

웹 기반의 다이렉트 볼륨 렌더링 View 프로그램의 설계 및 구현*

A Design and Implementation of Direct Volume Rendering View Program based on Web

윤요섭, 윤가림, 김영봉
부경대학교

Yoon Yo-Sup, Yoon Ga-Rim, Kim Young-Bong
PuKyong Nat'l University

요약

인터넷은 사용이 매우 간편한 도구인 월드와이드웹의 등장으로 인하여 가장 독보적이면서도 강력한 지원을 제공하는 세계에서 가장 간편한 네트워크 자원이 되었다. 더 나아가 정적인 2차원을 넘어서 3차원 View 웹 서비스와 같은 동적인 서비스를 제공하는 많은 방법들이 제시되었다. 본 논문에서는 MRI, CT, PET 같은 2차원 의료 영상을 쌓아 만든 3차원 데이터를 웹에서 인터랙티브하게 가시화 하는 볼륨 렌더링 View 프로그램을 제시할 것이다. 이를 위해 우리는 COM기술을 바탕으로 하는 ActiveX 컴포넌트인 OCX 컨트롤로 만들어 웹 페이지에서 실행 가능하도록 하였다. 또한 인터넷만 있으면 쉽게 원격에서도 3차원 가시화를 통한 영상 분석을 할 수 있는 기능을 제공하여 질병의 진단에 크게 기여 할 것으로 기대된다.

Abstract

Since the world wide web, simple and convenient tool, has proposed, the Internet became the most simple network resource which provide many informations of the world. Furthermore, various methodologies are developed to support the dynamic service such as 3D View web service. We will propose the volume rendering view program that interactively visualize the 3D data on the web. The 3D Data is obtained by stacking the 2D images along the z-direction. We also employ the COM based OCX control which is a kind of Active component. This web program will contribute the diagnosis of the diseases through the 3D visualization and image analysis functions at remote places.

I. 서론

질병의 진단을 목적으로 사용하는 CT, MRI, PET 단층사진은 한 두 장의 사진으로 진단하는 X-ray 사진과는 달리 100여장의 사진을 이용한다. 이와 같이 의사가 진료를 할 때 의사는 많은 사진을 한꺼번에 놓고 봐야하고 2차원 단면 사진을 머리 속에서 3차원으로 재구성해야하는 불편함이 있다. 단층 사진을 3

차원 영상으로 만들 수 있다면 머릿속에서 재구성할 필요가 없어 의사들은 단층 사진을 진료에 쉽게 이용할 수 있을 것이다. 이러한 연구가 과학적 가시화의 한 분야로 볼륨가시화에서 활발히 진행되고 있다. 그 결과로 Explorer나 AVS, 그리고 VolVis와 같은 다양한 가시화 시스템들이 개발되었고, 실제 able 소프트웨어사의 3d doctor, MediaCybernetics사의 3D Constructor와 같은 우수한 프로그램들이 의료 영상의 분석 및 질병의 진단을 목적으로 상용화되어 쓰여

* 이 논문은 두뇌한국21사업에 의해 지원되었음

지고 있다. 하지만 이러한 연구들은 주로 자체 컴퓨터나 로컬 네트워크 내에서 3D 볼륨 렌더링 기능을 제공하였다.

최근 몇 년간 많은 병원들이 PACS를 도입하면서 예전과는 달리 슬라이스 영상들을 필름으로 현상해서 일일이 보관하는 것이 아니고 디지털화된 이미지 파일 형태로 저장하고 네트워크를 통해서 빠르게 전송하고 있고, 또한 초고속 인터넷의 발전과 더불어 해당 컴퓨터 뿐만 아니라 원격 진료의 개념에서 멀리 있는 곳에서도 진단이 가능한 그런 시스템의 개발을 요구하고 있는 실정이다

본 논문에서는 2차원 디지털 이미지를 3차원으로 재구성하여 활용 및 진단에 사용할 수 있는 방법을 제시하고, 더 나아가 병원내 로컬 환경에서만 적용되는 것이 아니라, 어디서나 쉽게 http프로토콜 기반에서의 웹브라우저만 있으면 URL만 입력하여 쉽게 원격지에서도 접근하고, 렌더링 파라미터를 조절하므로써 상호 작용할 수 있는 웹 기반의 볼륨 렌더링 시스템을 개발하고자 한다. 그리고 기존의 PACS와 같은 의료 영상 처리 전문 시스템에서도 쉽게 추가하여 사용할 수 있도록 Com기반의 ActiveX컨트롤로 개발하여 재사용성 및 확장성을 극대화할 것이다.

