

볼륨데이터의 웹 서비스를 위한 이미지 기반 가상현실의 적용

김 연 호[†] · 박 종 구^{††}

요 약

가상현실은 시간과 공간의 제약을 줄일 수 있다는 장점 때문에 많은 부분에서 관심 있는 주제로 대두되고 있다. 이와 함께 최근의 xDSL 같은 초고속 인터넷 기반 기술의 발전은 3차원 모델의 실시간 서비스를 통해 가상현실을 구현하게끔 하고 있다. 그러나 이러한 네트워크 상에서의 3차원 모델 기반 가상현실 구현은 3차원 모델 데이터를 비대향으로 서비스에 제한을 받을 수 밖에 없다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안 중 하나가 이미지 기반 가상현실이라 할 수 있다. 본 논문은 3차원 모델 데이터의 온라인 서비스 시 3차원 모델 데이터의 비대향을 해결하기 위해 동적으로 생성된 3차원 모델에 이미지 기반 가상현실 기법을 적용하였다. 이와 함께 웹 서비스화 하기 위한 추가적인 기법을 기술 하였으며 실 예를 통하여 이 기법의 효율성을 검증하였다. 이 방법을 적용 시 3차원 모델 제공 서비스와 비교 시 서비스 이용자에게 거의 동일한 현실감을 제공하면서 전송되는 데이터의 양을 감소시킬 수 있다.

Application of Image Based VR Technique for Volume Data Web Service

Youn-Ho Kim[†] · Jong-Koo Park^{††}

ABSTRACT

The Virtual Reality (VR) is an appealing subject which can be applied to various areas because of its merit - removal of time limits and space. Recently, as the technology of xDSL spreads widely, a concern of VR is on the on-line service of 3D model data in real time. But, the immensity of 3D model is an obstacle to achieve these endeavors. To solve these problems, the image based VR technique is applied. The proposed method in this paper is one of solutions on the immensity problem of 3D model data in the on-line services. This paper exploits the mixed technique of image based VR and surface rendering based on volume rendering. By using the proposed method, we can solve the immensity problem. Consequently, the service user can explore virtual 2D volume model with almost equal to reality of 3D volume model. Furthermore, this paper explains a method to implement this service on general web environments. Of course, to fulfill these procedures, additional skills which reduce consuming time in data mining are also mentioned. The contribution of this paper is to provide a practical method for handling of large volume data web service in real-time. Illustrative examples are presented to show the effectiveness of the proposed method.

키워드 : 가상현실(Virtual Reality), 이미지 기반 가상현실(Image Based VR), IVR, 볼륨 데이터(Volume Data), 3차원 웹 서비스(3D Web Service)

1. 서 론

가상현실(VR, virtual reality)은 실제의 환경을 가상으로 구현하여 시간적, 공간적 제한을 제거할 수 있고 경제적인 측면에서도 많은 장점이 있어 다양한 분야로의 적용이 활발히 연구되고 있다. 하지만 기하정보를 기반으로 한 가상현실은 방대한 3차원 모델들과 사용자간의 실시간 인터페이스가 가능하여야 한다는 전제조건이 필요하기 때문에 대부분의 연구 및 구현이 실험실과 같은 극히 제한적인 환경 하에서 가능하였다[1]. 그러나, 개인의 컴퓨팅 환경의 발전과, 그래픽 디바이스, HCI(human computer interface)장비 같은 주변 기기

의 발전과 초고속 통신의 대중화는, 가상현실의 관심은 오프라인 상으로 제공되었던 3차원 입체 영상을 인터넷을 통해 실시간으로 제공하는 방향으로 흘러가게끔 하였다[2]. 이를 위해 가상현실이 해결해야 하는 문제점으로, 방대한 3차원 데이터 전송이 있다. 최근에는 이에 대한 간접적인 해결방안으로 이미지 기반 가상현실기법이 개발되었으며, 이미지 기반 가상현실이 인터넷의 대중화와 더불어 전자 상거래 시상품의 정보전달의 수단으로 많이 이용되고 있다[3]. 이미지 기반 가상현실은 일반적으로 사진촬영을 이용한 실사에 바탕을 두고 작성된 것이며, 여러 장의 2차원 이미지를 이용하여 3차원을 체험할 수 있도록 하는 것에 초점이 맞추어져 있다.

본 논문에서는 이러한 이미지 기반 가상현실 기법의 장점을 응용하여, 볼륨 데이터를 이용한 미디어 서비스를 웹 서비스화 하는 방안에 대해서 기술한다. 즉, 볼륨 데이터를 이용

[†] 준 회 원 : (주)뉴소프트기술연구소 연구원

^{††} 정 회 원 : 산업자원부지정 성균관대학교 게임기술개발지원센터 소장
논문접수 : 2001년 10월 16일, 심사완료 : 2002년 2월 4일

한 3차원 미디어 서비스 시 일반성을 확보할 수 있도록 이를 웹 서비스화 하고 이의 문제로 수반되는 대상 볼륨 데이터의 신속한 분석과 추출을 위해 데이터베이스를 어떠한 방식으로 도입할 것인지, 그리고 이 볼륨 데이터를 이용하여 분석을 통해 생성된 3차원 모델의 네트워크 전송 시 비대함을 극복하기 위해 3차원의 모델을 2차원 이미지화 하여 전송하는 방안 에 대해서 기술한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2~4장 까지는 본 연구의 배경이 되는 이미지 기반 가상현실, 볼륨 데이터의 네트워크 서비스, 볼륨 렌더링에 대한 기존의 연구 사항과 본 논문에서 사용한 기법을 기술한다. 5장에서는 본 논문에서 제시하는 서비스 시스템의 기능과 각 모듈이 가지고 있는 특징에 대해 기술하며, 6장에서는 이 시스템을 이용하여 시뮬레이션을 하여 결과를 살펴보고 7장에서는 앞으로 의 개선 방향과 연구 방향을 제시한다.

