

# 이미지 스트리밍 기술을 이용한 웹 기반 3차원 의료영상 시스템의 구현과 성능평가

기재홍, 유선국<sup>1,2</sup>, 김용욱<sup>3</sup>, 최귀원<sup>4</sup>

연세대학교 생체공학 협동과정, 연세대학교 개인 식별 연구소, 연세대학교 의과대학 의학공학교실<sup>1</sup>,  
이동형 응급의료정보시스템 개발센터<sup>2</sup>, 연세대학교 의과대학 성형외과학교실<sup>3</sup>, 한국과학기술연구원 의과학연구소<sup>4</sup>

## Performance Test of Web Based 3D Medical Image System using Image Streaming Technique

Jae Hong Key, Sun Kook Yoo<sup>1,2</sup>, Yong Ouk Kim<sup>3</sup>, Kui Won Choi<sup>4</sup>

Graduate School of Biomedical Engineering, Yonsei Univ., Human Identification Research Institute, Yonsei Univ.;  
Dept. of Medical Engineering, College of Medicine, Yonsei Univ.<sup>1</sup>; Center for Emergency Medical Informatics<sup>2</sup>;  
Dept. of Plastic Surgery, College of Medicine, Yonsei Univ.<sup>3</sup>; Biomedical Research Center, Korea Institute of Science and Technology<sup>4</sup>

### Abstract

**Objective:** It is still the important subject that 3D visualizing of medical images to help patient diagnose. There were many challenges for fast 3D visualization but it has some limitations that volume rendering without high price's hardware and software. Some techniques through the web were suggested to construct high quality's 3D visualization even though it was an only poor personal computer. This technique could share the volume rendering board and diagnose 3D images together. However there are some problems to construct web based 3D visualization. These are network delay, optimized visualization and security etc. The purpose of this paper was to visualize and control the 3D medical image having a high quality on the web. **Methods:** To construct this system, we used mainly three tools which were VolumePro1000 board, WMV9(Windows Media Video 9 Codec) and socket functions based on TCP(Transmission Control Protocol). VolumePro1000 board could calculate quickly heavy matrixes of 3D images using phong's shading and shear-warp factorization. WMV9 was able to compress efficiently live images and to apply image streaming technique. Socket functions based on TCP transmitted messages to control the 3D images. **Results:** We developed 3D visualization system and evaluated about image qualities and transmission conditions of different compression rates on unfixed network condition. **Conclusion:** It was big advantages that WMV9 encoder could decode automatically in many platforms(desk top, PDA, notebook, cellular phone, etc) without installing specific decoding programs if they only have Windows Media player. We expect 3D visualization system to be utilized various biomedical fields such as IIGS(Interactive Image Guided Surgery), CAD(Computer Aided Diagnosis) and Tele-medicine technologies. (*Journal of Korean Society of Medical Informatics 11-4, 391-398, 2005*)

*Key words:* 3D Medical Image, Image Streaming, Web, Windows Media Video 9 Codec

논문투고일: 2005년 8월 22일, 심사완료일: 2005년 12월 15일

교신저자: 유선국, 120-752, 서울특별시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 의과대학 의학공학교실

전화: 02-2228-1919, Fax: 03-363-9923, E-mail: sunkyoo@yumc.yonsei.ac.kr

\* 본 연구는 2003년도 보건복지부지정 특정센터연구지원 연구개발 사업 연구비에 의하여 연구되었음(과제번호: 02-PJ3-PG6-EV08-0001).

## I. 서 론

의료 영상 장비의 발달로 인간의 신체 장기에 대한 기능적, 해부학적 시각화가 가능하게 되었다. 의학적인 진단이나 치료에 활용되는 대표적인 의료 영상 장비로는 CT(Computerized Tomography), MRI(Magnetic Resonance Imaging), PET(Positron Emission Tomography), 그리고 Ultrasound 등의 장비를 들 수 있다. 2차원 단면 영상들로부터 3차원 영상을 재구성하는 기술에 대해서는 지금도 전세계적으로 활발히 연구되고 있고, 상용화 되어가고 있다. 오늘날의 CT, MR, PET, 그리고 Ultrasound 시스템은 진단 방사선 전문의와 임상 전문의의 정밀한 진단을 위하여 방대한 양의 3차원 데이터를 생산한다. 특히 외과의사의 경우, 고화질의 3차원 영상을 실시간 조작하여 정확하고 효율적인 수술이 가능한 시스템을 절실히 필요로 하고 있다. 현재 진행되고 있는 IGS(Image Guided Surgery), CAD(Computer Aided Diagnostics) 분야의 경우도 이에 관한 활발한 연구가 활발히 진행되고 있는 상황이다.