II. 관련 연구

1. 인터넷 기반 3D 영상 기술

최근 xDSL과 같은 초고속 인터넷 기반 기술의 발전은 단순히 문자 기반의 문서 정보 전달, 정적인 페이지 검색의 형태에서 벗어나 동적인 3차원 정보를 제공하고 사용자와 상호작용하는 멀티미디어적인 확장을 가능케 하였다. 이와 관련한 인터넷 기반의 3차원 영상 기술을 살펴보면, 단순히 이미지를 원통이나 구 형태로 매핑하여 중심점에서 돌려보는 파노라마 기술과 3차원 폴리곤을 기반으로 하는 Web 3D 기술이 있다. Web 3D기술로는 VRML, 슈퍼스케이프, 컬트 3D, 펄스 3D등이 있는데, 이런 기술들은 현재 세

계의 주요 사이트에서 활용하고 있다. 그러나 200KB에서 3MB에 이르는 플러그인 소프트웨어를 내려받아야 하는 불편함이 있다. 그 외의 Web 3D 기술로는 자바버추얼머신(JVM)을 탑재한 환경 하에서 실행되는 자바 언어기반의 Blaxxun3D, Shout3D, Java3D 등이 있었다.

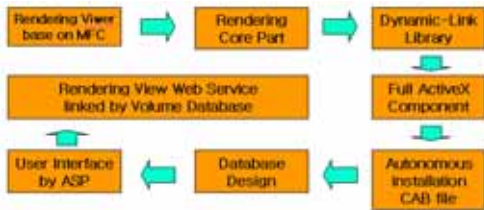
2. 볼륨 렌더링

기존의 폴리곤 방식의 그래픽 렌더링 방법은 점과 선으로 연결하여 오브젝트를 생성하기 때문에 surface부분만 렌더링 되어서 내부 영역을 가시화 할 수 없었다. 하지만 모든 물체의 요소를 복셀 단위로 취급하여 각각 점으로 표현하는 볼륨렌더링은 복잡한 영역을 표현 가능케 할뿐 아니라 내부영역의 구조도 표현할 수 있다.

2차원 데이터 셋을 기본으로 3차원 영상으로 렌더링하는 방법으로, 각 복셀의 법선 벡터를 구해서 직접렌더링을 하는 방법과, 볼륨데이터의 외곽 표면을 다각형 요소로 나눈 후 렌더링을 하는 간접렌더링 방법으로 나눌 수 있고, 또한 직접 렌더링 방법은 투영 공간과 오브젝트의 투영 방향에 따라 영상 공간 렌더링 방법과 물체 공간 렌더링 방법으로 나누어 진다.

III. 전체적인 시스템 개요

웹상에서 사용자의 파라미터에 따라 3차원 볼륨 데이터를 렌더링하여 보여주는 프로그램을 구현하기 위해서는 그래픽 렌더링 엔진이 있어야 하고, 표현되는 정보로서 3차원 볼륨 데이터가 있어야 한다. 실제 웹상에서 볼륨데이터 파일을 구동하기 위해 렌더링 프로그램을 Full ActiveX 컴포넌트인 OCX로 만들었다. 그리고 데이터 파일은 웹상에서 ASP와 연동하여 데이터베이스로 관리함으로써 효율적인 관리와 접근 및 수정의 용이함을 도모 하였다. 시스템 구현의 전체적인 진행과정은 아래 그림 1과 같다.



▶▶ 그림 1. 구현의 진행 과정

1. Rendering Viewer

렌더링 엔진의 독립 모듈화를 위하여 Rendering Engine을 클래스화 및 정리 구성하였다. 여기서 Rendering Viewer란 MFC를 기반으로 제작된 일반 어플리케이션 개념의 프로그램을 의미한다. 이에 Rendering Viewer는 렌더링 엔진의 DLL 제작과 웹에서 실행 가능한 ActiveX component인 OCX를 제작하기 위한 프로토타입이라 할 수 있다.