2. 관련 연구

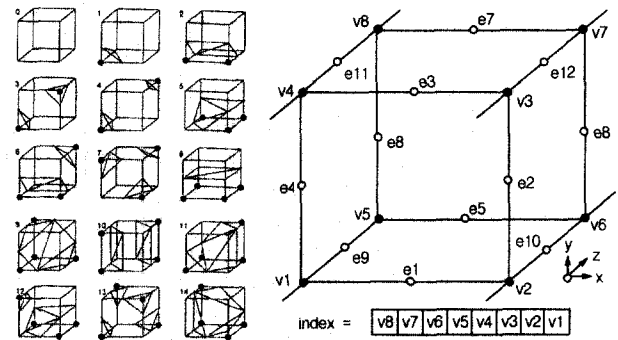
2.1 이미지 기반 가상현실

이미지 기반 가상현실(image-based virtual reality)이란 미리 만들어진 사진이나 그림을 사용자가 움직이는 대로 신속하게 보여줌으로써 사용자의 입장에서는 3차원적인 입체감을 느끼게 만드는 기술이다. 이것은 진정한 의미로서 가상현실이라 할 수는 없지만 실제감이나 속도면에서 기하정보를 기반으로 한 가상현실이 구현하기 힘든 표현을 무리 없이 구현할 수 있으며 실 사진을 이용할 수 있어 사실감이 높고 3차원 모델의 생성과 배포 조희 시 해당 데이터를 경량화할 수 있어 경제성에 있어 장점이 많다고 할 수 있다. 최근에는 인터넷 비즈니스 부분의 관심 증가로 인해 전자 상거래 시 특정 물품의 정보제공 및 안내의 수단으로 빠르게 발전하고 있는 가상현실 기술 중 하나이다[3]. 이미지 기반 가상현실의 특징은 이미지를 이용한다는 점에서 필요한 그래픽 데이터량이 정량화 될 수 있으므로 서비스 제공 시 관련 데이터의 저장과 관리가 용이하며, 컴퓨터 그래픽으로 표현하는 것이 비효율적인 경우에 널리 쓰인다. 또한 실제 사진이 바탕이 된 파노라마 사진은 비디오로 제작된 결과물보다 고해상도의 결과물로 사실적인 가상현실 경험을 제공하고, 사용자들이 직접 대상을 둘러보고 확대해서 볼 수 있는 관찰의 용이성을 제공한다. 이에 본 연구에서는 물체를 다양한 각도에서 촬영 입체감을 얻게 하는 오브젝트형 이미지 기반 가상현실을 적용하여 사용자가 조희하기 희망하는 3차원 모델을 2차원 이미지의 조합으로 제공하도록 한다.

2.2 볼륨 데이터의 Surface Rendering

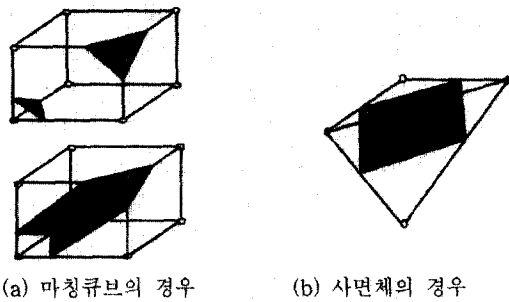
마칭큐브는 전통적으로 많이 사용되는 볼륨 렌더링의 기법이다. 우선 CT나 MRI같은 의료 영상에서 이미지 프로세싱을 통하여 밀도값(density)을 구해내고 (그림 2.1)에서 처럼

임계값을 기준으로 내부와 외부를 구분하여 해당 큐브의 유형을 결정하는 넘버링의 과정을 거친다. 그 후, 큐브 넘버링과 각 격자점의 밀도를 이용하여 교차점을 구한 뒤 박셀을 형성하고 이를 이용하여 최종적으로 3차원 화면을 만들어 내는 것이다[4]. 이 마칭 큐브의 원리는 비교적 간단하여 적용하기 쉽다. 그러나 같은 큐브 넘버링을 갖는 다른 박셀이 복수로 발생할 가능성이 있어 이를 부수적으로 처리하는 메커니즘이 필요하다[5]. 그리고 이를 처리하지 않을 경우 최종 영상에 홀(hole)이 발생할 소지가 높아지게 된다. 또한 이를 서비스화 하기 위해 필요한 데이터 베이스 도입 시 다음에 소개할 사면체와 비교하여 보았을 때 데이터 처리에 비해 어려운 점이 존재하여 본 논문의 구현에 있어서는 사면체를 이용한 서피스 렌더링을 이용하였다. 이는 볼륨 렌더링 시 같은 넘버링을 가지면서 다른 모양을 갖게 되는 예외적인 경우를 피하기 위하여 기본 다면체를 직육면체로 하는 것이 아니라 더 세부적으로 나누어 기본 다면체를 사면체로 정하고 마칭큐브의 경우와 마찬가지로 넘버링을 수행하여 동일 밀도값 들의 폴리곤을 만들어 나가는 방법이다[6, 7].



(그림 2.1) 마칭큐브에서 생각할 수 있는 경우와 Cube Numbering

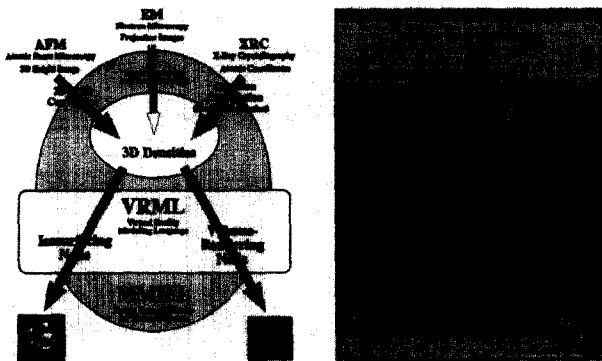
이 방법이 (그림 2.2 (a))와 같은 마칭큐브의 모호성 문제를 일으키지 않는 것은 마칭큐브에 있어서 모호성의 문제가 한 격자점과 이웃하지 않는 격자점이 존재하여 예외사항이 발생하지만, 이에 비해 사면체의 경우 한 점에서 이웃하지 않는 점이란 존재하지 않기 때문이다. 따라서 이 방법을 사용하면 예외적인 처리에 대한 부담을 줄일 수 있다[8]. 또한 이 방법은 웹 서비스를 위해 데이터베이스 도입 시 데이터 베이스 설계와 데이터베이스 내부에서의 데이터 조작이 용이한 특징을 가지고 있다. 이 볼륨 데이터의 데이터베이스 내 조작의 장점은 다음 장에서 구체적으로 설명하고, 본 연구에서도 이 방법을 이용하여 볼륨 데이터를 데이터베이스에 입력하고, 3차원 모델 생성 시 복수의 볼륨 데이터 파일 셋을 각각 조희하여 데이터를 의미 있는 데이터와 그렇지 않은 데이터를 구분하는 것이 아니라, 데이터베이스 내에서 의미 있는 데이터를 즉각적으로 추출하여, 웹 서비스시의 효율성을 증대시키고, 앞에서 설명한 박셀의 모호성을 제거하여 볼륨 데이터의 이미지 기반 가상현실 서비스의 효율을 높이도록 한다.



