

3차원 의료영상 시스템의 현황과 향후 방향

서울대학교 이택희 · 계획원 · 신영길

1. 서론

3차원 의료영상 시스템은 의료 데이터를 다양한 기법을 사용하여 그림 1과 같은 진단에 유용한 시각적 정보를 제공하는 것을 말한다. 여기서 의료 데이터란 3차원 의료영상을 말하는 것으로 전산화 단층 촬영 장치(CT: Computerized Tomography)나 자기 공명 장치(MR: Magnetic Resonance) 등에서 얻어진 중첩된 단면 형태의 인체 장기정보를 그림 2와 같이 3차원 형태로 재구성한 것을 말한다.



그림 1 3차원 의료영상 가시화

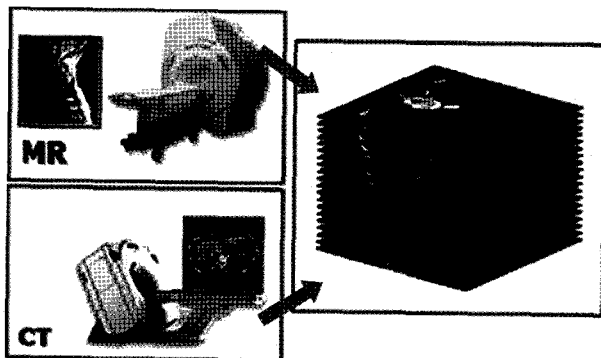


그림 2 CT, MR, 3차원 의료영상

근래 의료기기의 발전이 급격하게 이루어지면서 3차원 의료영상 데이터의 해상도도 높아지고 있다. 결과적으로, 1기가바이트(GB:giga byte) 이상의 대용량 데이터를 생성하는 경우가 늘고 있다. 이러한 경향은 기존 시스템의 성능향상과 더불어 추가적인 진단보조 기능을 요구하고 있다.

본 기고는 3차원 의료영상 데이터를 이용한 의료영상 시스템의 현황과 발전 방향을 살펴보고자 한다. 우

선, 3차원 의료영상 시스템의 개념을 소개하고 다양한 기법(VR, MIP, MPR)들을 알아본다. 이후 3차원 의료영상 시스템의 요구사항과 현황을 알아보고 마지막으로 발전방향에 대해 전망한다.

2. 3차원 의료영상 시스템

CT, MR과 같은 의료영상장비의 기술이 비약적으로 발전함에 따라 짧은 시간에 정교한 영상을 획득할 수 있게 되었다. 실제로 병원에서는 한 검사 당 수 백에서 수 천 장의 영상이 생성되고 있다. 이러한 대량의 영상 정보는 유용한 진단 정보를 제공하지만 기존의 2차원 영상을 읽는 방식처럼 한 장씩 판독하려면 많은 시간과 노력이 필요하다.

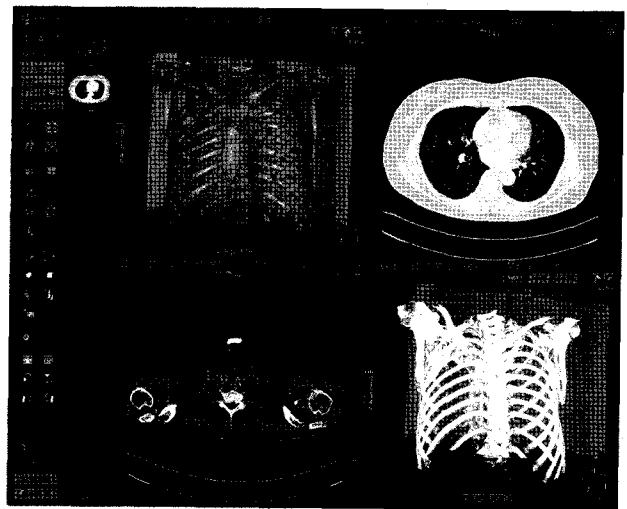


그림 3 3차원 의료 영상 시스템. 의료영상 데이터를 효과적으로 가시화 할 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 개발된 것이 3차원 의료영상 시스템이다. 이 시스템은 3차원 의료영상 데이터를 여러 가지 기법을 이용하여 진단에 유용한 시각적 정보로 가시화한다. 그림 3은 3차원 의료영상 시스템의 예이다. 판독자는 가시화된 정보를 이용하여 3차원 의료영상 데이터를 빠르게 분석할 수 있다. 대표적