2. 렌더링 엔진의 DLL

코드는 항상 수정 및 개선되기 마련이며 렌더링 엔진 코드 때문에 분리될 수 있는 Active 코드 부분까지 다시 제작한다면 이 컴포넌트는 확장성이 떨어질 수밖에 없다. 이에 렌더링 엔진 코드 부분을 독립적 모듈화를 통해 최종 개발될 프로그램의 수정 및 업데이트의 편의를 위해 DLL로 만들어 다른 곳에도 유용하게 사용할 수 있도록 할 것이다.

3. Web ActiveX Component

클라이언트 웹 브라우저를 통해 CAB파일로 제작된 ActiveX Web Rendering Viewer Component는 사용자 쪽에 자동 설치가 되고 후에 있을 수 있는 그래픽 엔진 모듈의 수정 및 보완은 최신 버전의 ActiveX Component로 제작되어 다시 CAB 파일을 통한 버전 관리가 이루어지도록 하였다. 이 CAB파일은 렌더링 엔진을 내장한 OCX파일과 컨트롤 및 지원 파일 설치를 제어하는 inf파일로 구성되며, cabinet software development kit을 사용하여 패키지로 만

들어진다. 이렇게 패키지를 생성하면, 종속 DLL의 이름을 지정하고 위치를 제공할 수 있으며, 코드 서명을 사용할 수 있고, 더 빠르게 다운로드할 수 있도록 압축할 수 있게 된다. 다음으로 생성된 CAB파일을 웹페이지에 Object 태그의 codebase 명령을 사용하여 컨트롤의 서버상의 위치를 지정하여 포함시킨다. 이렇게 함으로 웹에서 실행 가능한 ActiveX component로 제작하였다.

4. 사용자 웹 Interface와 DB table design

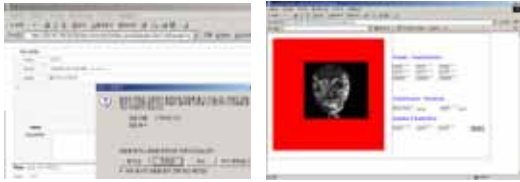
보고자하는 볼륨 데이터 파일은 서버에서 제공하는 게시관형 인터페이스를 통해 클라이언트측에 제공하도록 이루어지고, 관련정보, 데이터는 서버측 데이터베이스에 구축 관리된다.



▶▶ 그림 2. 웹 인터페이스 ▶▶ 그림 3. DB table design

5. Web Viewer와 DB연동을 통한 렌더링

렌더링 웹 프로그램을 실행하기 위해서 우선 사용되어질 볼륨 데이터를 구축되어진 데이터베이스를 통해서 그림4에서와 같이 전송을 받고, 간단히 브라우저상에 URL만을 입력하여 ActiveX Component Web Page에 접근함으로써 렌더링을 수행할 수가 있다. 각종 데이터의 조작은 web page에서 VB스크립트로 구성된 폼에 입력 파라미터를 컨트롤에 넘겨줌으로서 인터랙티브하게 볼륨데이터를 가시화 할 수가 있다.



▶▶ 그림 4. 데이터 다운로드 ▶▶ 그림 5. 실행 예제

6. 볼륨 렌더링 알고리즘

6.1 Volume Data 구성 방식

연속적인 2차원 슬라이스 영상을 z방향으로 쌓아서, 렌더링 웹 프로그램에서 실행되어지는 볼륨 데이터로 만들어 사용하였다. PACS와 같은 시스템에서 이용되어 지는 디지털 정보를 파싱해서 사용하면, 보다 지능적인 시스템이 될 것이다.

6.2 Ray Casting 알고리즘

2차원 평면에 3차원 물체를 표현하는데 사용되는 알고리즘이다. 3차원 공간상의 한 점을 복셀이라고 하고 3차원 공간상의 물체를 투사하였을 때 2차원 투사평면에 투사된 2차원 공간상의 한 점을 픽셀이라고 한다. 샘플링된 좌표의 위치를 결정하기 위해서는 아래와 같은 변환 행렬을 사용하여 ray가 지나가는 위치를 결정한다.

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & e & i & m \\ b & f & j & n \\ c & g & k & o \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

여기서, (x',y',z')는 고정된 z'값을 가지는 2차원 투사 평면이며 (x,y,z)는 실제 물체가 놓여 있는 3차원 공간상의 좌표이다.

