

XML 기반의 3차원 의료 데이터의 명세 및 가시화

김승완^o 박덕규 권오봉 이진

{kswsamson^o, parkdg11, obgwun}@chonbuk.ac.kr, kunlee@handong.edu

3D Medical Data Specification and Visualization Based on XML

{Seungwan Kim^o Deokgyu Park Oubong Gwon}* Kun Lee**

Division of Electronics and Information Engineering, Chonbuk National University*

School of Computer Science & Electronic Engineering, Handong University**

요 약

웹은 플랫폼에 의존하지 않고 모든 사람들이 공통으로 이용할 수 있는 인터페이스를 제공하기 때문에 웹브라우저 상에 3차원 의료 데이터를 가시화하여 표현한다면 원격 진단, 의료 교육 등에 이용될 수 있다. 이 논문은 3차원 의료 정보를 3차원 의료 볼륨 데이터, 3차원 의료 영상, 볼륨 렌더링 응용의 3 종류로 구분하여 이들을 XML로 표현하는 방법 및 텍스처 맵핑 기반의 디렉트볼륨렌더링(Direct Volume Rendering)을 SVG(Scalable Vector Graphics)으로 표현하여 SVG 뷰어 상에 표시하는 방법을 제안한다. 제안 방법의 실행 결과는 웹 브라우저 상에서 의료데이터의 분석이 가능하게 하고, 또한 볼륨렌더링 응용프로그램을 SVG로 표현, 결과 이미지를 SVG 뷰어로의 표시가 가능하다는 것을 보여준다.

1. 서 론

3차원 의료 데이터는 의사들에게 진찰, 치료 및 수술에 필요한 많은 정보를 제공하나 그 데이터의 양이 방대하여 여러 가지 가시화 방법이 연구되었는데 디렉트볼륨렌더링도 그 중의 하나이다. 디렉트볼륨렌더링을 독립된 플랫폼에서 수행하는 방법은 거의 실시간 처리가 가능할 정도로 연구가 진행되었다. 그러나 인터넷 상에서 사용자들이 3차원 의료데이터를 공유하거나, 디렉트볼륨렌더링으로 생성된 3차원 의료 영상을 공유하는 효율적인 방법은 아직 완성되지 않았다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 Hendin 등이 VRML과 JAVA를 사용하여 인터넷 상에서 볼륨렌더링을 구현하는 방법을 제안하였으나[1], 아직까지 3차원 의료 데이터를 인터넷에서 사용자들이 공유하기는 쉽지 않다.

현재의 웹 기술은 발전을 거듭하여 플랫폼에 관계없이 독립된 인터페이스 기능을 사용자들에게 제공하고 있다. 웹 브라우저는 많은 사람들이 사용하고 있기 때문에 이를 사용하면 의사, 교육자 등 여러 사용자들이 최소한의 사용법만으로 의료 정보를 획득할 수 있다. 이 때문에 3차원 의료 데이터의 웹에서의 공유는 매우 중요한 이슈라 할 수 있다. 또 하나의 웹 브라우저의 중요한 역할은 3차원 의료 영상을 표현하는 형식(Format)을 제공하는 것이다. 이 논문에서는 XML을 이용하여 3차원 의료데이터를 명세하는 방법에 대하여 고찰한다.

XML(eXtensible Markup Language)은 확장된 마크업(markup) 언어로 보다 융통성있는 정보 검증 기능을 제공하여 웹의 기능을 향상시키기 위하여 설계되었다. SVG(Scalable Vector Graphics)는 웹 페이지를 설계하

기 위해 만들어진 벡터 그래픽스 언어로 이를 이용하여 평이한 명령으로 농담감, 투명감, 애니메이션, 필터링 효과 등을 고해상도로 표현할 수 있다.

현재 3차원 의료영상정보를 XML로 표현하는 표준화된 방법은 없다. 이 논문에서는 3차원 의료영상정보의 표현을 표준화하기 위한 하나의 방법을 제안한다. 이를 위하여 인터넷을 통하여 전송될 수 있는 정보를 다음과 같이 3 종류로 분류한다

- ① 3차원 의료데이터 전송
- ② 디렉트블룸렌더링 등으로 생성된 3차원 의료영상의 전송
- ③ 디렉트블룸렌더링 등의 3차원 의료 응용프로그램의 전송

2장에서 위의 3 종류에 대한 의료영상정보 표현에 대해 알아보고, XML 및 SVG를 이용하여 웹브라우저 상에서 표현하는 방법에 대하여 고찰한다.