하지만 CT와 같은 의료 영상장비로부터 획득된 2차원 단면 영상들에 대한 3차원 의학 영상의 경우만 보더라도, 512<sup>3</sup>의 크기에 달하고, 이는 1억 개 이상의 복셀(voxel)양에 해당된다. 따라서 이러한 거대한 양의 데이터 배열에 대한 특정 기능의 조작과 영상처리 기술을 원활히 수행하기 위해서는 볼륨 구현과 조작에 요구되는 다량의 수학적 매트릭스 계산을 하드웨어적으로 가속화하여 계산할 수 있는 볼륨 렌더링 보드(volume rendering board)와 이를 조작하기 위한 특정 SDK의 연동이 불가피하다. 물론 이러한 특정 가속 장치가 없는 일반 PC(personal computer)에서도 3차원 영상의 구현은 가능하지만, 가속 장치가 설치된 PC의 수행능력이 다량의 데이터에 대한 더 빠른 계산능력을 가지고 있고, 전통적인 텍스처 매핑(texture mapping) 기반의 3차원 영상 구현보다 더 정교하고 다양한 3차원 영상처리 기술을 적용할 수 있는 것이 사실이다.

최근 많은 연구에서 이러한 3차원 영상에 관한 기술을 웹으로 확장하여, 볼륨 렌더링 보드와 같은 하드웨어 가속기가 설치되어있지 않은 일반 사용자의 컴퓨터에서도 고화질의 3차원 영상에 대한 진단과

조작을 가능하게 하는 시도들이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 웹 기반 시스템의 개발은 우선적으로 저비용으로 여러 사람에게 3차원 진단 영상을 제공할 수 있다는 장점이 있다. 그리고 이러한 시스템의 발전은 거리의 제한을 극복한 전문가 그룹간의 협의로의 확장을 가능하게 한다. 또한 최근 많은 데이터에 대한 저장과 계산 능력의 대한 문제를 극복하기 위한 해결책으로 대두되고 있는 그리드 컴퓨팅(grid computing) 기술로의 적용이 가능 하다고 할 수 있다.

이러한 장점에도 불구하고 아직까지 문제가 되는 사안들이 있다. 우선 네트워크의 제한된 대역폭에 따른 네트워크 부하(network load)를 줄이는 것에 대한 문제, 최적화된 시각화 문제, 의료 영상의 외부 유출에 따른 보안 문제 그리고 공동 협의를 통한 진단 시스템으로의 확장문제 등을 고려해야 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 대상

본 연구에서는 볼륨 렌더링 보드가 설치되지 않은 일반 사양의 PC 사용자를 대상으로 시스템을 평가 하였으며, 컴퓨터에서 3차원 영상의 최적화된 시각화를 찾는 것을 목적으로 하고 있다.

서버 컴퓨터는 3.2GHz pentium4 프로세서, 512램(random access memory), AGP(accelerated graphics port) 인터페이스를 가진 128Mbytes 3차원 그래픽 카드(GeForce FX 5700, nVIDIA, California, USA), PCI 인터페이스의 실시간 볼륨 렌더링 보드이고, OS(operating system)는 Microsoft Windows XP 였다. 측정된 클라이언트의 컴퓨터는 2.4GHz pentium4 프로세서, 512RAM(random access memory), 32Mbytes 그래픽 카드가 설치된 PC였다.

### 2. 3차원 시각화를 위한 볼륨 렌더링 기술

볼륨 렌더링을 위해서는 2차원 이미지들에서 3차원 볼륨으로의 구현을 위한 필수적인 기본 절차가 필요하다. Volume rendering은 크게 5개의 단계를 거쳐서 수행된다<sup>1)2)</sup>. 최초 입력 데이터에 대해서는 기울기(gradient)를 구한다. 이 작업은 3차원 데이터

안에서 얼마나 급격하게 값이 변하는가를 측정하여 다른 물질들과의 경계를 결정하는데 쓰이게 된다. 다음으로 가상의 ray가 voxel의 블록을 통과할 때 ray가 통과하는 블록의 voxel들이 ray에 맞게 정렬되어 있지 않으므로 보간(interpolation)을 통해 샘플을 만들게 된다. 이렇게 생성된 샘플들은 관심영역의 유무에 따라 불투명도를 달리하게 되는 classification을 수행하게 된다. 또한 광원을 설정하고 조명 모델을 이용하여 음영처리를 하고 샘플의 칼라를 구하는 과정을 거치게 된다. 마지막으로 각 ray에 따라 존재하는 수많은 샘플들을 하나의 픽셀값으로 합성하는 작업을 수행하여 모든 작업을 완성하게 된다(Fig. 1).

Volume rendering은 전통적으로 사용되어온 3차원 폴리곤 기반의 surface rendering 기법과는 다르다. 3차원 폴리곤 기반의 그래픽은 근본적으로 wire-frame models상에서 폴리곤들을 위치시키고 오브젝트의 표면을 표현하는 방식이다. 이 방식은 자연스러운 오브젝트의 내부를 묘사하는데 많은 제한점이 있다.

