

리샘플링된 데이터의 원격 전송을 이용한 볼륨 렌더링 시스템의 설계

박상훈

대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부
mshpark@cu.ac.kr

Design of Volume Rendering System Using Remote Transfer to Resampled Data

Sanghun Park

School of Comp. and Info. Comm. Eng., Catholic University of Daegu

요 약

여러 분야에서 산출되고 있는 볼륨 데이터의 크기는 점점 더 방대해지고 있는 추세에 있으며, 이러한 방대한 데이터 속에 내재된 유용한 정보를 알아내기 위해 데이터 전체가 아니라 어떤 특정 부분을 효과적으로 액세스하고 이를 고해상도로 가시화 하는 것은 매우 중요한 문제로 대두되고 있다. 본 논문에서는 방대한 볼륨 데이터 가시화를 위해 개발된 클라이언트-서버 기반의 볼륨 렌더링 시스템에 대해 소개한다. 범용 PC상에서 GUI형태로 구현된 클라이언트는 데이터 서버와 접속하여 특정 영역에 대한 부분 볼륨 데이터를 요청하는데, 이때 데이터 서버가 전송하는 데이터는 클라이언트의 텍스처 메모리 크기보다 작거나 같도록 리샘플링된 것이며, 클라이언트는 이를 받아 실시간 렌더링을 수행한다. 또한 특정 영역에 대한 고해상도의 영상을 원하는 경우, 클라이언트는 렌더링 서버와 접속하여 다양한 형태의 고화질 영상을 얻을 수 있다. 본 시스템은 매우 방대한 크기의 데이터에 대한 가시화가 필수적인 자연과학, 의학, 공학 분야에서 효과적으로 응용될 수 있을 것이다.

1 서론

고성능 컴퓨터 하드웨어 기술과 수학-계산이론의 발전을 기반으로 다양한 자연현상 및 물리적인 현상들을 매우 세밀하고 정교하게 모델링 또는 시뮬레이션하고 이를 3차원 컴퓨터 그래픽스 기법을 이용하여 가시화하는 연구가 활발하게 이뤄지고 있다. 또한, 단층촬영장비, 3차원 스캐너, 전자현미경, 인공위성용 망원렌즈 등과 같은 첨단 센서 장비의 발전은 다양한 종류와 형태를 가진 세밀하고 방대한 실사 데이터들의 용이한 획득을 가능하게 하였으며, 이와 같은 데이터들에 대한 정확한 분석을 위해 3차원 컴퓨터 그래픽스 기술이 이용되고 있다 [1,2,3]. 이와 같이 생성된 데이터들은 일반적으로 대단히 방대한 크기를 갖는다. 이와 같이 방대한 데이터를 이용하는 주된 목적은 물리적인 자연현상의 원인과 결과를 보다 높은 해상도에서 더욱 자세하게 분석하고 이해하기 위해서이며, 이는 다양한 과학과 공학 분야에서 그 중요성이 계속 강조되고 있다. 최근의 고성능 컴퓨팅 기술과 센서 기술의 발전 추세를 고려할 때, 가까운 미래에 수 페라바이트(perabyte)에 이르는 매우 방대한 크기의 데이터들이 다양한 연구 분야에서 일반화 될 것으로 예상된다. 컴퓨터 기술의 발달로 매우 큰 용량을 갖는 보조기억장치들의 가격이 계속해서 낮아지고 있기는 하지만, 고해상도를 갖는 데이터 크기가 방대해지는 속도를 따라가지는 못하고 있다.