2. 3차원 의료영상정보의 표현

인터넷에서 3차원 의료데이터를 가시화하는 방법은 클라이언트에서 가시화하는 방법과 서버에서 가시화하는 방법의 2가지로 구분 지을 수 있다. 먼저 클라이언트에서의 가시화는 3차원 의료데이터를 전송 받은 후 블룸렌더링 등의 응용프로그램 등을 이용하여 가시화한다. 서버에서 가시화하는 경우는 사용자 인터페이스를 구성하는 클라이언트 플랫폼에 있는 브라우저를 이용하여 서버에 있는 응용프로그램을 실행시킨 후 생성된 이미지를 전송 받는다. 클라이언트에서 가시화하는 방법은 클라이언트에 설치된 응용프로그램을 이용하는 방법과 서버에서 다운로드 받은 응용프로그램을 사용하는 두 가지로 나눌 수 있다. 클라이언트에 설치된 응용프로그램을 이용하는 경우는 네트워크를 통하여 받은 3차원 의료데이터의 종류와 그 데이터의 처리 방법을 명확히 지정해야 한다 [2].

3차원 의료 정보를 표준화된 방법으로 웹상에서 표현하기 위해서는 위의 어느 방식이든지 XML로 표현하여 정형화해야 한다. 의사들은 3차원 의료영상 데이터를 인터넷을 통하여 전송받고, 블룸렌더링 등의 기법으로 가시화된 영상을 보기 원한다.

또한 그들 스스로 웹 브라우저에 블룸렌더링 응용프로그램을 실행해 보려 한다. 2.1절과 2.2절에서는 각각 XML을 이용하여 3차원 의료데이터를 표현하는 방법과 3차원 의료영상을 표현하는 방법에 대하여 논하고, 2.3절에서는 SVG와 XML을 이용하여 블룸렌더링 응용프로그램을 표현하는 방법에 대하여 논한다.

2.1. 3차원 의료데이터의 표현

최근 MRI, CT, 초음파 등의 의료영상획득 장치의 획기적 발전을 이루어 3차원 의료 영상데이터를 생성하고 있으나, 아직 표준화된 파일의 형식이 정립되어 있지 않고 업체마다 각기 다른 방법을 취하고 있다. 이러한 데이터가 진단에 사용되는 것뿐 아니라 연구, 실험 등 그 용도가 여러 가지로 확대됨에 따라 표준화가 시급한 실정이다. 3차원 의료데이터는 다음과 같이 2 가지 방법으로 XML로 표현할 수 있다[3].

- ① 3차원 의료데이터의 구조를 XML로 표현하고 여기에 3차원 의료영상 데이터 파일을 링크 시킨다.
- ② XML을 이용하여 3차원 의료데이터 파일 구조 및 내용을 표현한다.

첫 번째 방법은 XML 도구가 직접 3차원 의료데이터 값에 직접 접근할 수 없는 단점이 있고, 두 번째 방법에서 의료데이터의 값으로 직접 접근은 3차원 의료데이터가 방대하기 때문에 이를 마크업 언어로의 기술이 복잡해질 수 있다. 예를 들면 복셀 당 1Byte를 갖는 파일의 블룸 해상도 512×512×512 크기의 의료데이터 파일의 용량은 128MByte가 되는 바이너리 파일이다. 이 때문에 이 논문에서는 첫 번째 방법을 사용한다. 3차원 의료데이터의 구조는 XML로 기술하고, 3차원 의료데이터 파일이

여기에 링크된다. XML의 스키마 정의는 다음과 같이 기본적으로 파일의 형식과 3차원 의료데이터 파일의 구조, 설명으로 이루어진다.

① 파일 형식(Format)

파일의 형식은 바이트 순서, 기본 자료형, 블록 크기로 이루어진다.

- A. 바이트 순서(big endian, little endian)
- B. 기본 자료형(8bit integer, 16bit endian)
- C. 블록 크기

블록데이터 집합을 효율적으로 처리하기 위하여 블록 단위로 전송, 각 블록은 전체 블록의 서브 블록을 구성하는 복셀 값들을 갖는다.

② 3차원 의료데이터(블록데이터) 파일의 구조

블록데이터 파일의 구조는 헤더의 길이, 블록 해상도, 복셀 당 비트 수, 샘플율로 이루어진다.