Shading은 빛의 효과를 고려하여 데이터에 shaded color를 할당하고 이를 통해 물체에 입체감을 주는 기법으로, VolumePro1000 보드는 phong의 illumination model을 사용한다. illumination model은 크게 세 가지 성분으로 나눌 수 있는데, 첫 째는 전체적인 빛을 고려하는 ambient reflection이고 이것은 물체의 표

면에 모든 곳에서 똑같은 반사비율을 가지게 하는 것이다. 두 번째는 빛이 물체 표면에 투사되는 각도에 의한 밝기를 고려한 diffuse reflection 이다. 세 번째는 빛이 물체를 투사하고 반사될 때 그 빛이 시선과 이루는 각도에 의해서 결정되는 밝기인 specular reflection이 있다. 이러한 세 가지 빛을 고려하여 최종적인 shaded color가 결정 된다<sup>3)</sup>.

초기 3차원 볼륨 렌더링을 위해 사용되었던 ray-casting 방식은 픽셀에서 임의의 방향으로 ray를 쏘아서 3차원 볼륨을 통과하기 때문에 데이터를 저장 순서로 접근하지 않는다. 따라서 ray가 볼륨을 거처가는 샘플 포인트를 계산하는 resampling 단계에 상당히 많은 계산이 요구되어 진다. 이러한 렌더링 시간을 단축시키는 대표적인 방법으로 shear-warp 변환이 있다 shear-warp 변환이 이루어지는 과정은 CT와 같은 의료 영상 장비로부터 획득된 2차원 단면 영상을 차곡차곡 쌓아 올린 3차원 볼륨 데이터를 이미지 평면에서의 ray와 수직이 되도록 shear한다. Shear된 첫 번째 슬라이스부터 데이터가 저장된 scan-line순서로 'over'연산을 통해 투영(projection)하여 합성(composition)하게 되는데 그렇게 되면 2차원의 왜곡된 중간 이미지가 형성된다. 이렇게 왜곡된 2차원 중간 이미지를 warping하여 결과 이미지를 얻게 된다<sup>4)</sup>.

본 연구를 위해 CT로부터 획득된 인간의 두개골 2차원 단면영상은 vox의 형식으로 데이터를 재구성한다. 이는 서버 컴퓨터에 설치된 VolumePro1000 보드(TeraRecon, Massachusetts, USA)와의 상호적인 3차원 영상 조사를 하기 위해서 필요하다<sup>5)</sup>.

64bit PCI를 가진 VolumePro1000 보드는 3차원 의료 영상을 매우 신속하고 정확하게 구성하고 조작하는 것을 가능하게 한다. 또한 VolumePro1000 board는 phong shading과 sheared warp 변환을 기반으로 볼륨을 구성하며, 실시간으로 초당 10억개의 trilinear interpolation으로  $513^3$ (8- or 12-bit voxels) 샘플들을 만들 수 있다<sup>6)</sup>.

vox파일의 형식으로 변환된 데이터들은 3차원 볼륨 렌더링 보드를 통해 빠른 속도의 영상 조사가 가능하다. 또한 자연스러운 3차원 영상의 효과를 모니터에 효과적으로 표현하기 위한 방법으로 OpenGL의 라이브러리가 지원되었다. 그리고 3차원 볼륨 렌

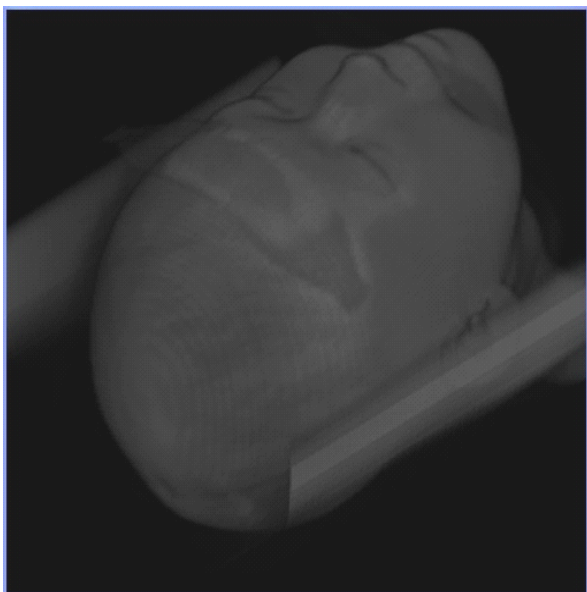


Figure 1. 3D visualization using volume rendering technique

더링 보드에 대한 조작을 위하여 VLI(Volume Library Interface, TeraRecon)을 사용하여 Visual C++ 6.0으로 프로그램 하였다. VLI API는 VolumePro1000 board의 모든 기능에 대한 low-level 접근을 개발자에게 편리한 방법으로 가능하도록 다양한 함수를 제공한다.