(그림 2.2) 같은 넘버링을 가질 때 생성되는 다면체

2.3 온라인 환경에서 볼륨 데이터를 이용한 서비스 제공

볼륨 데이터를 웹 서비스화 하여 제공하는 연구로 Bio-Image 프로젝트가 있다[9]. 이 프로젝트의 개요는 (그림 2.3)과 같다. 다양한 의료영상을 입력을 받아 밀도값을 찾아내고 이를 기존의 VRML(virtual reality Modeling language) 노드에 등가면 노드(iso surfacing node)와 볼륨 렌더링 노드(volume rendering node)를 새로이 삽입, 사용자의 입력에 대응하여 볼륨 데이터로부터 VRML을 생성하고 이 3차원 모델을 사용자에게 제공한다. 또한 이와 함께 사용자들이 임계값(threshold)을 변경하였을 때의 모습을 살필 수 있도록 하였다. 이 연구에서 눈 여겨 볼 것은 두 가지가 있다. 우선 포맷이 다른 볼륨 데이터 파일의 처리이다. 이 연구의 경우 다양한 의료 이미지를 사용하기 위해 MMIFL(macro molecular image format library)을 고안하였다. MMIFL은 실리콘 그래픽(Silicon Graphics Inc.)에서 개발한 그래픽 파일 포맷을 처리하기 위한 IFL(image format library)을 응용한 것으로, 그래픽 프로그램과 데이터 파일간의 커뮤니케이션을 정의한 추상화 레이어를 의미한다. 이를 이용하여 어떠한 종류의 의료 영상이 입력되더라도 유연하게 대처하고 손쉽게 서비스의 확장이 가능하도록 한 것이다. 또한 이 연구의 경우 기존의 개발도구 및 실행환경을 고려해 결과의 전달 수단으로 VRML을 이용하였으며, 볼륨 렌더링을 위해 VRML에 새로운 노드를 정의한 것은 나름대로 의미가 있다. 그러나 이 연구의 경우 데이터 입출력이 기본적으로는 파일을 기반으로 하여 입출력 과정에 있어 상당한 시간적 손실이 발생할 수 있는 소지가 있다. 사용자 입



(그림 2.3) Bio Image Project의 서비스 제공 개념 및 샘플화면

력에 따른 결과 전달에 있어서는 3차원 모델을 사용하여 전송 시 네트워크 부담을 줄 소지가 있고, 더욱이 사용자가 해당 모델을 열람하기 위해서는 VRML 플러그인을 별도로 설치해야 하는 불편함도 존재한다. 본 연구에서는 Bio-Image 프로젝트에서 제공하였던 3차원 볼륨 모델 제공 서비스에 이미지 기반 가상현실을 혼합하여 네트워크 상에서 데이터 전달 속도를 개선하며, 사용자도 프로그램의 별도 설치 없이도 3차원 모델에 근접한 화면을 제공할 수 있도록 한다.

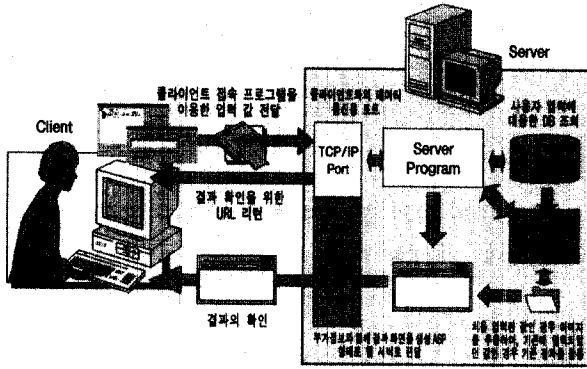
3. 볼륨 데이터의 웹 서비스를 위한 이미지 기반 가상현실 기법의 적용

3.1 서비스 시스템 모델

본 연구의 구현 모델은 (그림 3.1)과 같다. 이 시스템은 볼륨 데이터를 파일의 단위가 아닌 파일 내의 픽셀의 그레이스케일 밀도 값을 분석한 최소 데이터의 단위로 데이터베이스에 입력하고, 이를 사용자의 입력에 대응하여 결과 화면을 오브젝트형 이미지 기반 가상현실의 형태로 전달한다. 기존에 연구되었던 시스템들은 대부분 볼륨 데이터를 파일의 형태로 보관하고 있다가, 사용자의 요청이 있을 시, 해당하는 데이터 파일 입출력 과정을 통해 데이터를 획득하고 이를 가공하여 3차원을 표현하는 파일의 형태로 제공하는 것에 초점을 맞춘 것이 대부분이다. 이렇게 파일의 형태로 데이터를 관리, 추출할 경우는 직관적인 데이터 핸들링이 불가능하며 데이터의 활용성도 낮아진다. 그리고 서비스 제공 시 모델 데이터를 서버의 메모리에 로딩하여, 메모리 조작을 통해 조명 및 뷰의 변화에 따른 3차원 모델의 생성을 실시할 경우 해당 서비스 제공을 위해 고 사양의 서버가 요구되어 지는 단점이 있다. 이에 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 데이터 파일을 사전에 분석, 데이터베이스에 입력하고, 이를 이용하여 시스템의 효율을 높힐 수 있도록 하였다.

