

## PDA를 이용한 모바일 볼륨 가시화 시스템 개발

박상훈<sup>1)</sup> 김원태 임인성

동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과

서강대학교 컴퓨터학과

mshpark@dongguk.edu<sup>o</sup> matt99@grmanet.sogang.ac.kr ihm@sogang.ac.kr

Development of Mobile Volume Visualization System on PDA

Sanghun Park<sup>o</sup> Wontae Kim Insung Ihm

Dept. of Multimedia, Graduate School of Digital Image & Contents, Dongguk University

Dept. of Computer Science, Sogang University

### 요 약

모델링·시뮬레이션 또는 첨단 센서 장비 기술의 발전으로 최근에 매우 높은 해상도를 갖는 방대한 크기의 볼륨 데이터들이 생성되고 있으며, 이러한 데이터를 효과적으로 가시화하기 위한 다양한 연구 결과들이 과학적 가시화 분야에서 발표되고 있다. 지금까지 연구된 대부분의 가시화 소프트웨어들은 워크스테이션과 PC를 기반으로 개발되었으며, 모바일 환경에서 가시화를 수행하는 소프트웨어는 아직까지 발표된 바가 없다. 본 논문에서는 PDA상에서 구현된 클라이언트와 대용량·고성능 서버를 이용한 모바일 볼륨 가시화 시스템의 설계에 대해 설명한다. 이 시스템은 자세한 관찰이 필요한 특정 영역을 점진적으로 높은 해상도로 관찰할 수 있는 기능을 지원하며, 설정한 파라미터를 이용한 고품질 볼륨 가시화 영상의 렌더링을 요청하는 기능을 제공한다.

### 1. 서론

고성능 컴퓨터 하드웨어 기술과 수학·계산이론의 발전으로 다양한 자연현상과 물리적인 현상들을 매우 세밀하고 정교하게 모델링·시뮬레이션하고 이를 3차원 컴퓨터 그래픽스 기법을 이용하여 가시화하는 연구가 최근에 활발하게 이뤄지고 있다. 더욱이 첨단 센서 장비의 발전은 다양한 종류와 형태를 가진 세밀하고 방대한 실사 데이터들의 획득을 용이하게 하였으며, 이와 같은 데이터들에 대한 정확한 분석을 위해 3차원 컴퓨터 그래픽스 기술들이 이용되고 있다. 일반적으로 이렇게 생성된 데이터들은 수 십 기가바이트에서 수 테라바이트에 이르는 대단히 방대한 크기로 구성되며 이를 효과적으로 처리하기 위해서는 광대역 네트워크로 연결된 고성능 분산·병렬 서버 시스템의 이용이 필수적으로 요구된다[1,2].

범용 PC 클라이언트에서 고성능 렌더링 서버에 접속하여 방대한 데이터를 효과적으로 가시화하는 다양한 연구 결과들이 발표되었다. 최근에 데이터가 급격하게 방대해짐에 따라 원격지에 저장된 데이터 가운데 특정 부분만을 직접 액세스하여 가시화를 수행하거나, 서버에서 렌더링 된 영상만을 전송받아 디스플레이만 수행하는 다양한 클라이언트 소프트웨어들이 발표되고 있으며[3], 방대한 데이터의 효과적인 필터링과 관리를 지원하는 미들웨어들이 개발되고 있다[1,4].

무선 통신 기술과 모바일 기기 관련 기술의 발전으로 휴대폰이나 PDA가 일반화 되었으며, 이러한 휴대용 모바일 기기를 이용하여 PC 수준의 고급 3차원 게임이나 그래픽스 응용 프로그램을 구현하기 위한 노력이 활발히 진행되고 있다. 그러나 모바일 환경을 기반으로 하는 과학적 가시화 시스템을 개발하는 연구는 아직까지 그리 많이 수행되지 않았다. 모바일 기기를

를 이용하여 방대한 볼륨 데이터를 가시화 하는 클라이언트 시스템을 개발하는 경우, 제한된 사양(저성능의 프로세서, 소형 메모리, 작은 디스플레이 화면 등)으로 인해 PC 환경과는 달리 고려해야 하는 다양한 문제들이 존재한다.