인 기능으로써 직접 볼륨 가시화(DVR: Direct Volume Rendering), 최대 취소 투영(MIP: Maximum Intensity Projection) 가시화, 단면 재구성(MPR: Multi Planar Reformatting) 등을 들 수 있다. 물론, 이러한 가시화 기법들이 2차원 진단을 완전히 대체할 수 있는 모든 기능을 제공해 주지는 않는다. 하지만 3차원 의료영상 데이터를 통한 진료정보의 획득 과정에서 상당한 노력과 시간을 경감시키는 것은 분명하다. 이 세 가지 기능에 대해 자세히 알아보자.

3차원 의료영상 가시화 기법은 시점, 시선방향, 출력영상을 담는 평면, 그리고 대상 객체로 이루어진 모델을 기반으로 이루어진다. 그림 4와 같이 출력영상의 한 픽셀과 시점을 연결한 직선을 광선(ray)이라고 하며, 광선이 볼륨 데이터를 관통하면서 각 지점을 샘플링 하여 얻는 밀도에 여러 기법을 적용하여 최종 영상을 만든다. 볼륨 가시화에서 샘플링은 지정된 위치의 밀도를 얻기 위하여 주변의 값을 종합하여 계산하는 방법이다.

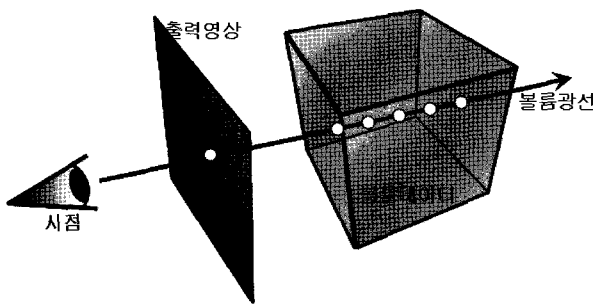


그림 4 3차원 가시화의 기본 모델

2.1 직접 볼륨 가시화

직접 볼륨 가시화는 광선이 볼륨을 투과하면서 샘플링 한 밀도를 다음과 같은 세 가지 과정을 순차적으로 적용하여 최종 영상을 얻는 기법을 말한다.

- 1) 분류(classification)
 - 샘플링 된 밀도를 사용자의 지정에 따라 색상과 불투명도로 변환한다.
- 2) 음영(shading)
 - 이전 단계에서 얻은 색상과 불투명도에 광학 효과를 입힌다.
- 3) 합성(composition)
 - 마지막 단계로, 계산된 최종 색상과 불투명도를 영상에 누적한다.

영상의 모든 픽셀에서 광선을 발사하여 위의 세 가지 과정을 거치면 최종적으로 출력영상을 얻을 수 있다. 이 방식은 환자의 내부 장기를 입체적으로 표현할

수 있으며 판독자에게 실제 형태와 근접한 영상을 제공한다.

2.2 최대 취소 투영

최대 취소 투영 가시화는 광선을 따라 진행하면서 최대 밀도를 찾는 방법이다. 직접 볼륨 렌더링과는 다르게 각 샘플링 마다 색상과 불투명도를 계산하지 않고 밀도의 최대 값만 고려한다. 따라서 각 픽셀은 광선의 최대 밀도 값을 갖는다. 이 방식은 볼륨 내부의 높은 밀도를 갖는 구조물을 관찰할 때 쓰인다. 실용적으로는 혈관 조형술을 통해 밀도가 높아진 경우나 골격의 CT영상과 같이 밀도가 높은 부분의 관찰에 주로 이용된다. 반면, 직접 볼륨 렌더링과 비교하면, 감쇄효과가 없으므로 입체감이 떨어지는 단점이 있다.