### 3. Windows Media Video 9 Codec을 이용한 이미지 스트리밍

이미지 스트리밍 기술은 웹 상에서 대용량의 데이터를 전송할 때 광대역폭을 필요로 한다. 그러므로 대용량의 자료를 웹 상에서 전송하기 위해서는 효율적인 전송 기술이 필수적이다. 따라서 서버 컴퓨터에서 재구성된 3차원 영상은 웹 환경하에서 효율적으로 스트리밍 하기 위해서 압축된다.

본 연구에서는 기존의 선행 연구에서 많이 사용되어온 MPEG-4의 압축 기술과 달리 높은 비트 전송율을 발생시키기 위한 해결방안으로 WMV9을 사용하였다. WMV9은 클라이언트 입장에서 특정 디코더에 대한 설치 없이 자동으로 윈도우 미디어 플레이어에서 사용될 수 있고, 또한 이러한 압축 영상은 윈도우 미디어 플레이어가 제공되는 모든 플랫폼에서 동작하기 때문에 다양한 장비에 대한 적용과 확장을 용이하게 할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그리고 WMV9은 뛰어난 압축효율을 가지고 있고, 다양한 압축률을 적용할 수 있기 때문에 압축 시스템을 구축하는 방식이 매우 용이하여 웹 환경하에서

최적화된 스트리밍 기술의 구현이 가능하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 스트리밍 시나리오에서 효율적으로 사용할 수 있는 CBR(Constant Bit Rate) 방식을 선택하였다. 서버 컴퓨터에서 캡처되는 이미지는 512×512 픽셀 사이즈이다. 압축된 영상에 대한 내용은 실시간으로 전송되며, 이는 서버에 접속한 클라이언트에 한하여 3차원 영상의 변환 결과를 윈도우 미디어 플레이어를 통하여 디코딩하게 되어 제공받게 된다<sup>7)</sup>.

스트리밍 콘텐츠의 설계에 있어서 민감한 부분 중에 하나가 버퍼 크기의 조정이다. 버퍼는 미디어 콘텐츠를 생성하고 전송하는데 있어서 필수적인 요소이다. 버퍼는 총 3개로 구성되어 있으며 엔코더, 서버, 플레이어에 각각 위치한다(Fig. 2). 엔코더 버퍼의 경우, 압축률에 영향을 주고, 서버 버퍼의 경우, 영상의 loading 시간을 조정할 수 있으며, 플레이어 버퍼의 경우는 클라이언트에게 자연스러운 영상 출력을 제공한다. 그러나 너무 큰 버퍼의 크기는 스트리밍의 지연을 생성하고 너무 작은 버퍼의 크기는 미디어 콘텐츠의 화질을 낮게 한다. 따라서 스트리밍 지연과 화질간의 절충점이 필요했다. 본 연구에서는 엔코더와 플레이어 쪽의 버퍼 사이즈를 조정하여 버퍼링 시간을 1초로 설정하였다. 그러나 실제 어플리케이션의 적용은 네트워크 환경에 영향을 받기 때문에 지정된 버퍼링 시간이 고정된 값이라는 것을 항상 보장할 수는 없다. 엔코딩 시스템은 Visual Basic 6.0으로 구축하였다<sup>8)</sup>.