범용 PC 클라이언트에서 병렬 또는 분산 렌더링 서버

에 접속하여 방대한 데이터를 효과적으로 가시화하는 다양한 연구 결과들이 발표되었다. 그러나 대부분의 방법들은 렌더링 서버가 충분히 큰 지역 저장 장치를 갖고 있고, 원본 볼륨 데이터들은 서버에 미리 저장되어 있으며, 충분히 빠르게 데이터를 액세스할 수 있는 환경을 가정하고 구현되었다. 그러나 최근에 데이터가 급격하게 방대해짐에 따라서, 원격지에 저장된 데이터 가운데 특정 부분만을 직접 액세스하여 가시화를 수행하거나 서버에서 렌더링 된 영상을 받아 디스플레이만을 수행하는 소프트웨어들이 개발되고 있다. 대표적인 예로 스캔뷰(ScanView)와 같은 클라이언트-서버 렌더링 시스템이 있다[4]. 이 시스템의 클라이언트는 간단한 인터페이스와 매우 작은 크기의 간략화 된 모델로 이뤄지며, 사용자는 인터페이스를 통해 카메라의 위치와 방향을 바꿔가며 실시간 속도로 섬세하지 않은 영상을 생성할 수 있다. 그리고 고화질의 영상을 생성하기를 원하는 경우에는 카메라를 적당한 위치에 배치한 후 서버에 접속하여 고화질의 해당 영상을 받을 수 있도록 구현되어 있다.

한편, 페라바이트 단위를 갖는 방대한 데이터의 효과적인 처리를 위해서 광역 네트워크로 연결된 분산처리 및 분산저장 시스템을 이용하는 연구 결과들이 발표되고 있다[5,6,7,8]. 이러한 연구들은 매우 방대한 데이터들을 분산 저장 장치에 저장하고 이들 데이터들을 효과적으로 관리하기 위한 기법에 관한 것으로서, 저장 시스템에 저장된 다차원의 데이터들을 추출하고 필터링할 뿐만 아니라 클라이언트와 저장 자원사이에서 고급의 서비스를 제

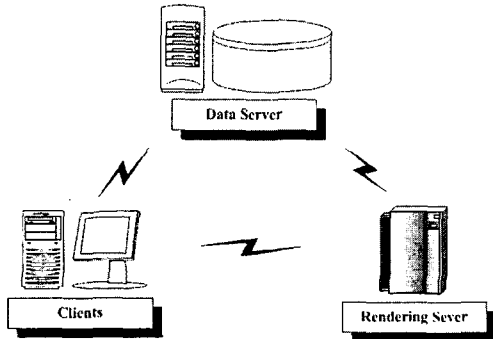


그림 1: 볼륨 렌더링 시스템의 전체적인 구조



그림 2: 개발된 렌더링 클라이언트

공한다.

본 논문에서는 방대한 볼륨 데이터의 특정 선택 영역에 대해 다양한 해상도로 리샘플링된 부분 볼륨 데이터의 원격 전송을 지원하는 클라이언트-서버 기반의 볼륨 렌더링 시스템의 설계에 대해 소개한다.

2 리샘플링된 볼륨 데이터의 원격 액세스

본 시스템은 개인용 컴퓨터상에서 구동되는 클라이언트 GUI(Graphical User Interface)를 통해 방대한 볼륨 데이터를 저장하고 있는 데이터 서버와 병렬 볼륨 렌더링을 수행하는 렌더링 서버에 접속하고 가시화 영상을 생성하는 클라이언트-서버 모델을 기반으로 하고 있다(그림 1 참조). 데이터 서버에 저장된 볼륨 데이터의 크기가 방대한 경우, 범용 PC에서 일반적인 그래픽스 가속 볼륨 렌더링 기법을 이용하여 텍스처 메모리보다 큰 데이터를 실시간으로 가시화 하는 것은 불가능하다. 따라서 클라이언트는 텍스처 메모리보다 작은 크기로 필터링된 저해상도의 볼륨 데이터를 미리 갖고 있고 이를 저해상도의 영상으로 실시간 렌더링 한다. 사용자는 이 렌더링 영상을 이용해 더욱 자세하고 섬세하게 관찰하고자 하는 영역을 관찰하고 GUI를 이용해 그 영역을 작곡면체로 설정한 후, 관련 정보를 데이터 서버에게 전송한다. 데이터 서버는 원본 데이터로부터 해당 영역에 대한 리샘플링을 수행하여 클라이언트의 텍스처 메모리 보다 작거나 같은 크기의 데이터를 추출하고 이를 클라이언트에게 보낸다. 원격 전송을 통해 리샘플링된 부분 볼륨 데이터를 받은 클라이언트는 하드웨어 가속 실시간 볼륨 렌더링을 통해 이를 다시 가시화 할 수 있고, 동일한 방법으로 반복적으로 적용하여 더 자세한 볼륨 영역을 데이터 서버에게 요청하고 전송받아 실시간 가시화에 이용할 수 있다. 이 때, 클라이언트는 내부적인 캐시 자료구조를 유지함으로써 데이터 서버로부터 받는 데이터 통신 비용을 최소화 할 수 있다. GUI를 통해 선택한 특정 부분에 대한 다양한 해상도의 리샘플링된 볼륨 데이터의 원격 전송을 이용한 가시화를 수행함으로써 범용의 PC 상에서 불가능한 방대한 볼륨 데이터의 가시화의 문제에

대한 하나의 해법을 제시한다.