- A. header length : 헤더 길이의 바이트 수 표시
- B. width : 블록 데이터 x 방향 복셀 수
- C. height : 블록 데이터 y 방향 복셀 수
- D. depth : 블록 데이터 z 방향 복셀 수
- E. bit per voxel : 빛의 세기와 인덱스를 포함한 복셀 당 비트 수
- F. index bits : 복셀 당 인덱스 비트 수
- G. sample ratex : x 방향 샘플율
- H. sample ratey : y 방향 샘플율
- I. sample ratez : z 방향 샘플율

③ 설명

설명은 데이터 파일의 제작자와 의료 획득 장치로 이루어진다.

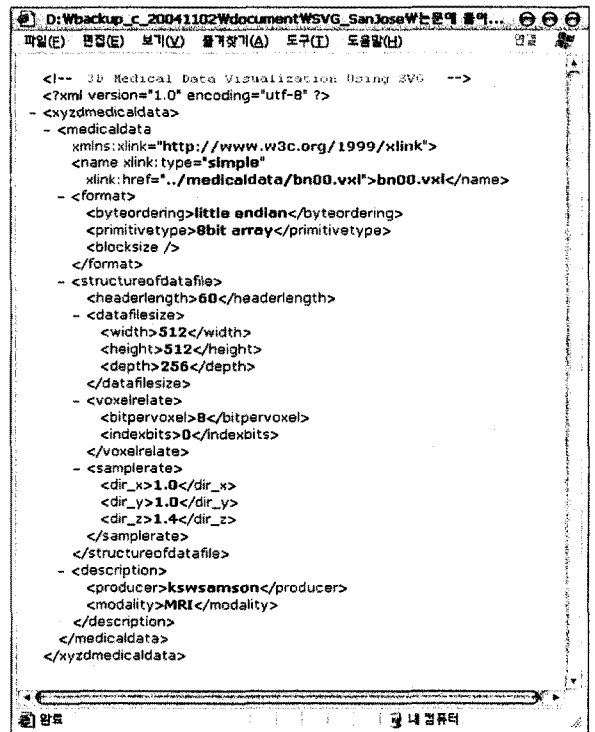
- A. producer : 블록 데이터 파일의 제작자를 표시한다.
- B. modality : 블록 데이터 파일을 생성한 의료 획득 장치를 표시한다.

[그림 1]은 3차원 의료 데이터의 XML 스키마를 이용하여 정의한 샘플 CT 데이터를 보인다.

2.2 3차원 의료 영상의 표현

3차원 의료 영상은 디렉트블록렌더링, 마칭큐브 알고리즘, 타일링 알고리즘 등의 여러 가지 방법으로 생성된다. 이 중 디렉트블록렌더링은 레이캐스팅, 프로젝션, 텍스처 맵핑 등의 구현 방법이 있으나, 같은 방법을 사용하더라도 파라미터의 설정 방법에 따라 생성된 영상의 결과가 다르다. 디렉트블록렌더링은 각각의 방법이 독립되어 발전하였기 때문에 생성된 영상을 비교하기 위하여 표준화의 필요성이 제기되어 왔으나 효율적인 표준화 방법은 아직 제시되지 않았다. 이 논문에서 제안하는 방법은 디렉트블록렌더링으로 생성된 영상의 표현법을 표준화하기 위한 하나의 시도이다.

[그림 1] XML 스키마를 이용한 샘플 CT 데이터



3차원 의료 영상을 표현하는 마크업 언어는 이미지에 대한 정보와 함께 이미지를 생성하는데 사용하는 방법과 파라미터에 대한 정보를 표준 형식에 따라 표현해야 한

다. 즉 결과의 3차원 의료 영상만을 관찰하여 의료 데이터를 이해하는 것은 어렵기 때문에 해당 3차원 의료 영상을 생성하는데 사용한 파라미터와 알고리즘 명세를 함께 표시해야 할 필요가 있다.

이 논문에서는 XML을 이용하여 렌더링 파라미터와 생성 알고리즘과 함께 3차원 의료 영상을 표현하는 방법을 제안한다. 렌더링 파라미터는 장면 설명, 관측 파라미터, 광학 모델, 이미지 명세로 이루어지고[4] 알고리즘 명세는 재구성 방법, 분류, 경사, 파이프라인 진행 순서, 광원으로 이루어진다[5]. 다음 요소들로 3차원 의료 영상의 XML 스키마를 정의한다.

렌더링 파라미터의 명세는 다음과 같다.