본 논문에서 구현하고 있는 시스템은 크게 클라이언트와 서버 측으로 나뉜다. 클라이언트는 서비스를 제공받기 위해 클라이언트용 프로그램을 구동한다. 이 클라이언트 프로그램에는 현재 서비스가 가능한 데이터의 목록을 알려주고 사용자가 원하는 데이터 셋과 그리고 서피스 렌더링의 기준이 되는 임계값을 선택할 수 있도록 구성하였다. 사용자는 이 프로그램을 이용하여 서버 측으로 입력 값을 전송한다. 이렇게 서버 측으로 전달된 각종 인자는 데이터 분석모듈에 전달되고 여기에서는 데이터베이스에 접근하여, 입력값에 대응한 서피스 렌더링 시 필요한 최소한의 데이터만을 수집, 그래픽 모듈로 보낸다. 그래픽 모듈에서는 데이터 분석기를 거쳐 나온 데이터를 가지고 3D 모델을 생성하여, 해당 모델을 회전시키면서, 2차원 이미지를 추출한다. 이렇게 이미지 생성과정이 종료되면 서버는 클라이언트 측에 결과 확인을 위한 웹 URL주소를 알려주며, 추후 같은 입력 데이터에 대한 재 추출 방식을 위해 사용자의 입력 값과 생성파일에 대한 정보가 데이터베이스에 저장된다. 사용자는 클라이언트 측으로 전달된 웹 주

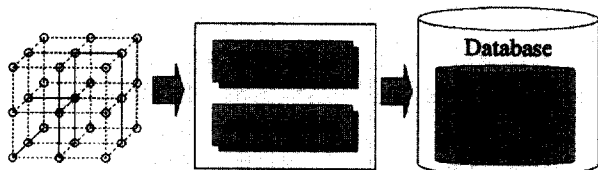
소를 이용하여 해당 결과를 웹 브라우저로 접근하고 웹 문서를 통해 해당 데이터와 관련된 정보를 조회하며 이미지 기반 가상 현실 정보 영역을 마우스를 이용, 결과 이미지들을 조작한다.



(그림 3.1) 시스템의 동작 단계

3.2 데이터의 입력 및 분석을 통한 데이터 재배포

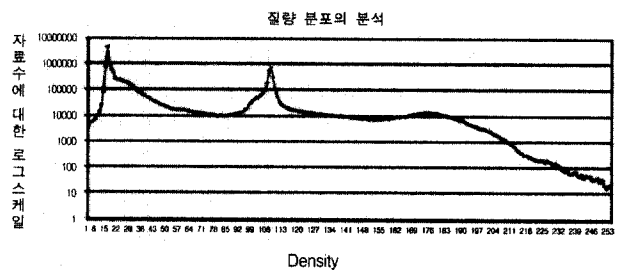
데이터 입력은 (그림 3.2)와 같이 원래의 파일형태의 볼륨 데이터를 분석하고 재배포하는 2단계로 구성된다. 데이터의 분석과정에서는 볼륨 데이터 파일을 단순히 읽어내는 것이 아니라 밀도 분포에 있어서의 데이터의 대표적인 밀도 특성 값 그리고 전체적인 밀도 분포에 대한 정보를 찾아낸다. 이를 통해 서버에서는 입력된 볼륨 데이터의 주성분 밀도값을 알아낼 수 있고, 그 물체를 대표하는 형상을 만들어 내는데 이용할 수 있으며, 또한 사용자가 어떠한 임계값을 설정해야 하는지 모를 경우 이 데이터를 사용하여 렌더링을 수행하면 해당 물체의 대표적 형상을 얻어 제공할 수 있다. 특히 어떠한 사물이 하나의 물질로 구성된 경우 이를 분석함으로써, 계산에서 불필요한 데이터를 소거시킬 수 있는 이점도 얻을 수 있다. 전체적인 밀도 분포는 사용자의 입력에 따른 결과 생성에 필요한 데이터를 추출 시 탐색의 시간을 줄이는 검색 테이블 구성에 사용된다.



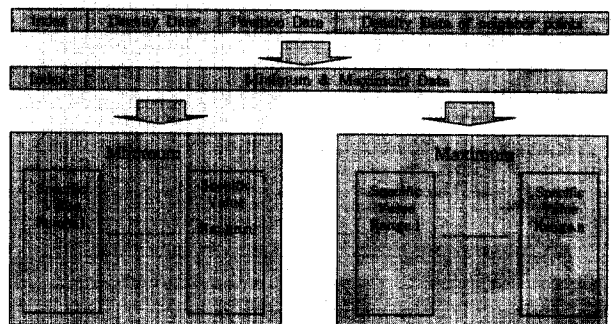
(그림 3.2) 분석 과정을 통한 원시 데이터의 입력

예를 들면 (그림 3.3)의 경우는 사람의 머리 부분의 볼륨 데이터를 분석한 결과이다. 이 그림에서는 볼륨 데이터의 픽셀 그래프 스케일 밀도값이 약 17과 약 92인 점의 두 곳에서 피크 값을 보이며, 이는 해당 볼륨 데이터의 주성분을 차지하는 물질임을 쉽게 알 수 있고, 데이터를 조회하는 사용자가 이 데이터가 어떤 데이터인지에 대한 정보가 없을 경우라도 이 밀도값을 임계값으로 하여 서피스 렌더링을 수행하면, 해당 볼륨 데이터의 주요한 형상을 알아낼 수 있을 것이다. 이러한 분석 과정이 끝나면 실제

적으로 볼륨 데이터를 데이터베이스에 테이블화 하여 입력하는 과정으로 들어간다. 여기서 데이터베이스 내의 볼륨 데이터 테이블과 이의 탐색을 도울 각종 데이터 테이블을 어떻게 정의 할 것인가를 고려하여야 한다. 본 논문의 시스템 구현에 있어서 테이블의 정의 문제를 해결하기 위해 다음과 같은 세 가지 대 전제를 설정하였다. 첫째, 서피스 렌더링을 위해 이에 필요한 볼륨 데이터 추출 시 한 지점의 데이터만 조회해도 이웃하는 점들의 값들을 알 수 있도록 한다. 둘째, 가능하면 한 데이터 셋을 구성하는 필드의 수를 줄인다. 셋째, 볼륨 데이터를 저장할 테이블의 구조는 해당 볼륨 데이터를 어떤 방법을 이용하여 서피스 렌더링을 수행하는가에 따라 적절히 변화시킨다. 이러한 기본 전제와의 고려를 통해 본 논문에서 사용할 사면체를 이용할 경우 한 테이블의 필드의 정의는 해당 데이터의 좌표와 밀도값 그리고 이웃하고 있는 6개의 점들에 대한 밀도값을 포함해야 함을 알 수 있다. 여기서 6개점들에 대한 좌표값은 현재의 좌표를 이용하여 구할 수 있다. 이러한 방식으로 테이블을 정의하고 볼륨 데이터를 입력 조회하면 하나의 데이터셋을 통해 한 점이 영향을 끼치는 모든 사면체 격자점의 밀도 정보를 획득할 수 있다. 이와 함께 원하는 데이터를 빨리 탐색하기 위한 또 다른 메커니즘이 요구되는데 본 논문에서는 이의 해결을 위해 다시 이 테이블 검색을 위한 메커니즘이 추가로 도입하였다. 이는 밀도 분포와 데이터 테이블내의 최대, 최소값에 따라 검색 테이블을 작성하는 것이다. (그림 3.4)에서의 첫 단계 데이터 재배포에 따른 결과의 화면이다. 그리고 두 번째 단계는 최대 최소값을 추출하여 저장하고 있는 데이터 테이블의 필드를 나타내며, 이 단계에서 데이터 테이블 내 데이터셋의 수가 클 가능성이 있어 다시 테이블 분화를 수행한다. 두 번째 단계에서의 테이블 내의 각 데이터의 최소값과 최대값을 범위에 따라 분리 저장하게 된다.