2.3 단면 재구성

단면 재구성 기법은 사용자가 원본 데이터를 관통하는 단면을 정의하면 그 절단면을 보여주는 방법이다. 단면은 주로 볼륨의 좌표계에 평행하게 지정되지만 볼륨 좌표계에 기울어진(oblique) 단면이나 곡면으로 정의된 단면일 수도 있다. 따라서 앞선 두 가지 기법과는 다르게 광선의 진행 연산이 없다는 특징이 있다. 이 방식은 관심 부위를 2차원 평면으로 펼쳐 볼 필요가 있을 때 주로 쓰인다.

그림 5는 왼쪽부터 순서대로 직접 볼륨 가시화, 최대 취소 투영 가시화, 단면 재구성을 통하여 얻은 출력 영상들이다.



그림 5 3차원 의료영상 가시화 기법들. 왼쪽부터 직접 볼륨 가시화(DVR), 최대 취소 투영 가시화(MIP), 단면 재구성(MPR)

3. 3차원 의료영상 시스템의 요구사항 및 현황

대량의 입력 영상을 분석하고 출력 영상을 생성하려면 많은 시간이 필요하다. 이것은 상용의 영상처리 프로그램으로 수 백장의 2차원 영상을 가공하는 것과 유사하다. 한편 출력하는 영상은 의료 진단용으로 사용되

므로 화질에 대한 요구 사항도 높다. 그리고 생성된 영상은 진단이 목적이므로, 임상적으로 유의미한 정보를 담고 있어야 한다. 따라서 “빠른 시간에 필요한 정보를 담은 고화질 영상을 생성”하는 것이 가시화의 목표이다.

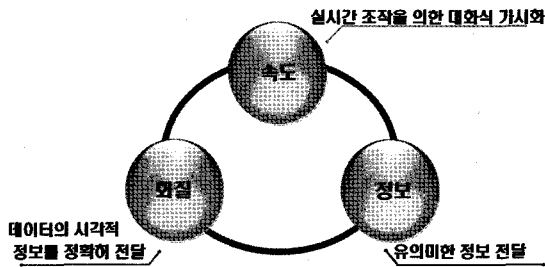


그림 6 3차원 의료영상 시스템은 속도, 화질, 정보를 종합적으로 고려해야 한다.

앞서 설명한 요구사항을 충족시키기 위해 여러 가지 시도가 이루어지고 있다. 먼저, 속도 향상을 위해 고성능 하드웨어 장비를 사용하는 방법이 있다. 하지만 이러한 고성능 장비는 비싸고 희소하여 널리 이용될 수 없는 한계가 있기 때문에 저렴한 비용으로 요구사항을 충족시킬 수 있는 연구도 활발히 진행되고 있다. 대표적으로 썬-클라이언트(thin-client) 모델을 적용시키는 연구와 저렴한 범용 하드웨어를 이용한 가속화 연구를 들 수 있다. 이와 같은 하드웨어 성능을 이용하는 방식과는 별도로, 알고리즘의 개선을 통해 가시화 속도를 향상시키는 방법도 연구되고 있다. 원본 데이터가 가지는 여러 가지 특성(빈 공간, 안 보이는 부분)을 이용하여 전처리와 추가적인 자료구조를 통해 필요 없는 계산을 줄임으로써 속도를 개선할 수 있다. 여러 개선 방안 중 썬-클라이언트 시스템과 범용 그래픽스 하드웨어에 대해 알아본다.