본 논문에서는 모바일 기기 가운데 응용 프로그램 개발이 가장 용이하다고 알려진 PDA를 이용한 휴대용 모바일 볼륨 가시화 시스템 개발에 대해 설명한다. 이 시스템은 매우 큰 볼륨 데이터를 저장하고 있는 데이터 서버와 병렬 볼륨 렌더링을 수행하는 렌더링 서버와 연동하도록 설계되었다.

### 2. 설계 및 구현

이미 널리 알려진 바와 같이 방대한 크기의 데이터로부터 3차원 영상을 생성하기 위한 볼륨 렌더링 알고리즘들은 많은 계산비용과 큰 메모리 공간을 필요로 한다. 따라서 현재의 상용 모바일 기기가 갖는 하드웨어적인 한계로 인해, 고성능 컴퓨터나 PC상에서 구현된 알고리즘을 그대로 휴대폰이나 PDA에 이식하는 것은 거의 불가능하다. 빠르게 발전하고 있는 모바일 컴퓨팅 관련 기술의 발전 속도를 고려할 때, 수 년 내에 그래픽스 가속기를 탑재한 모바일 기기를 이용한 실시간 볼륨 렌더링의 가능성을 기대할 수 있겠지만, 현재의 계산 환경에서 가장 합리적인 접근 방법은 클라이언트-서버 시스템을 구축하고 이를 기반으로 볼륨 가시화 서비스를 제공하고 성능을 최적화 하는 것일 것이다.

개발된 시스템의 모바일 볼륨 가시화 시스템의 구조는 다음과 같다: 방대한 볼륨 데이터를 저장하고 있는 데이터 서버와 병렬 볼륨 렌더링을 수행하는 렌더링 서버를 구축하고, 사용자는 PDA상에서 개발된 모바일 클라이언트를 이용하여 볼륨 가시화 관련 서비스를 서버에게 요청하고 복잡한 계산 결과를 전

1) 이 논문은 주저자의 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 수행되었음(KRF-2004-041-D00615).

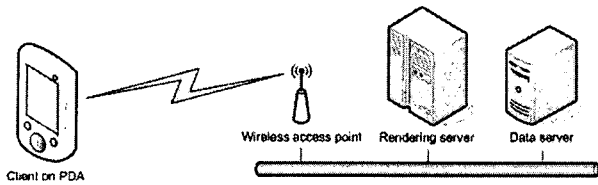


그림 1: 시스템의 전체적인 구조

송받는다. 그림 1은 본 시스템의 전체적인 구조를 간단하게 보여준다. 일반 사용자는 무선 네트워크에 접속할 수 있는 환경이면 시간과 장소에 구애받지 않고 간단한 메뉴 조작으로 가시화 서비스를 제공받을 수 있다. 또한 이 시스템을 이용하여 CT(Computed Tomography), MRI(Magnetic Resonance Imaging)와 같은 의료 데이터뿐만 아니라, 공학과 자연과학에서 산출된 다양한 형태의 시뮬레이션 결과물에 대해서 단면 영상, 고화질 볼륨 가시화 영상 등에 대한 렌더링 서비스를 이용할 수 있다.

## 2.1 모바일 클라이언트

모바일 클라이언트는 서버와의 접속, 데이터 서버에 저장된 볼륨 데이터의 선택, 볼륨 데이터의 미리보기, 특정 부분에 대한 LOD(Level Of Detail) 관찰, 기본적인 볼륨 데이터 조작(회전, 축소, 확대 등), 렌더링 파라미터의 설정, 그리고 렌더링 서버에게 고화질 볼륨 렌더링 요구 등과 같은 기능을 포함하고 있으며, 이를 용이하게 수행할 수 있는 편리한 GUI 환경을 제공한다. 데이터 서버는 방대한 볼륨 데이터의 액세스를 효과적으로 수행하기 위한 데이터 필터링을 주로 담당하며, 렌더링 서버는 고화질 영상을 생성하는 것이 주된 역할이다. 클라이언트와 서버는 통신비용을 최소화 하도록 설계된 프로토콜을 이용하여 통신을 한다.