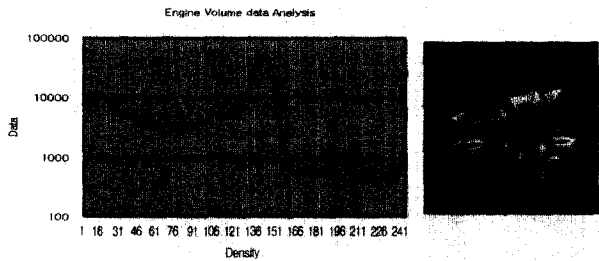
(그림 3.3) 밀도 분포 분석의 예(Head)



(그림 3.4) 테이블 검색 효율의 증대를 위한 데이터 흐름도

3.3 데이터 특성을 고려한 데이터 추출

데이터의 입력 단계에서 밀도별로 각 테이블에 입력되었으면, 실제로 사용자가 원하는 결과 화면을 얻기 위해 데이터 검색 과정이 실시된다. 이 과정에서는 앞 과정에서 수행하였던 데이터의 분석 및 재배열이 얼마나 효율적이었는가를 확인할 수 있는 단계이다. 앞 단계의 절차가 얼마나 효율적이었는가를 알아보고 테이블 분화가 가지는 의미를 알아내기 위해 간단한 시험을 수행하였다.



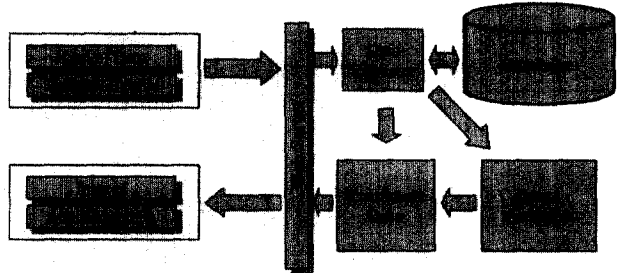
(그림 3.5) 테이블 분화에 따른 효율 측정을 위한 테스트 모델

(그림 3.5)은 데이터 테스트용으로 사용된 엔진 모델의 볼륨 데이터와 그 데이터의 밀도 분포를 나타낸 도표이다. 테스트에 사용된 이 볼륨 데이터 셋은 7,864,576개의 볼륨 데이터의 집합으로 구성되어 있으며, 밀도가 142인 값에서 볼륨 데이터의 수가 가장 많은 수치를 차지하고 있다. 이를 우선 앞에서 정의한 방법대로 데이터를 입력하고 이를 가지고 앞에서 수행데이터 분화 과정을 수행하여 효율성 측정을 위해 추출 시험을 하였다. 우선 데이터 분석 및 분화를 거치지 않은 상태에서의 해당 데이터 셋을 입력한 후 주 구성 요소의 데이터 셋을 추출하였을 경우의 시스템이 지불해야 하는 비용을 조사하고 이에 소요되는 시간을 측정하였으며, 다시 이를 데이터 분석을 거친 후 테이블을 분화하여 이 테이블에서 주 구성 성분을 추출하였다. 수행결과 아무런 데이터 테이블을 조작하지 않은 경우 데이터 추출 시간이 약 17초, 데이터 분석 후의 추출에는 약 12 초의 시간이 소요되어 약 30%의 시간이 단축이 되었다. 물론 두 가지 경우 예상외로 많은 시간이 소비되어 효율적이지 못하다고 볼 수도 있으나, 이를 처리하기 위해 들어간 시스템의 비용을 테스트에 사용된 SQL 서버의 쿼리 분석기를 통해 측정한 결과 27.6에서 3.06으로 88%의 비용 감소 효과가 있어 서비스 처리시간에 대한 단축효과는 작을 수 있지만 서비스가 안정적으로 제공될 소지를 높힐 수 있다는 것을 의미하므로 중요한 결과라 할 수 있다. 또한 이 결과는 볼륨 데이터 셋의 다양한 볼륨 요소별 분화와 이의 사용을 위한 데이터 추출 과정 시 효율성에 있어서 중요한 것은 주성분에 해당하는 데이터의 개수가 전체 데이터 개수에서 얼마의 비율을 차지하는지는 사실이지, 볼륨 데이터 셋을 테이블에 얼마나 세분화하여 나타냈는가는 무관하다는 점을 의미한다.

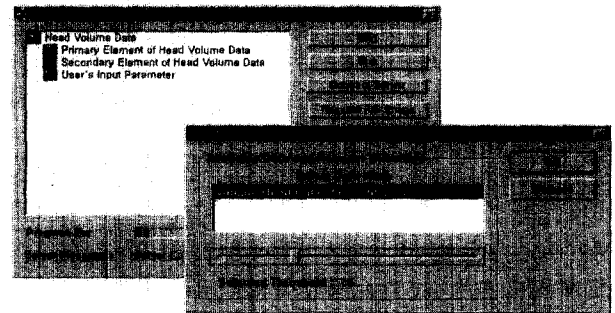
3.4 이미지 생성 및 사용자 인터페이스 제공

앞 절에서 입력되었던 데이터는 사용자의 입력 값에 대응하

여, 추출하고 이 데이터를 이용해 서버 측에서 3차원 모델을 가공하고 이 3차원 모델을 여러 각도에서 바라본 다수의 이미지를 생성하게 되는데, 이는 (그림 3.6)과 같이 나타낼 수 있다.