- ① 장면 설명
 - 장면 설명은 좌표계, 배경, 내장된 물체, 데이터 집합으로 이루어진다.
 - A. 좌표계(cartesian, cylindrical, spherical)
 - B. 데이터 집합(data file names, precision)
 - C. 배경(background color or texture map)
 - D. 내장된 물체(surface description, material property)
- ② 관측 파라미터
 - 투영법, 시점, 관측 윈도우로 물체를 보는 방법을 지정한다.
 - A. 투영법(orthographic, perspective)
 - B. 시점, 목표점(eyex, eyey, eyez, atx, aty, atz)
 - C. 관측 평면 윈도우(right, left, top, bottom)
- ③ 광학 모델
 - 디렉트볼륨렌더링을 할 때 사용되는 광학 모델을 지정한다. 광학 모델의 속성값은 absorption, emission, absorption plus emission에서 선택된다.
- ④ 이미지 명세
 - 디렉트볼륨렌더링으로 생성한 이미지의 물리적인 명세 즉 이미지의 크기, 해상도, 데이터 형식 등을 지정한다.

알고리즘의 명세는 다음과 같다.

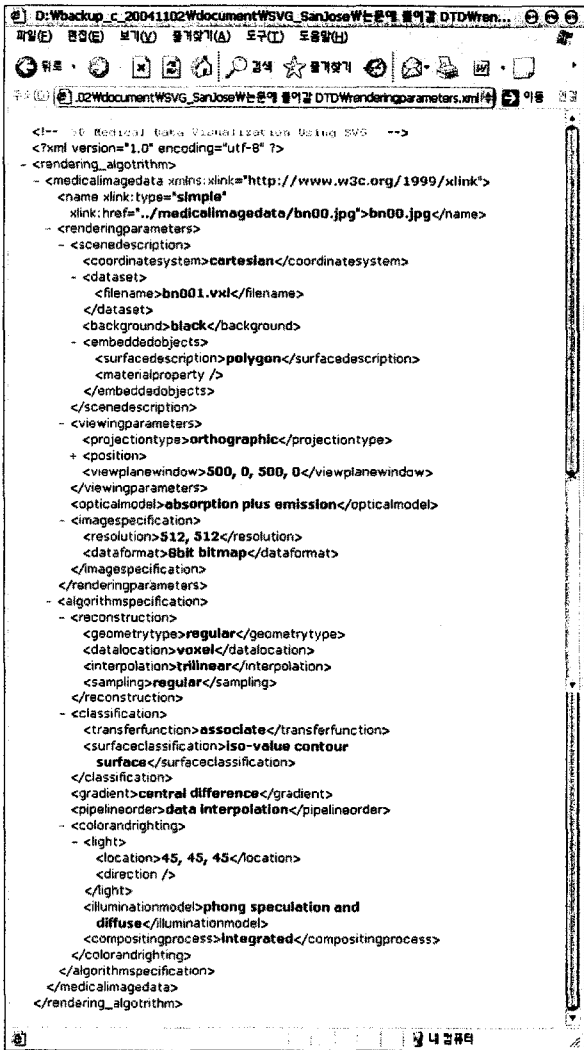
- ① 재구성 방법
 - 이산 입력 데이터를 사용하여 물체를 재구성하는 방법을 지정한다.
 - A. 기하학적 모양
(regular, curvilinear, unstructured)
 - B. 데이터 위치(cell, voxel)
 - C. 보간법(trilinear, cubic B-spline)
 - D. 샘플링 방법(regular, cell face, volume slicing)
- ② 분류
 - 전달함수, 경계면 분류 함수 등의 데이터 값을 다른 물질 또는 면에 사상하는 방법을 지정한다.
 - A. 전달함수(associate, nonassociate)
 - B. 경계면 분류(binary, iso-value contour surface, region boundary surface)
- ③ 경사
 - 평면의 법선 벡터를 계산하는 방법 즉 central difference, intermediate difference, high order function 중에서 하나가 선택된다.
- ④ 파이프라인 진행 순서
 - 물질 분류와 보간의 순서를 표현하는데 data interpolation, color interpolation, color interpolation with opacity weighting 중에서 선택된다.
- ⑤ 색과 광원
 - 볼륨 렌더링에서 사용된 광원과 조명에 대하여 기술한다.
 - A. 광원의 위치와 시선(atx, aty, atz, dirx, diry, dirz)
 - B. 조명 모델(phong speculation and diffuse, phong diffstue)
 - C. 합성 방법(discrete, integrated, constant)

[그림 2]는 3D 의료 영상을 가지고 정의한 샘플 3차원 의료 영상(CT head) 데이터를 보인다.