3.1 썬-클라이언트 시스템

고성능의 하드웨어 장비를 사용하는 것은 비용 문제가 크기 때문에, 경우에 따라 클라이언트-서버 방식으로 구동하여 다수의 사용자가 하나 또는 소수의 서버 자원을 공유할 수 있다. 이러한 방식은 기존의 의료기관내 전용 워크스테이션 수준의 기술개발에 머물러 접근성이 떨어지고 고가의 워크스테이션을 각 의료기관에서 구축해야 하는 비용을 대폭 줄일 수 있어 접근성, 경제성, 효용성 측면에서 효과적일 수 있다. 또한, 인터넷으로 고가의 컴퓨팅 자원을 공유하는 모델이므로 유지보수와 업그레이드와 관련된 비용과 경쟁력이 우월하다. 그림 7은 대표적 썬-클라이언트 시스템을 나타낸 것이다. 썬-클라이언트는 고성능의 장비를 주연 장치로 하고 사용자가 제어하는 장비는 최소한의 필

요한 요건만 가지는 방식을 말한다. 이 방식은 여러 명의 사람이 고성능 하드웨어를 공유 할 수 있어 성능, 속도 면에서 이득을 볼 수 있다.

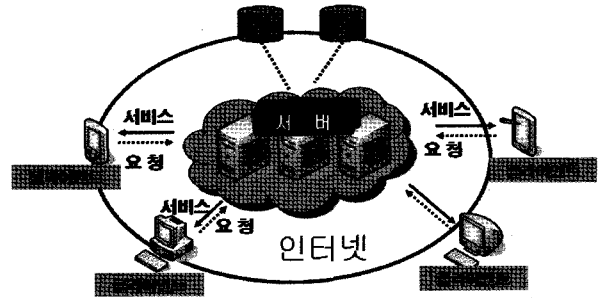


그림 7 썬-클라이언트 시스템 개념도

3.2 범용 그래픽스 하드웨어

최근 그림 8과 같은 개인용 컴퓨터에 장착되는 범용 그래픽스 하드웨어(GPU)를 사용하여 시스템 성능을 높이려는 노력이 진행되고 있다.

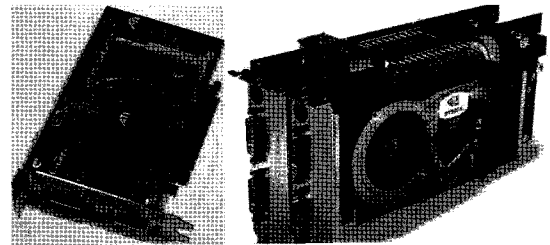


그림 8 범용 그래픽스 하드웨어

GPU는 CPU에 비해 월등히 빠른 실수 처리능력과 메모리 대역폭을 갖는다[4]. 최신의 사용자 하드웨어를 기준으로 GPU의 실수 처리능력은 200 GFlops인데 반해 CPU는 24 GFlops 이며, 메모리 대역폭은 GPU, CPU 각각 55GB/sec, 8GB/sec이다. CPU를 상회하는 GPU의 성능은 게임에서 주로 사용되었던 그래픽스 가속 성능과 기능을 의료영상 가시화에 사용하는 계기를 마련해 주었다.

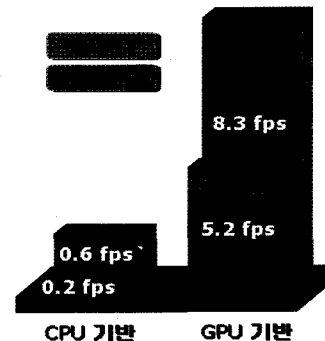


그림 9 현재 CPU와 GPU기반 가시화의 성능차이
CPU는 Pentium4 2.4GHz ,GPU는 ATI X1800XT를 사용한 측정치를 비교한 자료임

CPU를 상회하는 GPU의 성능은 3차원 의료영상 시스템에 적용이 되고 있다. 실제 GPU 기반으로 구현되어 상용화된 시스템은 CPU기반에 비해 최대 25배의 성능을 보이고 있다(그림 9).

4. 3차원 의료영상 시스템의 과제 및 발전방향

4.1 데이터의 대용량화

MDCT의 출현으로 대용량 데이터 생성이 일반화되고 있기 때문에, 현재와 같은 영상 처리는 한계를 드러내고 있다. 일례로 상당수 환자가 1000장 이상의 CT 영상을 생성하고 있으며 한 환자의 데이터가 1GB를 넘어서는 경우도 있다. 따라서 데이터 전송의 대역폭과 처리량을 획기적으로 줄이는 기법이 필요하다.