3 시스템 구조

3.1 클라이언트 모듈

클라이언트는 256MB의 텍스처 메모리를 탑재하고 있는 nVIDIA GeForce3를 이용하며, GPU가 지원하는 레지스터 컴바이너를 이용하여 하드웨어 가속 렌더링을 수행하도록 개발되었으며 일반 사용자들을 위해 다양한 메뉴를 포함한 GUI 형태로 구현되었다. 그림 2는 렌더링을 수행하는 클라이언트 프로그램의 사용자 인터페이스를 보여준다. 오른쪽 윈도우는 낮은 해상도로 리샘플링된 전체 Visible Man 데이터를 사용하여 실시간 가시화를 수행하면서 더 자세한 관찰을 하기 위한 영역을 선택하고 있는 장면을 보여주고 있다. 왼쪽 윈도우에서는 오른쪽 윈도우에서 선택한 특정 영역(이 그림에서는 머리부분)에 대하여 좀 더 높은 해상도의 리샘플링 데이터를 데이터 서버로부터 전송받아 이를 다시 실시간 가시화 한 결과 영상을 보여준다. 아래쪽의 윈도우는 렌더링 할 물질에 대한 밀도값의 범위를 설정하는 기능을 지원하며 렌더링 모델에서 특정 밀도값에 대해 사용될 컬러와 불투명도 값을 정의하는 기능을 제공한다. 카메라의 위치와 방향과 관련된 파라미터들은 마우스를 이용한 물체를 회전, 확대, 이동 기능으로부터 자동 생성되며, 광원에 관한 정보, 렌더링 파라미터, 파일 입출력, 서버와의 접속, 데이터 요청, 렌더링 요청 등은 메뉴 버튼을 통해 설정 가능하다. 특정 영역을 고화질의 영상으로 렌더링 하여 자세하게 관찰하고자 하는 경우에, 사용자는 렌더링 서버와 접속하여 설정된 부분 볼륨 정보와 렌더링/뷰잉 파라미터들을 전송하고 최종 영상을 받을 수 있다. 그리고 볼륨 광선추적법 또는 등가면기법 가운데 원하는 알고리즘을 적절히 선택하여 가시화 영상을 얻을 수 있도록 구현되었다.

3.2 서버 모듈

서버는 렌더링 서버와 데이터 서버로 구성된다. 현재는 두 가지 서버 프로그램 모두 24개의 프로세서, 25GB의 메모리, 그리고 충분히 큰 디스크 공간을 갖는 SGI Onyx2 시스템과 130개의 프로세서로 구성된 PC 클러스터 상에서 구현되었다. 렌더링 서버는 기존에 이미 개발된 병렬 볼륨 광선추적법[9]과 병렬 등가면기법을 모두 제공하고 있으며, 클라이언트에서 설정한 특정 영역에 대해 고해상도의 영상을 생성하는 기능을 담당한다. 물론, 렌더링 서버는 데이터 서버로부터 설정된 영역에 대한 충분히 높은 해상도의 부분 볼륨 데이터를 전송받았을 이를 이용해 가시화를 수행하며, 렌더링 수행 과정에서 요구되는 모든 파라미터들은 클라이언트 GUI로부터 전송된 값들을 사용한다. 렌더링 서버는 병렬 렌더링을 통해 생성된 최종 영상을 클라이언트에게 보내고, 클라이언트는 이를 윈도우에 디스플레이하게 된다.