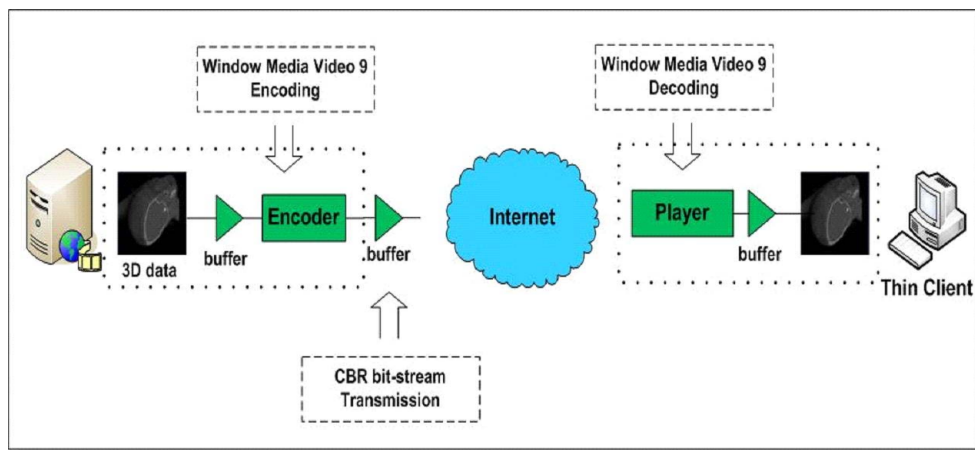


Figure 2. Structure of image streaming layer

#### 4. 전체 시스템 구조

본 연구에서는 원격지의 일반 사양의 PC를 소유한 클라이언트를 thin client, 이 중에서 사용 권한을 부여 받은 thin client를 master thin client라고 정의한다. Thin client의 메시지 교환을 위한 구조를 구현하기 위하여 소켓 프로그래밍을 사용하여 서버 컴퓨터에 접속한 클라이언트들 중에서 한 명의 thin client에게 3차원 영상의 조작에 관한 운영권한을 부여한다. Master thin client는 서버 컴퓨터의 기능을 조작할 수 있는 권한으로 영상 회전, 3차원 영상을 2차원으로 잘라서 볼 수 있는 cropping 기능, 신체의 외부 조직과 내부 조직을 구분하는데 사용되는 불투명도 조절 등의 영상 조작 함수를 사용 할 수 있다. Master thin client는 다음과 같은 함수의 사용을 메시지의 형태로 서버 컴퓨터에 전달하게 된다. 그리고 특정 master thin client의 조작에 따른 결과 영상은 서버 컴퓨터에 접속되어 있는 모든 thin client에게 동기화된 결과 영상을 브로드캐스팅 기법으로 제공하게 된다(Fig. 3).

#### 5. 웹 기반 3차원 의료 영상 전송 및 조작

지금까지 제안한 기술을 사용하여 웹 기반 3차원 의학 영상 시스템을 설계하였다. 우리는 CT 데이터에 대한 웹 기반 3차원 의료 영상 시스템을 실험하

였다. 원격 컨트롤에 대한 권한이 부여된 master thin client의 경우에 수동적인 결과 영상을 보는 것이 아닌 서버 컴퓨터에서 실시간으로 재구성 되고 있는 3차원 영상에 대한 몇 가지 기능(rotation, cropping, opacity)의 조작을 실시 할 수 있다. 이 방식은 서버 컴퓨터와의 TCP-IP(Transmission Control Protocol)로 서버 컴퓨터에 메시지를 전송하게 된다. TCP-IP 프로토콜을 적용하므로 인해 신뢰성 있는 데이터 전송이 가능하므로, 명령 전송 실패 시 재전송하는 방식이 이루어 진다. 다음의 메시지 전송 방식을 통한 원격 컨트롤 시스템은 Visual C++ 6.0으로 구현하였다<sup>9)</sup>.

이렇게 조작된 영상은 서버 컴퓨터에 접속한 다수의 thin client들에게 스트리밍되어 실시간 브로드캐스팅된다(Fig. 4).

### III. 결 과

본 시스템을 이용하여 몇 가지 실험을 실행하고, 분석하였다. 실험이 이루어진 네트워크 환경은 LAN (Local Area Network)이었다. 측정 장소는 연세대학교와 세브란스 병원 사이에서 이루어졌다(거리: 약 1km). 최초 7일 동안 네트워크의 최대, 최소 다운로드 속도를 측정하였다. 그 결과 4.78Mbps의 최소값과 38.3Mbps의 최대값을 측정할 수 있었고, 평균 28.76Mbps를 나타내었다.