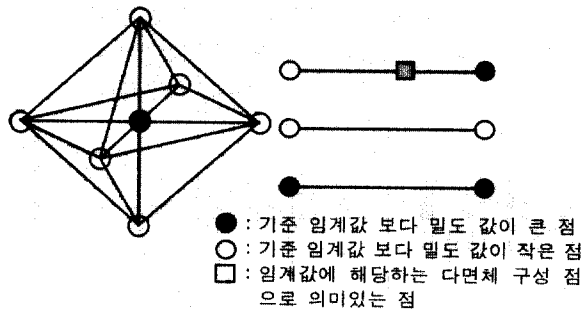


(그림 3.6) 서비스 모델의 개략도



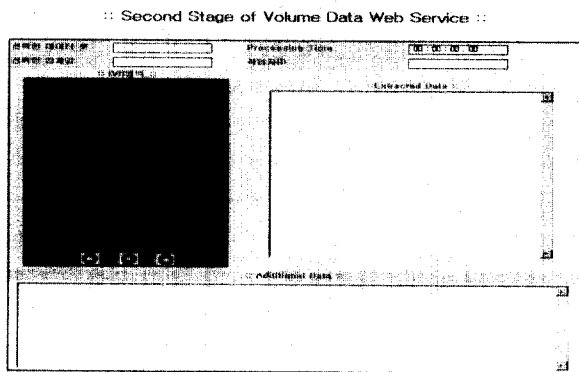
(그림 3.7) 클라이언트용 프로그램

우선 사용자가 (그림 3.7)의 클라이언트 접속용 프로그램을 사용하여 접근한다. 이 클라이언트용 프로그램은 결과를 조회할 수 있도록 하는 결과의 웹 링크 영역과 데이터를 요청 시 사용할 데이터 셋을 선택할 수 있는 트리 리스트 영역, 임계값 설정 대화상자로 구성되어 있다. 사용자가 임의 데이터를 요청한 경우 해당 데이터를 서버로 전송 시 현재의 상태 및 전달 경로, 시간 등 필요한 정보의 집합을 정의하는 구조체가 필요하게 된다. 본 연구에서도 이를 위해 그림 데이터 전달 정의하였으며, 이런 과정을 통해 사용자가 요청한 데이터를 전송하면 서버 측에서는 사용자의 입력 값에 대응하여 원하는 이미지가 기존에 생성이 되었던 적이 있는가를 히스토리 테이블을 검색 판단하고, 만약 존재하지 않는다면 데이터베이스에서 이미지 생성에 필요한 데이터를 추출하는 과정을 거치도록 하였다. 데이터 추출 시에는 앞서 입력과정 시 선행 처리하였던, 최대값과 최소값으로 구성된 탐색 테이블과 밀도 값별로 분화된 테이블을 조회하여 실제로 의미가 있는(다각형의 각 꼭지점을 생성하는) 데이터 셋만을 불러온다. 이 데이터 셋으로부터 기본 사면체에 임계값을 기준으로 내부와 외부로 구분 짓는 넘버링을 수행하여 해당 다면체의 유형을 결정한다. 해당 유형 결정이 (그림 3.8)에 나와있는 것처럼 의미 있는 점을 찾아내는 과정을 수행한다. 이 과정이 끝나면, 3차원 모델이 완성되고, 이 3차원 모델을 y축을 기준으로 30°각도로 회전하며 12장의 이미지를 추출한다.



(그림 3.8) 데이터 셋에 의해 생성되는 8개의 사면체

각도를 작게 조절하면 좀더 자연스러운 이미지를 얻을 수 있지만 시간이 증가하므로 본 논문에서는 30°로 설정하여 수행하였다. 이미지 추출은 JPEG 형식으로 이미지를 자동 추출하였다. 해당되는 이미지의 생성이 완료되면, 서버에서는 클라이언트 측으로 작업이 종료되었음을 알리고 해당 데이터를 접근할 수 있는 웹 주소를 하이퍼링크의 형태로 제공한다. 사용자가 해당 링크를 선택하면, 다시 서버에서는 웹 브라우저를 통해 해당 그림을 조회 할 수 있도록 하는 오브젝트형 이미지 기반 가상현실의 인터페이스와 데이터베이스에 입력이 되어 있던 일반 정보들과 함께 제공하면 모든 작업은 종료된다. 이 때 서버 측에서는 다시 해당 자료의 재활용을 위해 사용자가 입력했던 값과 생성된 이미지에 대한 정보를 히스토리 테이블에 기록하여 추후 또 다른 사용자가 같은 데이터를 입력하는 경우 데이터 추출에 있어 부담을 줄이도록 하였다. 물론 추출된 데이터의 데이터베이스 저장 시 이미지 데이터를 기본 단위로 할 수 있지만, 이는 자칫 서버에 무리를 줄 요소를 가지고 있어 본 연구에서는 생성된 이미지를 저장하고, 이 저장 정보에 대한 사항만 데이터베이스에 기록하게끔 하였다[10].



(그림 3.9) 사용자에게 결과가 전달되는 인터페이스 구조

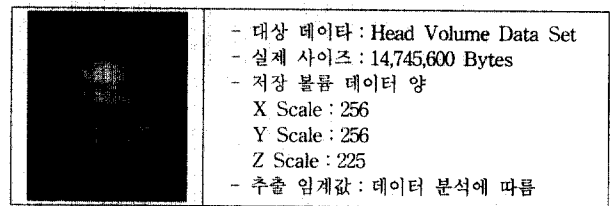
(그림 3.9)은 사용자의 입력값에 대응하여, 결과를 보여주는 화면 구성의 프로토타입이다. 이 화면에서 제공하는 정보는 사용자가 선택한 데이터 셋과 임계값을 확인하여 주고, 오브젝트형 이미지 기반 가상현실 영역에서 생성된 12장의 슬라이드를 디스플레이 하도록 만들었다. 하단의 부가적인 정보 창을 제공하여 해당되는 데이터에 대한 텍스트 정보가 데이터베이스 내

에 존재할 경우 이 데이터를 전달할 수 있도록 하였다. 이미지 기반 가상현실 제공 영역의 인터페이스에 있어서는 사용자의 마우스 움직임에 따라 해당 슬라이드를 네비게이션 할 수 있도록 하였으며, 자동 재생 기능을 추가하여 12장의 이미지에 대한 전, 후 이미지를 연속적인 자동 재생이 가능하게 하였다.