2.3 볼륨렌더링 응용프로그램의 표현

현재 가시화 응용프로그램을 XML로 기술하는 경우는 드물지만 이것이 가능해지면 응용프로그램이 가시화 메타데이터의 일부분이 되며 모든 것이 서비스로 표현할 수 있기 때문에 매우 의미 있게 된다.

[그림 2] 3차원 의료영상으로 정의한 3차원 CT head 데이터



이러한 접근 방식은 특수한 가시화 시스템을 일종의 서비스 형태로 보고 가시화 응용프로그램을 보조 서비스 형태로 보게 한다. 즉 가시화 응용프로그램을 시스템에 독립하여 기술할 수 있어 여러 가지 방법으로 구현을 할 수 있게 하며 특별한 뷰어를 사용하지 않고 범용 브라우저에서 이러한 이미지를 볼 수 있게 한다.

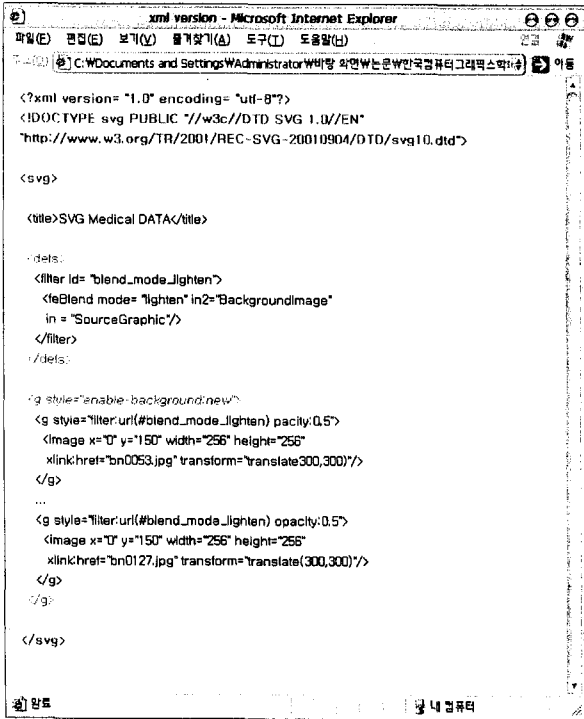
XML을 사용하여 영상을 표현하는 방법은 SVG와 X3D 두 가지 방법이 있는데 이들은 디렉트 볼륨 렌더링을 구현하는데 필요한 충분한 기능을 가지고 있지 않다. SVG는 XML 형식을 사용하고 다양한 필터를 제공하고 있어 이 논문에서는 SVG를 선택하였다. 그리고 디렉트 볼륨 렌더링에는 레이캐스팅, 프로젝션, 볼륨 텍스처 맵핑 등이 있는데 볼륨 텍스처 맵핑이 현재 가장 빠른 방법이고 SVG를 이용하여 구현할 수 있어 이것을 선택하였다. 다음 알고리즘은 2D 텍스처 맵핑을 이용하여 SVG를 가지고 디렉트볼륨렌더링하는 과정을 보여준다. 물론 이 알고리즘은 고급 언어로 구현한 것에 비하여 많은 제한을 갖는다[6].

- ① 볼륨 데이터로부터 3쌍의 2D 영상(볼륨 슬라이스)의 집합을 구한다. 2D 영상은 볼륨 데이터 좌표계의 주축중 하나에 수직한다.
- ② 관측 방향을 선정한다.
- ③ 관측 방향에 따른 2D 영상의 집합을 선택한다.
- ④ 이미지 파일을 라스터 파일 포맷으로부터 벡터 파일 포맷으로 변환한다.
- ⑤ 슬라이스의 개수를 정한다.
- ⑥ feComposite 필터를 이용하여 앞에서 뒤로 또는 뒤에서 앞으로 이미지를 축적한다. 목표로 하는 합성 효과에 맞추어 feComposite 필터의 파라미터를 정한다.
- ⑦ 관측 방향이 바뀌면 단계 ②로 진행하여 반복한다.

위의 알고리즘에 맞추어 3D 의료 응용프로그램의 XML 스키마를 정의한다. [그림 3]은 2D 텍스처 맵에 기반한 샘플 볼륨렌더링 응용 프로그래밍 표현이다.

[그림 4]는 위의 샘플 스크립트를 이용하여 SVG 뷰어에 생성된 3차원 의료 영상을 보인다. 이 영상은 SVG feComposite 필터의 lighten과 screen 파라미터를 사용하였다. 벤치마크 데이터는 visible man의 CT 데이터이다[7]. 이 결과는 볼륨렌더링 응용프로그램을 XML로 기술하여 SVG 뷰어에 표현할 수 있음을 보인다.