사용자가 클라이언트 프로그램을 실행하여 무선 랜을 통해 서버 프로그램에 접속한 후 데이터 리스트를 요청하면, 데이터 서버는 저장하고 있는 볼륨 데이터들의 리스트와 함께 데이터에 대한 간단한 정보를 클라이언트에게 넘겨준다(그림 2(a)). 리스트 가운데 가시화 하고자 하는 볼륨 데이터를 선택하면 데이터 서버는 원본 볼륨 데이터를 PDA의 메모리 크기에 맞는 작은 크기의 데이터로 필터링하고 이를 클라이언트에게 전송한다. 일단 모바일 클라이언트가 데이터 서버로부터 필터링 된 3차원 볼륨 데이터를 전송받으면 2차원 텍스처 매핑 기법을 이용하여 카메라 방향에 수직인 단면의 영상을 PDA 화면에 디스플레이 하게 된다. 사용자는 GUI상의 메뉴들을 이용하여 카메라의 방향을 자유롭게 변경할 수 있고 단면의 깊이를 바꾸어 가면서 데이터를 관찰할 수 있다(그림 2(b)).

현재 디스플레이중인 데이터 가운데 더욱 자세한 관찰을 원하는 부분이 있는 경우 그 부분을 다시 선택하면(그림 2(c)), 해당 영역에 대한 좌표 정보가 데이터 서버에게 재전송되고 데이터 서버는 고해상도의 원본 데이터로부터 선택된 부분에 대한 볼륨 데이터만을 다시 필터링하여 클라이언트에게 전송하게 된다(그림 2(d)). 이와 같은 수행을 반복함으로써, 관찰하고자 하는 특정 영역에 대해 점차적으로 높은 해상도의 영상을 디스

