한다.

본 모듈은 Microsoft 社의 ActiveX 기술을 활용하여 컨트롤 형태로 구현되었으며, 사용자가 웹 페이지에 접속하면 자동으로 Web3D 컨트롤과 3D 데이터 파일을 다운로드하여 아이소서피스를 가시화한다.

▶ <http://cadcam.kjist.ac.kr/web3d>: 본 모듈의 데모 페이지로 의료영상에서 생성한 고관절(femur), 슬관절(knee), 두개골(skull) 등의 인체 모델을 볼 수 있다.



6. 시스템 구현

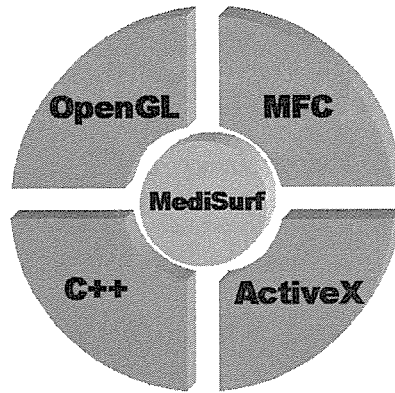


그림 5. 시스템 구현

본 시스템은 그림 5와 같이 MFC(Microsoft Foundation Class), OpenGL, C++, ActiveX을 사용하여 구현되었다. 윈도우 프레임 생성, 다이얼로그 박스, 에디트 윈도우, 트리 윈도우 등과 같은 유저 인터페이스에 해당하는 부분은 MFC를 사용하였으며, 윤곽선 데이터 및 아이소서페이스의 렌더링은 OpenGL 그래픽 라이브러리를 사용하였다. 그리고 시스템의 가장 중요한 부분인 자료 구조 및 알고리즘의 커널은 C++을 사용하여 구현하였다. 또한 Web3D 컨트롤 개발은 마이크로소프트의 ActiveX 기술을 활용하였다.

7. 시스템 응용 사례

앞에서 언급한 바와 같이 본 시스템은 의료영상 분야에 연구의 결과로써, 병원에서 사용되는 실제 의료영상에 적용 가능하다. 다음은 본 시스템을 이용한 응용의 예를 보여 준다. 윤곽선 데이터를 이용한 고관절 모델링150개의 고관절 CT 이미지(그림6)에서 윤곽선 데이터를 추출하고, 다시 추출한 윤곽선 데이터를 이용하여 그림 7의 3차원 모델 및 폐속조형 파트를 제작할 수 있다.



그림 6. 고관절의 의료영상데이터

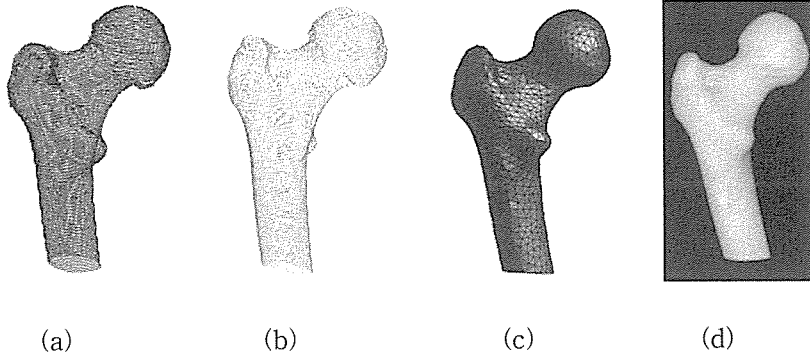


그림 7. 윤곽선 데이터를 이용한 고관절 모델링 및 응용; (a) 초기 윤곽선, (b) 노이즈를 제거한 윤곽선, (c) 3차원 모델, (d) 쾌속조형 파트

Visible Human 데이터를 이용한 전신 모델링 미국 NLM(National Library of Medicine)에서 제공하는 Visible Human의 CT 데이터를 이용하여 전신 모델을 복원한 것이다(그림8). CT 이미지는 약 1700개의 단면 영상으로 약 870MB의 크기이며, 복원된 3차원 전신 모델은 2,700,000개의 삼각형으로 이루어져 있다. 본 시스템은 이러한 대용량의 데이터를 안정적으로 생성 및 처리할 수 있다.

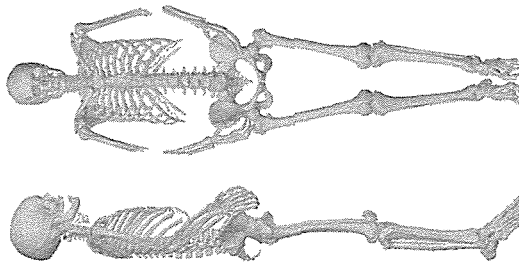
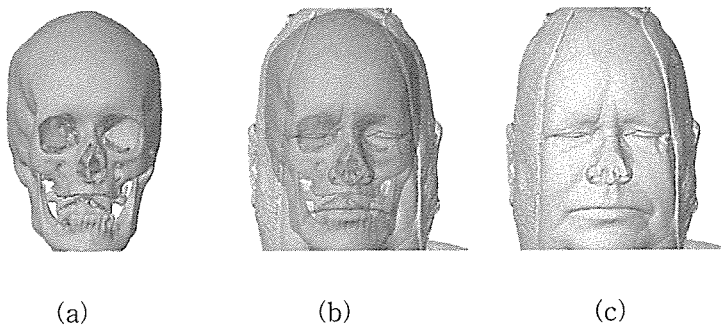


그림 8. Visible Human 데이터의 전신 모델



(a) (b) (c)
그림 9. 두개골 및 피부의 3차원 폴리곤 모델

그림 9는 Visible Human의 머리 CT 이미지로부터 두개골과 피부의 아이소서피스를 복원한 것으로, 본 시스템으로 관절과 함께 피부의 아이소서피스도 복원할 수 있음을 보여준다. 특히, 추출된 3차원 피부 모델(그림 9(c))의 눈 부위를 보면, 쌍꺼풀까지 표시할 수 있을 정도로 충분히 정밀한 3차원 복원이 가능하다.

8. 사용 시스템과 개발 언어

	최저 사항	추천사항
CPU	Pentium III 1 GHz	Pentium III 1GHz 이상
운영체제	Windows 95	Windows 2000 이상
메모리	256 MB	1 GMB 이상
그래픽카드	OpenGL 지원 그래픽카드	OpenGL 지원 그래픽카드
구현 환경 및 도구	Windows 2000, Microsoft Visual C++ 6.0, OpenGL 그래픽 라이브러리	