Ray casting 알고리즘은 거꾸로 2차원 투사 평면에 맺힌 화소로부터 3차원 공간상의 복셀들의 위치를 추적하는 방법이므로 위의 변환 행렬식을 역변환해야 된다. 역변환 행렬을 아래와 같고 역변환식은 다음과 같이 표현할 수 있다

$$\begin{pmatrix} a & e & i & m \\ b & f & j & n \\ c & g & k & o \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \text{inverse } X \begin{pmatrix} a & e & i & m \\ b & f & j & n \\ c & g & k & o \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

역변환 행렬

$$\begin{pmatrix} a & e & i & m \\ b & f & j & n \\ c & g & k & o \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

역변환식

또 아래와 같이 시선 방향으로 z' 값을 증가시키면서 2차원 평면과 3차원 물체를 만나게 하여 3차원 좌표를 구한다.

$$\begin{pmatrix} x + il \\ y + jl \\ z + kl \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & e & i & m \\ b & f & j & n \\ c & g & k & o \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' + dz' \\ 1 \end{pmatrix}$$

Ray Casting은 이런 복셀의 값을 시선 방향으로 모두 누적시켜 최종으로 2차원 공간상에 투사되는 3차원 영상을 표현할 수 있다.

6.3 볼륨 렌더링 과정

볼륨 렌더링을 위한 렌더링 결과를 얻기 위해 그라디언트 연산, 보간 연산, 클래스파이, 셰이딩, 콤포지팅의 순으로 계산 결과가 만들어져야 한다.

■ 그라디언트 연산

여기서 그라디언트는 곧 표면법선 벡터를 의미한다. 셰이딩과 클래스파이 과정에서 그라디언트의 크기를 이용하여 빛과 관계된 요소와 불투명도를 얻게 되어 있으므로 그라디언트의 크기와 방향을 구할 필요성이 있다. 그라디언트 (Dx, Dy, Dz)는 해당 복셀의 x, y, z, 방향의 전후 복셀의 값의 차이를 이용하여 다음과 같이 구한다.

$$Dx = f(x-1, y, z) - f(x+1, y, z)$$

$$Dy = f(x, y-1, z) - f(x, y+1, z)$$

$$Dz = f(x, y, z-1) - f(x, y, z+1)$$

■ 보간 연산

앞의 변환식에 의해 구한 3차원 좌표는 실제 3차원 물체의 복셀 좌표와 일치하지 않는 경우가 발생하므로 복셀간 보간 연산이 필요하게 된다. 복셀간 보간 연산으로는 현재 구해진 좌표에 0.5씩을 더해준 다음 소숫점 이하는 버리는 근접연산을 사용한다.

$$x = [x + 0.5]$$

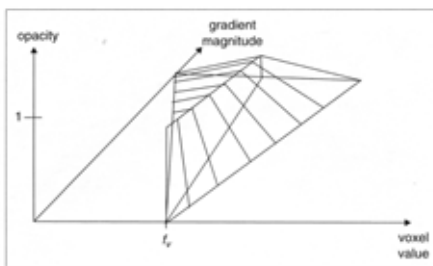
$$y = [y + 0.5]$$

$$z = [z + 0.5]$$

여기서 [x]는 x보다 작은 최대 정수를 취하는 연산자이다.

■ 클래스파이

물체의 불투명도를 계산하는 단계이다. 데이터를 구성하는 여러 물질이 섞여 있을 때 각각의 물질들의 경계면을 뚜렷하게 표현함으로써 영역을 구분해 내는 것이다. 해당 복셀에서 물질과 얼마나 가까운가를 나타내는 기준이 되는 값인 그라디언트의 크기와 복셀의 밀도값으로서 불투명도를 결정하는 르보이가 제안한 방법을 사용하였다.