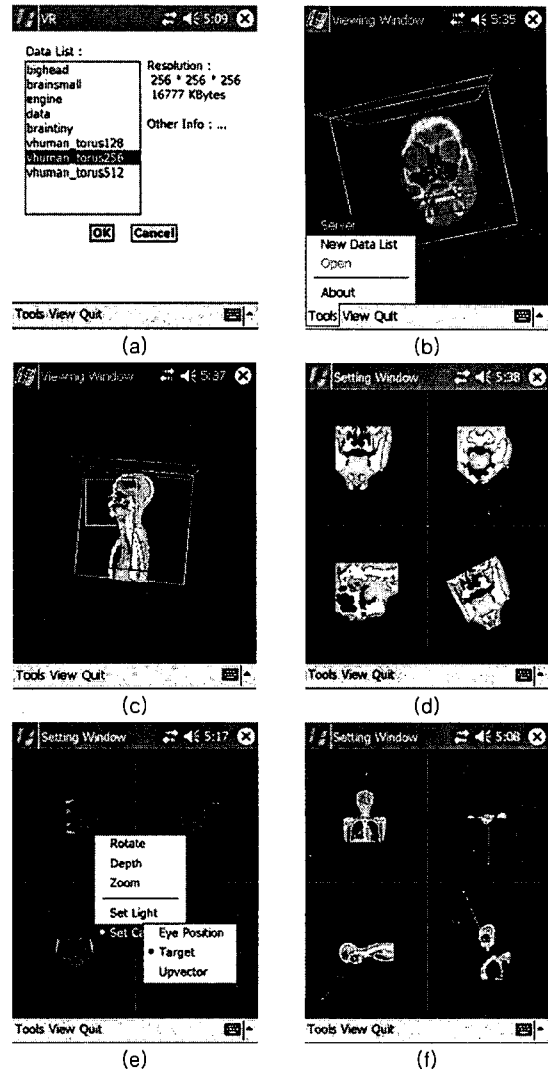


그림 2: 모바일 클라이언트 시스템의 동작 예

플레이할 수 있고, 이러한 LOD(Level of Detail)기반의 데이터 관찰 기능을 통해 궁극적으로 원본 볼륨 데이터의 해상도에 대응하는 고해상도의 영상을 세밀한 가시화에 이용할 수 있도록 구현하였다.

사용자는  $x, y, z$  세 개의 축에 수직인 방향에서 바라 본 영상을 이용하여 3차원 공간상의 광원과 카메라에 대한 위치와 벡터에 대한 파라미터들을 조절할 수 있으며(그림 1(e),(f)), 설정 후 볼륨 렌더링 요청 버튼을 클릭하면 렌더링 서버는 사용자가 설정한 볼륨 렌더링과 관련된 파라미터들을 모두 전달받아 고화질의 볼륨 렌더링 영상을 계산하고 최종 영상을 다시 클라이언트에게 전송하게 된다.

PDA는 마우스 대신 펜을 입력 장치로 사용하고, 키보드가 없기 때문에 조합키의 사용이 불가능하다. 따라서 PC 기반의 일반적인 응용 프로그램에서 구현 가능했던 다양한 형태의 단

축 메뉴와 그래픽스 조작 기능을 이용할 수 없다는 한계를 갖는다. 본 클라이언트 시스템도 이러한 제약으로 인해 디스플레이 되는 가시화 영상 조절기능 설계 과정에서 반드시 필요한 핵심적인 기능만을 구현하였다.

클라이언트 프로그램 개발을 위해 이용된 시스템으로 Intel PXA270 Processor(624MHz), 64M SDRAM, VGA(480×640) 디스플레이를 지원하는 MS Windows Mobile 2003 기반의 HP iPAQ hx4700 PDA를 이용하였다. 또한, GUI 구현을 위해 MS Embedded Visual C++ 4.0, Vincent OpenGL|ES, 그리고 서버와 통신을 위한 코드 개발을 위해 MS Winsock을 활용하였다.

## 2.2 서버

렌더링 서버는 병렬 볼륨 광선추적법(parallel volume ray-casting)을 이용한 고품질 영상을 생성하는 것이 주된 역할이다[5]. 클라이언트가 전송한 렌더링 관련 파라미터들(카메라와 조명의 위치와 방향, 가시화할 대상을 정의하는 변환함수(transfer functions), 렌더링에 참여할 프로세서의 개수 등)을 받고, 사용자에게 의해 설정된 특정 영역의 볼륨 데이터를 데이터 서버로부터 받아 이를 병렬 가시화 알고리즘을 이용하여 가시화 하는 것인 렌더링 서버의 주된 역할이다. 최종 렌더링 결과 영상은 생성 즉시 클라이언트로 전송되어 PDA 화면상에 디스플레이 된다.

데이터 서버는, 앞에서 언급한 바와 같이, 모바일 클라이언트, 렌더링 서버와 지속적으로 연결을 유지하면서 각 프로그램이 필요로 하는 볼륨 데이터를 필터링하고 전송하는 역할을 담당한다. 특히, 모바일 클라이언트에서 요청한 데이터를 전송하는 경우에는 PDA의 사용 가능한 메모리 크기를 고려하여 필터링 결과로 생성될 볼륨 데이터의 해상도를 동적으로 계산하도록 구현하였다.

데이터 서버는 대용량의 저장 장치를 갖춘 시스템이면 플랫폼에 관계없이 이식 가능하도록 설계되었으며, 렌더링 서버의 경우 SGI Onyx2 병렬 시스템과 리눅스 기반 PC 클러스터 시스템에서 정상적으로 수행 가능함을 확인하였다.