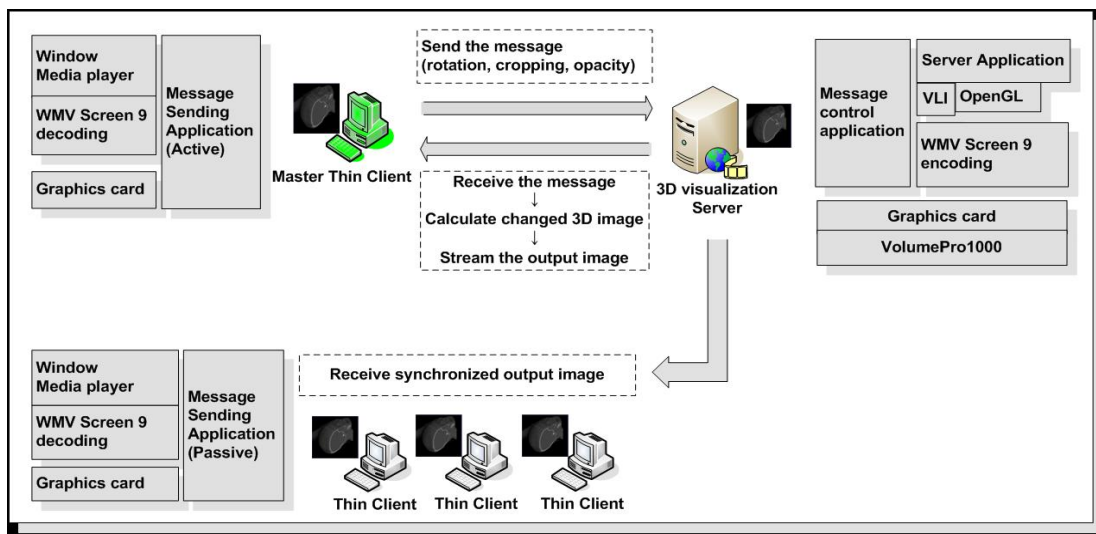


Figure 3. Structure of 3D medical image system

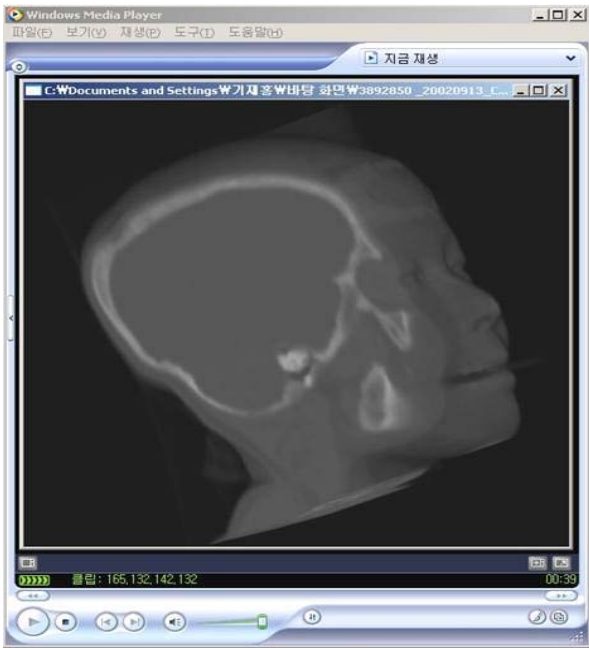
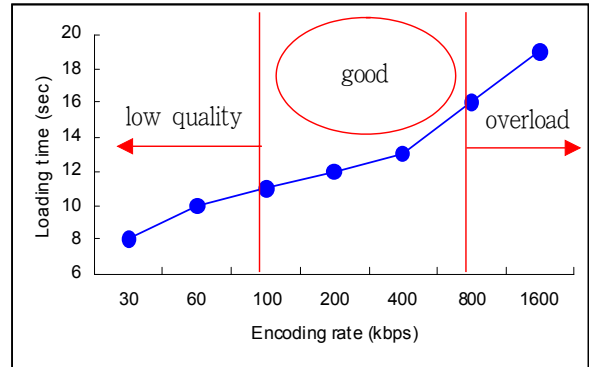


Figure 4. Cropping image using image streaming(1000kbps encoding)

첫 번째 실험은 다양한 압축률에 따른 thin client 쪽의 loading 시간을 측정하였다. 출력 이미지의 크기는 입력 이미지와 같은 512×512였다. 결과는 8sec ~ 20sec로 측정되었다(Table 1). 100kbps 이하의 압축 비트율의 경우에는 화질이 서버 컴퓨터 쪽과 비교하여 많이 떨어졌기 때문에 유용하지 않다고 할 수 있다(Fig. 5). Figure 5의 저화질 이미지의 경우, 두개골 내부의 모습이 고화질과 상이하게 보인다. 이러한 요소는 진단에 있어 오진을 일으키는 원인이 될 수 있다. 또한 800kbps이상의 압축 비트율의 경

Table 1. Loading time on encoding rate



우, 네트워크 상태의 악화와 thin client의 접속의 증가를 고려할 때, 본 네트워크 환경에서는 적절하지 않다고 판단된다. 실제 본 시스템을 의학적인 어플리케이션에 적용한다고 가정했을 때, 무엇보다 중요한 것은 화질과 영상의 지속성이라고 할 수 있다. 진단용으로 사려할 경우, 화질의 중요성이 무엇보다 중요할 것이고, 원격 수술과 같은 어플리케이션에 활용될 경우, 영상의 지속성도 굉장히 중요한 요소라 할 수 있다.

두 번째 실험은 스트리밍되는 출력 이미지의 크기에 따른 지연 시간을 측정하였다. 이때 압축 비트율은 200kbps로 압축되었다. 본 실험은 제공되는 의학 영상의 확대율의 가능성을 판단하기 위해 실험되었다. 실제 현지에서 수술하는 의사의 경우, 환자의 환부를 정확히 판단할 수 있지만, 원격지의 경우, 단지 제공되는 영상에 의존해야 하기 때문에, 제공한 영상의 확대율에 대한 평가는 간과할 수 없는 요소라 할 수 있다.