GPU를 이용한 시스템인 경우 대용량 데이터 처리는 굉장히 중요하게 해결되어야 할 문제중의 하나이다. 빠른 속도에 비해 한 번에 적재하여 사용할 수 있는 데이터의 크기에 제한이 있기 때문이다. 어 이 한계를 극복할 수 있는 연구가 진행되어야 한다.

대표적인 해결 방법은 3차원 영상 압축이다. 영상 압축은 이미 2차원 영상과 멀티미디어의 재생과 저장에 널리 사용되어왔다. 최근 데이터의 용량이 급격히 증가하는 3차원 의료영상에 영상 압축을 적용하려는 시도는 효과적인 방법이라 할 수 있다.

의료영상의 저장과 보관에 압축을 도입하는 것은 이미 DICOM, JPEG2000 등의 표준화를 통해 이루어진 상태이다. 그러나 압축된 3차원 의료영상을 가시화하는 방법은 쉽지 않은 일이다. 디코딩에 걸리는 시간이 가시화 시간을 크게 지연시키기 때문이다. 압축된 3차원 영상을 대화적으로 가시화하려면 압축된 영상을 직접 처리할 수 있어야 한다. 즉, 압축비가 높은 동시에 가시적인 화질 손실이 없고 디코딩과 가시화가 동시에 가능한 압축 기법이 연구되어야 한다.

위와 같은 연구는 GPU를 이용한 접근방식이 적합할 것으로 보인다. 최근 컴퓨터 영상 산업의 수요에 의해 GPU는 내부적으로 다양한 형태의 영상 압축 및 해제 회로가 내장되어 있고 GPU의 연산 속도는 비약적인 성장을 하고 있기 때문이다.

4.2 가시화 도구로 제한된 기능

3차원 의료영상 시스템을 이용한 병원에서의 영상 진단 서비스는 현재 전체 진단 검사서비스 매출의 약 50%를 차지할 만큼 그 비중이 크다. 또한, 영상 진단은 암 정기검진에 있어서 중요한 수단이고, 정기검진에

서 암이 발견된 환자들은 추가 진단과 치료를 위해 수차례의 영상 진단을 받게 되므로, 그 수요가 점점 증가하고 있다. 하지만, 이러한 수요 증가만큼 병원의 전문 인력 충원이 이루어지지 못하고 있고, 최근 CT, MRI 등 영상장치의 급속한 발전으로 한 검사 당 영상 발생량이 10~30배로 급증하게 되어 모든 영상에 대한 가시화 결과를 의사가 육안으로 판독하는 것이 한계에 부딪히게 되었다. 분할(segmentation), 정합(registration) 등 의사의 판독을 보조할 수 있는 영상 진단 보조 기능을 포함하는 시스템으로 영역을 확장해야 한다. 이제까지 진단은 의사의 2, 3차원 가시화 영상에 대한 판독서비스에 주로 의존하였으나, 앞으로는 진단 도구의 기능을 포함하는 의료영상 시스템의 1차적 검출, 분석 결과를 바탕으로 의사가 종합판단을 내리는 형태로 진화할 것으로 예상된다.