## 3. 결론 및 추후 발전방향

본 논문에서는 방대한 데이터를 저장하고 있는 서버에 접속하여, 원하는 데이터를 선택하고, 그 데이터 가운데 특정 부분을 점진적으로 자세하게 관찰하면서, 필요한 경우 고해상도 볼륨 렌더링까지 요청할 수 있는 PDA 기반 모바일 볼륨 가시화 시스템에 대한 설계 및 구현에 관해 설명하였다.

개발된 시스템은 매우 일반적인 클라이언트-서버 환경을 고려하여 개발되었으며, 확장 가능성을 고려하여 구현되었다. 따라서 특정 분야에서 필요로 하는 기능들을 추가한다면 다양한 응용 프로그램으로 발전시키는 것이 가능하다. 예를 들어, 의료 영상 데이터들을 특정 데이터 서버에 저장하고 진단을 위해 특정 데이터를 액세스하는 현재의 대형 병원의 시스템에 모바일 가시화 시스템을 적용함으로써 시간과 장소의 제약 없이 원격진료·협업진료 환경을 구축할 수 있을 것이다.

최근에 출시된 고성능 게임용 모바일 폰 모델들이 실시간 3차원 그래픽스 기능을 지원하고 있으나, 현재 시판중인 PDA 가운데 하드웨어 가속기를 탑재한 모델은 아직 시판되고 있지 않은 상황이다. 따라서 현재 구현된 미리보기 기능이 2차원 단면 영상의 디스플레이에 그치고 있으나, 3차원 가속기를 탑재한 PDA가 이용 가능한 상황이 된다면 클라이언트의 그래픽스 가속 기능을 이용하여 메모리보다 작은 (렌더링 서버로부터 전송받은) 볼륨 데이터에 대해 3차원 실시간 볼륨 렌더링을 수행할 수 있도록 확장할 계획이다.

또한 클라이언트에 연속적인 카메라의 이동 경로를 설정할 수 있는 기능과 이를 렌더링 서버에게 전송하는 기능을 추가하고, 렌더링 서버에는 카메라 이동에 따른 연속적인 볼륨 렌더링 영상 프레임들을 제작하고 이를 하나의 동영상으로 만들어 다시 클라이언트에게 전송하는 기능을 추가할 예정이다. 이를 통해 한 장의 고해상도 영상을 이용한 데이터를 분석뿐만 아니라 동영상을 이용한 분석도 지원할 수 있는데, 이러한 동영상을 활용한 데이터 관찰은 최근 과학적 가시화 분야에서 중요한 문제로 대두되고 있는 시간가변(time-varying) 볼륨 데이터의 가시화를 위해 필수적인 핵심 기능이 될 것이다.

## 참고문헌

- [1] T. Kurc, U. Caralyrec, 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.
- [2] A. Chervenak, I. Forster, 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, 2000.
- [3] D. Koller, M. Turitzin and M. Levoy, M. Tarini, G. Crocchia, P. Cignoni and R. Scopigno, "Protected interactive 3D graphics via remote rendering", *ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH 2004 Proceedings)*, pp. 695-703, August 2004.
- [4] A. Rajasekar, M. Wan, and R. Moore, "MySRB & SRB - components of a data grid", *Proceedings of IEEE Symposium on High Performance Distributed Computing*, pp. 301-310, Edinburgh, Scotland, July 2002.
- [5] C. Bajaj, I. Ihm, G. Koo and S. Park, "Parallel ray casting of visible human on distributed memory architectures", *Proceedings of VisSym'99*, pp. 269-276, Vienna, Austria, May 1999.
- [6] 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.
- [7] M. Beynon, C. Chang, U. Catalyurek, T. Kurc, A. Sussman, H. Andrade, R. Ferreira, and J. Saltz, "Processing large-scale multidimensional data in parallel and distributed environments", *Parallel Computing*, pp. 827-859, May 2002.
- [8] 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.