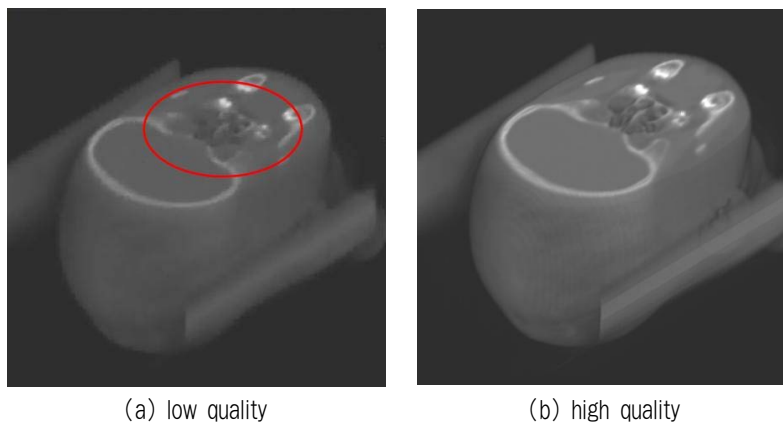
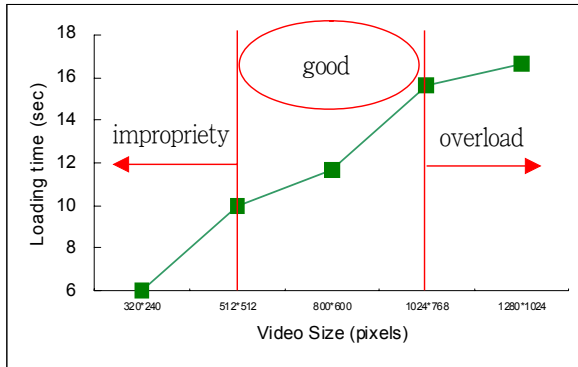


Figure 5. Quality comparison of images

Table 2. Loading time on video size



측정 결과 6sec~18sec로 영상이 제공되었고, 영상의 화질에는 많은 차이가 있었다. 320×240의 영상의 경우, loading 시간은 빠르지만, 진단용으로 이용되기에는 부적합하다고 판단된다. 또한 서버 컴퓨터 쪽에서 캡처링 되는 원 영상의 크기가 512×512라는 점을 감안할 때, 오히려 서버보다 작은 영상이므로 영상의 loading 속도와 무관하게 같은 영상의 크기를 제공하지 않으므로 진단용으로 부적합하다고 판단하였다. 1024×768 이상의 영상의 경우, loading 속도가 너무 느렸고, 이미지가 퍼져 보이는 문제가 있어 서버 쪽에서 제공되는 영상과 같은 판단을 하기에는 제한점이 있었다(Table 2).

세 번째 실험은 WMV9의 수행 능력을 측정하기 위해 압축률에 따른 손실 프레임률을 측정하였다. 이는 원격지에서 수술을 시도할 때, 발생할 수 있는 영상의 지속성 문제에 대해 판단하기 위해 실험되었다. 15kbps 이하에 대해서는 100%의 frame loss로 사용 불가하였고, 60kbps까지는 약 20~30%의 손실률을 보였다. 사실 의료 영상의 판단에 있어서 손실 프레임이라는 것은 생각하기 힘든 문제이다. 100kbps 이상에서는 대부분 0%의 프레임 손실률을 나타내었다(Table 3).

마지막으로 서버 컴퓨터에 다수의 thin client가 접속한 상황에서 다양한 압축률을 적용하여 master thin client의 원격 컨트롤이 thin client들에게 브로드캐스팅되는 interactive loading 시간을 측정하였다. 각각의 압축률에 대해서 thin client의 수를 1명에서 4명까지 증가시키면서 실험하였다. 본 실험은 실제 하나의 영상을 대상으로 전문가들 간의 협의가 이루어지는 상황을 고려하여 실행되었다. Master

Table 3. Frame dropped rate on encoding rate

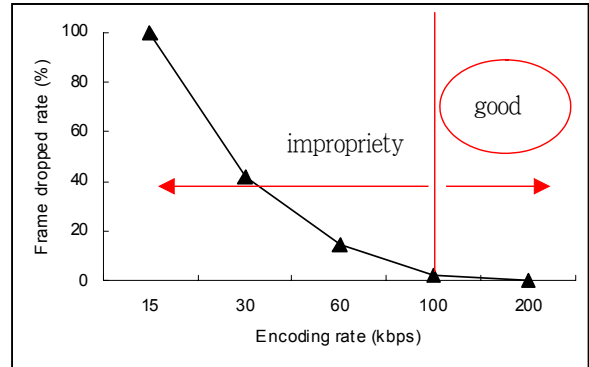


Table 4. Interactive loading time on encoding rate



thin client가 서버 컴퓨터의 영상을 원격 컨트롤 할 때, 나머지 thin client에게 제공되는 변화 영상이 신속하지 않을 경우, 협의에 많은 제한 사항이 발생하게 된다. 그 결과 thin client의 수의 증가에 대하여 초기 loading 시간은 크게 차이가 나타나지 않았다. 하지만, thin client에게 브로드캐스팅되는 조작결과 이미지의 실시간 interactive loading 시간은 60kbps~200kbps에서 가장 안정적이고 신속한 상태를 측정할 수 있었다(Table 4). 이는 전문가 협의를 위한 시스템 구현시 의미가 있는 데이터라 할 수 있다.