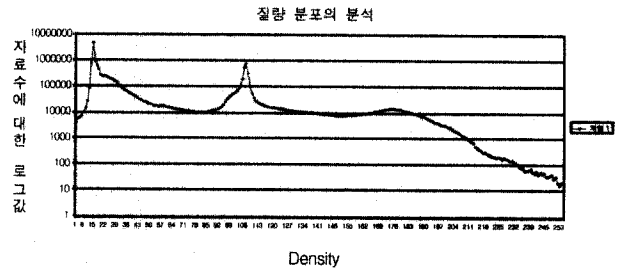
4. 모의 실험

4.1 서비스 시뮬레이션

테스트 용 데이터로는 (그림 4.1)에 나와 있는 인체의 머리 부분에 해당하는 데이터를 선정하고 이로부터 데이터 검색 및 추출을 위한 질량분포를 (그림 4.2)에서와 같이 수행하였다.



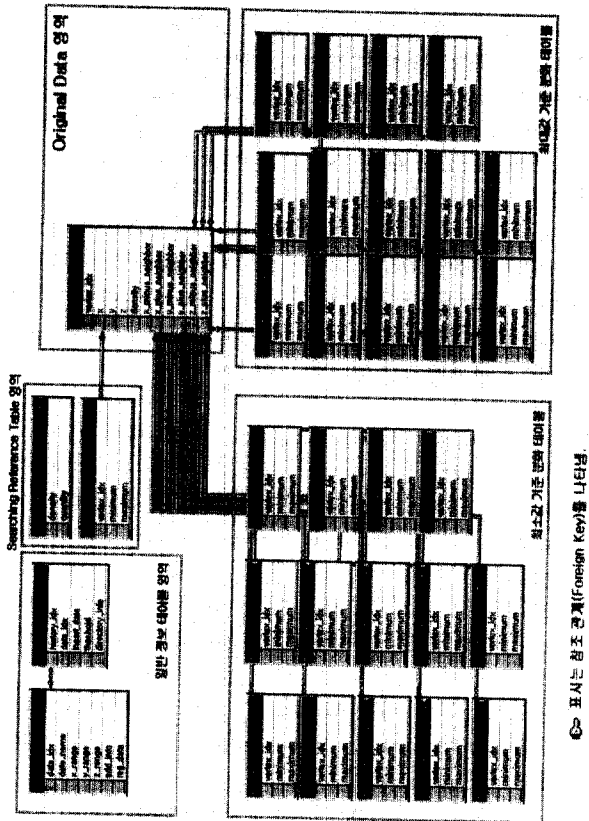
(그림 4.1) 테스트에 사용된 데이터그림



(그림 4.2) 해당 볼륨 데이터의 밀도값 분포 분석

데이터 분석 과정에서 앞장에서는 설명한 데이터의 검색을 위한 데이터 분포와 대표형상을 만들어 내기 위한 주 구성 성분의 값을 찾아낸다. 이 과정을 통해 주 구성 성분의 밀도 값이 17과 92임을 알아내었으며, 이 값과 전체적인 데이터 분포에 관한 사항을 데이터베이스에 입력한다. 이 과정에서는 앞 절에서 설명한 데이터 정렬 기준에 따른 데이터베이스 설계 및 분화가 이루어지고 이를 통해 (그림 4.3)과 같은 검색 및 데이터 테이블을 완성하였다. 이 과정이 종료되면 (그림 3.7)과 같은 사용자 인터페이스를 통해 입력값을 요청 받고 이를 기준으로 렌더링을 실시하게 된다. 본 테스트에서는 앞 절에서 제시한 주요성분 값에서의 이미지 생성과 그 이외의 한 값에 대해서 테스트를 수행하였다.

임계값이 17인 경우 92보다 데이터의 양과 추출시간이 오래 걸리는 것은 임계값 17이 제 1 구성 요소이고 임계값 92는 제 2 구성 요소의 값이기 때문이다. 또한 임계값이 120인 경우 데이터 추출시 128 sec 정도가 소요됨을 실험적으로 알 수 있었으며, 이 경우 시간이 덜 소요되는 것도 같은 이치



(그림 4.3) 데이터베이스 구성

17.0KB	15.2KB	15.1KB	15.8KB
13.9KB	13.8KB	14.9KB	12.2KB
14.3KB	16.1KB	16.6KB	17.4KB
<ul style="list-style-type: none"> • 12 슬라이드의 총 데이터 사이즈 : 181.9 KB • 12 슬라이드의 총 추출 시간 : 약 235 sec. 			

(그림 4.4) 임계값이 17의 경우 결과 추출 슬라이드 목록

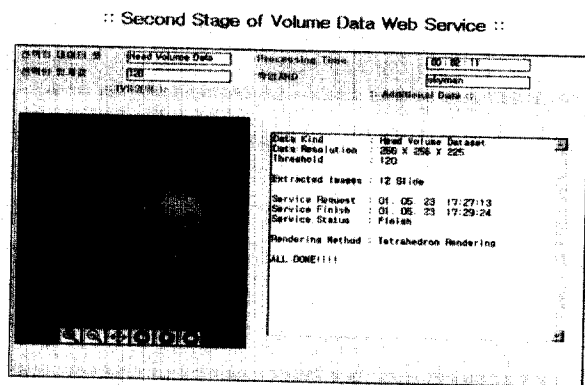
이다. 그리고 본 시뮬레이션은 디버깅(debugging)버전을 대상으로 하였기 때문에 이를 릴리즈(release)버전으로 수행한다면, 시간은 단축될 수 있다.

10.6KB	10.8KB	9.7KB	9.3KB
9.1KB	8.8KB	9.1KB	10.2KB
10.9KB	10.5KB	9.9KB	10.0KB
<ul style="list-style-type: none"> • 12 슬라이드의 총 데이터 사이즈 : 119.4 KB • 12 슬라이드의 총 추출 시간 : 약 146 sec 			

(그림 4.5) 임계값이 92인 경우 결과 추출 슬라이드 목록

4.2 최종 사용자 제공 화면

(픽셀 그레이스케일 임계값을 120로 했을 경우)



(그림 4.6) 사용자 결과 제공화면

이미지 추출이 끝나면 클라이언트에게 결과 화면을 확인할 수 있는 URL 주소를 전달하여 주고 사용자는 이 주소를 접근하여 (그림 4.6)과 같은 결과 화면을 조회한다. 이렇게 나온 데이터를 요약 분석하면 <표 4.1>과 같다.