▶▶ 그림 6. Levoy가 제안한 자동영역분할함수

■ 셰이딩

아래에 주어진 풍의 조명 모델을 이용하여 각 복셀에서의 셰이딩 계산을 수행한다.

$$C_i = C_a \cdot K_a \cdot O_d + C_p \cdot K_d \cdot O_d \cdot (\bar{N} \cdot \bar{L})$$

여기서, C_i 는 셰이딩 된 값, C_a 는 물체의 고유 밝기 값, K_a 는 표면 반사값, O_d 는 물체의 빛에 의한 확산치, C_p 는 빛의 칼라값, K_d 는 물체의 확산반사값, \bar{N} 는 표면법선벡터, \bar{L} 은 빛의 방향 벡터이다

■ 콤포지팅

Front-To-Back 방식을 통해서, 위의 과정에서 불투명도와 셰이딩에 의해 결정된 값을 이용하여 시선 방향으로 누적 시키는 과정이다. 식으로 표현하면

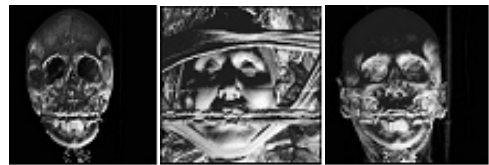
$$I(a,b) = \sum_{i=0}^n C_i \prod_{j=0}^{i-1} (1 - \alpha_j) = C_0 + C_1(1 - \alpha_0) + \dots$$

$I(a,b)$ 는 복셀누적화 된 값이고, a는 시선방향으로 입사시 처음 시작하는 위치고 b는 마지막 위치이다

7. 렌더링 웹 서비스 실행 결과

3차원 볼륨 데이터의 여러 가지 분석과 관찰을 위해서 볼륨의 회전, 확대/축소, 이동, 불투명도 조절, 광원의 위치 조절 등의 기능들로 사용자 환경을 구성하였다.

■ CT영상 렌더링



▶▶ 그림 7. 볼륨 관측 예

위 그림은 본 연구에서 구현한 웹에서 표면을 구하는 밀도값의 범위를 변화시킴에 따라 다르게 보여지는 모습을 표현한 것이다.

■ MR영상 렌더링



▶▶ 그림 8. 데이터 조작 예

IV. 결론 및 향후 과제

최근 MRI와 CT와 같은 단층 촬영기기의 발달과 병원의 PACS구축으로 디지털화가 가속화되고 있고, 또한 초고속 인터넷의 발전과 더불어 디지털 데이터를 사용한 원격 진료의 개념이 부각되고 있는 실정이다. 이에 본 논문에서는 인터넷이 사용 가능한 웹 브라우저만 있으면 CT나 MRI로 구성된 의료영상을 볼륨 가시화하는 편리한 방법을 제시하였다. 향후 과제로 렌더링 엔진에서의 여러 가지 최적화 알고리즘의 적용 및 기능 개선에 대한 연구를 수행 할 것이다.

■ 참고문헌 ■

- [1] Robert A. Drebin, Loren Carpenter, and Pat Hanrahan] "Volume Rendering", Computer Graphics(Proceedings of SIGGRAPH 88)
- [2] Marc Levoy"Efficient Ray Tracing of Volume Data",ACM Transactions on Graphics(july 1990)
- [3] Marc levoy"Display of surface from volume data", IEEE Computer Graphics and Applications, 1988.
- [4] D.Ney, E.Fishman, D.Magid, and Drebin "volumen rendering of compute tomography data:Principles and techniques" IEEE Computer Graphics and Applications
- [5] A.E.Walsh, M.bourges-Sevenier, "Core Web 3D" Prentice Hall, 2000.
- [6] 박상민, 윤성현, 김태윤, "밀도값 보간을 이용한 볼륨 렌더링" 한국정보처리학회 추계 Vol3, NO2, 1996
- [7] 임인성, 이래경,"On Enchancing the Speed of splatting with Indexing" In Proxeedings of Visualization 95, 1995.
- [8] 박재영, 이병일, 최홍국, "3차원 샘플링에 기반을 둔 볼륨렌더링 프로그램의 설계 및 구현"멀티미디어학회 논문지 Vol.5, NO.5, oct., 2002
- [9] 김보선, 최우영, "영역분할된 의료영상의 볼륨 렌더링" Journal of Research Institute of Industrial Technology Vol 20. 2001. MyongJi University
- [10] 윤성의, 신영길, "3D 텍스처 매핑 하드웨어 하에서 범선 벡터 블렌딩을 이용한 가속화된 볼륨 렌더링", 정보과학회 논문지:시스템 및 이론 28권 3호, pp. 166-172, 2001.4.
- [11] 여윤석, 박종구 "ASE 파일 파싱 및 모델 데이터베이스 연동을 통한 3D view 웹 서비스 구현" 한국정보처리학회,Vol.10, No.2. 2003.11.