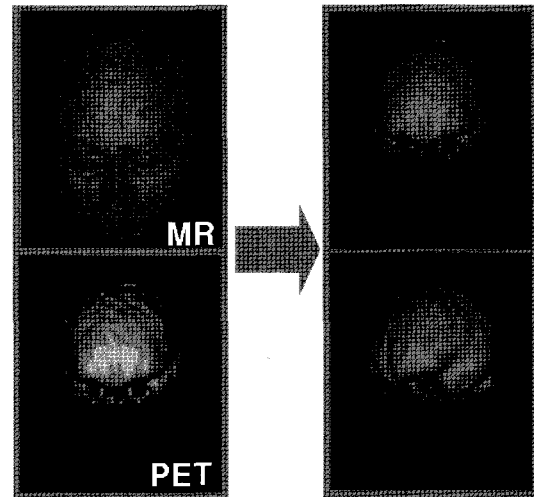


그림 10 MR과 PET영상의 정합

5. 결론

지금까지 CT, MR같은 의료 장비로 얻어지는 다량의 데이터로부터 필요한 3차원 정보를 얻기 위해 직접 볼륨렌더링, 최대 최소 투영법 및 단면 재구성법에 대해 살펴보았다. 이러한 다양한 방법은 서로 유기적으로 필요한 정보를 제공하여 적절한 진단이 가능하게 한다. 지금까지는 수 백장 이하의 데이터를 처리하는데 효과적으로 이용되어 왔지만, 생성되는 의료영상의 양이 계속 증가하는 추세이고 최신의 의료장비가 개발될수록 이 현상은 더욱 심화될 것이다.

이러한 문제는 데이터 압축 기술과 새로운 진단 보조기술의 개발로 해결이 가능하다. 압축기술은 하드웨어 데이터 저장 장치의 한계를 해결해 줄 수 있으며 진단 보조기술은 판독자의 진단 효율을 높일 수 있을

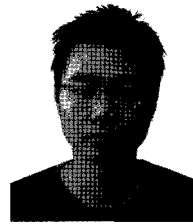
것이다.

향후 더욱 증가하는 다량의 데이터(4차원 의료 영상 데이터) 처리를 위해 더욱 향상된 데이터 압축/해제 및 빠른 가시화 등에 대한 연구가 필요하다. 또한 좀 더 지능적인 새로운 차원의 진단 보조 기술 또한 매우 주요한 연구 분야가 될 것이다.

참고문헌

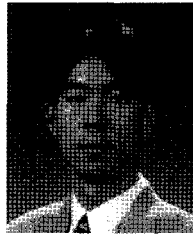
- [1] E. B. Lum and K. L. Ma, "Hardware-Accelerated Parallel Non-Photorealistic Volume Rendering," Non-Photorealistic Animation and Rendering archive Proceedings of the 2nd international symposium on Non-photorealistic animation and rendering, pp67-75, 2002.
- [2] H. Hauser, L. Mroz, G. I. Bischi and M. E. Groller, "Two-Level Volume Rendering," IEEE TVCG, 7(3), pp242-252, 2001.
- [3] J. Kruger, R. Westermann, Acceleration Techniques for GPU-based Volume Rendering, Proceedings of IEEE Visualization '03, pp. 287-292, 2003.
- [4] M. Macedonia. "The GPU enters computing's mainstream," IEEE Computer, October 2003.

이택희



2001.2 서울대학교 컴퓨터공학부
 2003.2 서울대학교 컴퓨터공학부(석사)
 2003.3~현재 서울대학교 전기컴퓨터
 공학부 박사과정
 관심분야 : 볼륨 가시화, 컴퓨터 그래픽스,
 실시간 렌더링
 E-mail : watersp@cglab.snu.ac.kr

계희원



1999.2 서울대학교 전산학과(학사)
 2001.2 서울대학교 컴퓨터공학부(석사)
 2005.8 서울대학교 컴퓨터공학부(박사)
 2003.3~2005.12 인피니트 테크놀로지
 연구원
 2006.1~현재 서울대학교 컴퓨터연구소
 연구원
 관심분야 : 볼륨 가시화, 컴퓨터 그래픽스,
 실시간 렌더링
 e-mail : kuei@infinit.com

신영길



1982.2 서울대학교 계산통계학과(학사)
 1984.2 서울대학교 계산통계학과(석사)
 1990 미국 University of Southern
 California 전산학과 박사
 1990~1992 경북대학교 전자계산학과
 전임강사
 1992~현재 서울대학교 컴퓨터공학부 교수
 E-mail : yshin@cse.snu.ac.kr

• 제17회 통신정보 합동학술대회(JCCI 2007) •

- 일 자 : 2007년 5월 2 ~ 4일
- 장 소 : 휘닉스파크
- 내 용 : 논문발표 등
- 주 최 : 정보통신연구회
- 상세안내 : <http://mobile.ajou.ac.kr/jcci2007>