#### IV. 고 찰

본 연구에서 우리는 WMV9의 이미지 스트리밍 기술을 이용한 웹 기반 3차원 의료영상 시스템을 구현하였다. 이미지 스트리밍 기술은 원격 수술 및 진단 등 다양한 분야에서 적용될 수 있다.

앞서 제안한 시스템을 이용하여 우리는 LAN 환

경에서의 시스템 수행 능력을 평가하였다. 그 결과 출력 이미지 크기의 변화와 다양한 압축률에 따른 loading 시간과 화질평가, thin client의 접속 수와 다양한 압축률의 환경하에서 master thin client의 서버 컴퓨터 조작에 따른 thin client에게 제공되는 영상의 소요 시간을 측정할 수 있었다. 이들 데이터를 통해 원격 진단 및 수술 시, 제공되는 영상을 위해 화질과 지속성을 기준으로 적합한 압축률과 영상의 크기를 판단 할 수 있었다. 이는 지금까지의 선행 연구들과 달리 현재까지 시도되지 않은 WMV9 기술을 3차원 의료 영상 분야에 적용하여 시스템을 구현하고 최적의 스트리밍 조건을 찾기 위한 시도였다는 측면에서 의미가 있다.

본 실험에서 연구된 자료를 바탕으로 앞으로의 발전된 연구방향은 다음과 같다. 본 시스템과 관련된 다양한 시스템의 개발과 시도는 앞으로 대용량의 3차원 의료영상 데이터베이스 구축에 따른, PACS 시스템의 DICOM 영상과의 연동된 3차원 의료영상 진단 시스템으로의 확장이 가능하다고 사료된다.

그 다음은 안전한 이미지 스트리밍 기술의 개발이다. 스트리밍 기술의 수행능력은 아무리 우수하다고 하더라도 브로드캐스팅에 따른 보안성 확보의 문제는 필수적이다. 현재 window media encoder에서는 broadcast security property를 이용하여 서버 컴퓨터에 접속하는 불특정 클라이언트의 IP를 차단하고, 특정 IP에 대해서만 콘텐츠를 허용하는 기술이 제공되고 있다. 하지만 이것만으로 보안성이 확보된다고는 할 수 없다. 따라서 일차적으로 특정 사이트 내에 ID와 PASSWORD를 통해 접속해야 하며, 그 안에서 2차적으로 등록된 IP에 의한 제한 방식이 택해지고, 그 외의 인증절차가 이루어지는 방식에서의 접근이 요구된다.

마지막으로 현재 대용량의 데이터 전송을 가능하게 하는 광대역 네트워크 환경이 구축되어 가고 있지만, thin client의 접속 수에 따른 네트워크 대역폭의 다양한 변화에 따른 안정적인 시스템의 구축이 요구된다.

따라서 클라이언트 장비의 수행능력과 실시간 네트워크 상태 분석을 통한 최적화 영상 스트리밍을 가능하게 하는 적응형 스트리밍 시스템의 개발이 요구되어진다.

3차원 의학 영상 시스템의 최종적인 개발에 따른 기대효과는 원거리에 있는 환자에 대한 진료 및 치료에 있어서 원활한 환자 데이터 교환, 고차원 영상 진단을 위해 필요한 고가의 장비의 기능공유, 세계 각지의 전문의들 간의 협력적인 작업, 나아가서 3차원 원격 수술로의 발전 등을 생각할 수 있다.

### 참고문헌

1. Lichtenbelt B, Crane R, Naqvi S. Introduction to volume rendering. New Jersey:Prentice Hall: 1998. pp.28-30.
2. VolumePro™1000 principles of operation:2001. pp.2-5.
3. Lacroute P, Levoy M. Fast volume rendering using a shear-warp factorization of the viewing transformation. SIGGRAPH 1994:451-458.
4. Available at: <http://historical.ncstrl.org/litesite-data/stan/CSL-TR-95-678.pdf>. Accessed August 20, 2005
5. VolumePro™1000 voxel file format specification. MA:TeraRecon:2001. pp.1-10.
6. Yoo SK, Wang G, Rubinstein JT, Skinner MW, Vannier MW. Tree-dimensional modeling and visualization of the cochlea on the internet. IEEE Trans Inf Technol Biomed 2000;4(2):144-51.
7. Available at: <http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/9series/encoder>. Accessed July 10, 2005
8. McEvoy S. Windows media platform. WA:Microsoft Press:2003. pp.379-399.
9. Kim SU. Windows network programming. Seoul: Hanbit Media:2004. pp.127-143.