[그림 3] 2차원 텍스처 맵에 기반한 샘플 볼륨렌더링 응용 프로그래밍의 표현

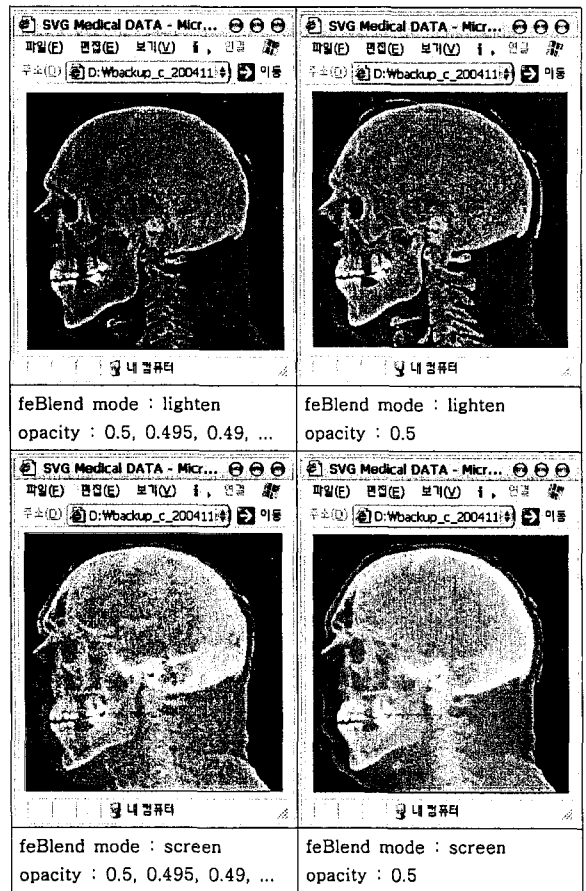


3. 결 론

이 논문에서는 XML을 이용하여 3D 의료영상정보를 표현하는 방법에 대하여 고찰하였다. 웹상의 사용자는 그들의 요구에 맞추어 3D 의료영상정보를 표현하는 다양한 방법을 필요로 한다. 이에 따라 우리는 3D 의료영상정보를 3D 의료 데이터, 3D 의료 영상, 3D 의료 응용프로그램으로 분류하여 각각을 XML을 이용하여 기술하였다. 3D 의료 영상의 표현에 있어서는 영상을 생성하는데

사용한 정보를 마크업하고 여기에 해당 이미지를 링크시켰다. 이것이 의료 영상을 해석하는데 많은 도움이 되리라 기대한다. 3D 의료 응용프로그램의 표현은 텍스처 맵핑을 SVG로 기술하여 해당 뷰어에 영상이 표현되게 하였다. 이러한 방법은 아직 완전하지는 않지만 SVG를 이용하여 디렉트 볼륨 렌더링을 수행할 수 있는 가능성을 보여 주었다.

[그림 4] SVG 스크립트로 생성한 샘플 3차원 의료 영상



참고 문헌

- [1] O. Hendin, N. John, and O. Shochet, "Medical Volume Rendering on the WWW using JAVA and VRML," *Medicine Meets Virtual Reality*, 1998, IOS press, 1998.
- [2] K. W. Brodile and J. Wood, "Volume Graphics and the Internet," *Volume Graphics*, Springer, 317-329, 2000.
- [3] K. W. Brodile, J. Wood, D. A. Duce, J. R. Gallop, D. Gavaghan, M. Giles, S. Hague, J. Walton, M. Rudgyard, B. Collins, J. Ibbotson, A. Knox, "XML for Visualization," *Euroweb 2002-The Web and the GRID: from e-science to e-business*, 2002.
- [4] P. L. Williams and P. U. Samuel, "Metrics and Generation Specifications for Comparing Volume-rendered Images," *Journal of Visualization and Computer Animation*, 10, 159-178, 1999.
- [5] K. Kim, C. M. Wittenbrink, and A. Pang, "Extended Specification and Test Data Sets for Data Level Comparisons of Direct Volume Rendering Algorithms," *IEEE Trans. Visualization and Computer Graphics*, 7(4), 299-317, 2001.
- [6] Volume Visualization with Texture, <http://www.sgi.com/software/opengl/advanced97/notes/node179.html>
- [7] NLM, The Visible Human Project, http://www.nlm.nih.gov/research/visible/getting_data.html