데이터 서버는 방대한 데이터를 관리하며, 클라이언트 또는 렌더링 서버로부터 부분 볼륨에 대한 범위 정보와 요구하는 해상도 정보를 받은 후, 해당 영역의 원본 데이터를 리샘플링하여 원하는 해상도의 크기로 변환하고 이를 전송하는 역할을 담당한다. 데이터 서버에서도 캐쉬 자료구조를 정의하여 디스크에서 액세스하는 비용을 최소화 하는 기법을 개발할 것이며, 단순한 리샘플링 기법 외에 효과적으로 알려져 있는 다양한 형태의 필터링 기법들을 적용하여 렌더링 화질을 높이는 방법도 고려할 것이다.

3.3 통신 모듈

클라이언트, 데이터 서버, 렌더링 서버 사이의 통신 모듈은 이후의 용이한 확장을 고려하여 CORBA를 기반으로 구현하였다. 따라서 현재 개발된 클라이언트가 아닌 다른 클라이언트를 사용하더라도 간단한 프로그램 수정을 통해 서버와 통신을 설정할 수 있다.

4 결론

다양한 분야에서 산출되고 있는 방대한 크기의 볼륨 데이터의 효과적인 가시화의 문제는 컴퓨터 그래픽스 분야에서 대두되는 중요한 문제 가운데 하나이다. 본 논문에서는 범용의 PC 클라이언트를 이용하여 이러한 데이터를 효과적으로 가시화하기 위한 클라이언트-서버 기반의 볼륨 렌더링 시스템을 설계하였다. 사용자는 GUI 형태로 개발된 클라이언트 프로그램을 통해 데이터 서버 또는 렌더링 서버와 접속하며, 각 서버들로부터 다양한 해상도의 리샘플링된 부분 볼륨 데이터 또는 고화질의 렌더링 영상의 원격 전송을 요청할 수 있다. 본 시스템은 방대한 데이터 속에 포함된 자세한 관찰이 요구되는 특정 영역에 대한 다양한 해상도의 데이터의 액세스와 고화질 영상의 가시화가 필수적인 자연과학, 의학, 공학 분야에서 응용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] J. Kniss, P. McCormick, A. McPherson, J. Ahrens, J. Painter, A. Keahey, and C. Hansen, "Interactive texture-based volume rendering for large data sets", *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 21, No. 4, pp. 52-61, 2001.
- [2] T. Kurc, U. Catalyurek, C. Chang, A. Sussman, and J. Saltz, "Visualization of large data sets with the active data repository", *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 21, No. 4, pp. 24-33, 2001.
- [3] K.-L. Ma and S. Parker, "Massively parallel software rendering for visualizing large-scale data sets", *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 21, No. 4, pp. 72-83, 2001. H. Andrade, M. Beynon, C. Chang, R. Ferreira, U. Catalyurek, T. Kurc, A. Sussman, and J. Saltz, "Processing large-scale multidimensional data in parallel and distributed environments", *Parallel Computing*, pp. 827-859, May 2002.
- [4] Stanford Computer Graphics Laboratory, <http://graphics.stanford.edu/scanview>, ScanView: a system for remote visualization of scanned 3D models, Stanford University, 2003.
- [5] A. Chervenak, I. Foster, C. Kesselman, C. Salisbury, and S. Tuecke, "The data grid: towards an architecture for the distributed management and analysis of large scientific datasets", *Journal of Network and Computer Applications*, Vol. 23, pp. 187-200, 2001.
- [6] I. Foster, C. Kesselman, J. Nick, and S. Tuecke, "Grid services for distributed system integration", *IEEE Computer*, Vol. 35, No. 6, pp. 37-46, 2002.
- [7] I. Foster, C. Kesselman, and S. Tuecke, "The anatomy of the grid: enabling scalable virtual organizations", *International Journal of Supercomputer Applications*, Vol. 15, No. 3, 2001.
- [8] H. Andrade, M. Beynon, C. Chang, R. Ferreira, U. Catalyurek, T. Kurc, A. Sussman, and J. Saltz, "Processing large-scale multidimensional data in parallel and distributed environments", *Parallel Computing*, pp. 827-859, May 2002.
- [9] C. Bajaj, I. Ihm, G. Koo, and S. Park, "Parallel ray casting of visible human on distributed memory architectures", *Proceedings of VisSym'99 (Joint EUROGRAPHICS-IEEE TCCG Symposium on Visualization)*, Vienna, Austria, May 1999.