<표 4.1> 결과 데이터 요약

분석항목	대응되는 3차원 모델 파일의 데이터 양	2D 이미지 슬라이드 추출시간(sec)	2D 이미지 12 슬라이드 데이터 양
Threshold 17 (제1구성성분)	57752 KB	235 sec	181.9 KB
92 (제2구성성분)	25074 KB	146 sec	119.4 KB
120 (그 이외의 성분)	19626 KB	128 sec	103.7 KB

결과 데이터를 요약하면 <표 4.1>와 같다. 데이터를 보면 3차원 모델의 전송량과 이미지화 하였을 경우의 전송량은 큰 차이를 보일 수 있음을 확인 할 수 있었다. 물론 <표 4.1>에서 보듯이 3차원 모델을 2차원 이미지화 할 경우 추출 시간에 있어 큰 시간 지연이 있지만 이는 처음 생성시 적용되고 이후 같은 데이터의 입력되었을 때는 이미지 추출시간 과정이 생략될 수 있으므로 전체적으로 서비스 제공의 효율성을 높일 수 있다고 할 수 있으며 생성된 이미지의 네비게이션을 통하여 3차원 볼륨 모델에서 느낄 수 있는 현실감을 얻을 수 있었다.

본 시뮬레이션은 아래와 같은 환경에서 수행하였다.

<표 4.2> 시뮬레이션 수행환경

구분	하드웨어 및 소프트웨어 사양
서비스 서버	P-III 933MHz, RAM 256MB, Millenium G400, MS 2000 Server, Internet Information Server 5.0, MS-SQL7
클라이언트	P-III 800MHz, RAM 128MB, GeForceGTS, MS WinME, Internet Explorer 5.5

5. 결론 및 추후 연구방향

본 연구는 볼륨 렌더링을 이용한 서피스 렌더링에 이미지 기반 가상현실을 적용하여, 기하학을 기반으로 한 3차원 모델 서비스의 단점을 극복하는 일련의 과정을 서술하였다. 본 논문을 통해 얻을 수 있는 결과는 볼륨 데이터에서 3차원 모델의 생성 전달하는 것보다 이를 2차원 이미지화 하여 전송하고 사용자들에게 오브젝트형 이미지 기반 가상현실 기법을 이용하여 일련의 이미지를 조회하는 것이 전송량에 있어서 효율을 꾀할 수 있다는 점으로 요약할 수 있다. 그러나 임의의 사용자가 해당 데이터와 임계값을 최초로 요청하는 경우, 이미지를 생성하는 과정에서 지연시간이 존재한다. 따라서 사용자에게 3차원 모델을 전송하는가 혹은 2차원 이미지를 전달하는가의 문제는 결과로 나온 데이터의 전송량과 생성시간 사용자 네트워크 환경을 복합적으로 고려하는 것이 필요하다고 하겠다. 또한 본 논문이 좀 더 실용적, 실제적으로 사용될 수 있도록 하기 위해서는 데이터베이스내의 볼륨 데이터의 조직화와 데이터의 압축표현 관한 연구와 Bio-Image 프로젝트에서[9] 보였던 다양한 종류의 볼륨 데이터의 인지를 위한 연구가 수반되어야 할 필요가 있으며 사용자의 입력에 따라 생성되는 3차원 모델의 데이터의 사이즈가 대응하는 2차원 이미지들의 사이즈 합보다 작을 경우를 고려한 작업 스위칭에 관한 연구도 수반되어야 할 것이다.

참고 문헌

[1] J. Vince, Virtual Reality Systems, Addison-Welsey Press, 1995.
 [2] 황대훈, "인터넷에서의 가상현실 구현 기술", 한국 멀티미디어

학회지, 제1권 제1호, pp.89-99, 1997.
 [3] http://leesunho.pe.kr/image_vr.htm.
 [4] W. E. Lorensen and H. E. Cline, "Marching cubes : A high resolution 3D surface construction algorithm," *IEEE Trans. Computer Graphics*, Vol.21, No.4, pp.163-169, 1987.
 [5] M. Bartsch, T. Weiland, M. Witting, "Generation of 3D isosurfaces by means of the Marching cube algorithm," *IEEE Trans. Magnetics*, Vol.32, No.3, pp.1469-1472, 1996.
 [6] B. P. Carneiro, C. Audio, T. Silva, Arie E. Kaufman, "Tetra-cubes : An algorithm to generate 3D isosurfaces based upon tetrahedra," *Anais do IX SIBGRAPI*, pp.205-210, 1996.
 [7] R. Osborne, H. Pfister, H. Lauer, N. McKenzie, S. Gibson, W. Hiatt and T. Ohkami, "EM-Cube : An architecture for low-cost real-time volume rendering," *Proceedings SIG-GRAPH/Eurographics Workshop on Graphics Hardware*, pp.131-138, 1997.
 [8] H. Pfister, A. Kaufman, "Cube-4-A scalable architecture for real-time volume rendering," *Proceedings ACM/IEEE Symposium on Volume Visualization*, pp.47-54, 1996.
 [9] J. Pittet, C. Henn, A. Engel and J. Heymann, "Visualization 3D data obtained from microscopy," *Journal of Structural Biology*, pp.123-132, 1999.
 [10] J. Assfalg, A. Bimbo, P. Pala, "Virtual Reality for image retrieval," *Journal of Visual Languages and Computing*, pp. 105-124, 2000.

김연호



e-mail : virtual_reality@hanmail.net
 1999년 성균관대학교 제어계측공학과 졸업 (학사)
 2001년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부(공학석사)
 2001년~현재 (주)뉴소프트기술연구소 연구원

관심분야 : XML기반 웹 서비스, 분산형 네트워크 가상현실, 3차원 모델링 등

박종구



e-mail : pjg@yurim.skku.ac.kr
 1987년 서울대학교 제어계측공학과 졸업 (학사)
 1989년 서울대학교 제어계측공학과(공학석사)
 1993년 서울대학교 제어계측공학과(공학박사)

1995년~현재 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부 부교수
 2002년~현재 산업자원부지정 성균관대 게임기술개발지원센터 소장

관심분야 : VR기반 3D게임, 게임 알고리즘, 제어시스템 응용 게임 인터페이스