

연구논문

3차원 공간 자료 시각화를 위한 CAVE 형 가상현실 시스템 구축

이관우¹⁾, 이두성¹⁾

Development of a CAVE type Virtual Reality System for 3-D Spatial Data Visualization

Kwanwoo Lee¹⁾ and Doo Sung Lee¹⁾

요 약 : 몰입형 가상현실 시스템은 3차원 탄성과, 검층자료, 해석단면 등 다양한 지하정보를 3차원 공간에 시각화 하고 분석하는데 효과적이다. 이러한 시스템은 석유나 가스 탐사에 중요한 도구로서 사용될 수 있지만, 고가의 제작비용으로 인해 특수한 분야에만 제한적으로 사용되어 왔다. 본 논문에서는 몰입감을 극대화 시킬 수 있는 가상현실 시스템인 CAVE(Cave Automatic Virtual Environment)를 일반 PC와 프로젝터를 이용하여 적은 비용으로 구축한 사례를 제시한다.

주요어 : 가상현실, 공간정보 시각화

Abstract : Immersive virtual reality provides an effective way of visualizing and analyzing various spatial data, such as wireline logs, three-dimensional seismic, and interpreted geologic boundaries, and etc. Although it is a valuable tool for oil and gas exploration, its usage has been limited to a specific area because of its high development costs. This paper describes the development of an immersive virtual reality system, known as CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) that maximizes immersiveness with reasonable prices by using general purpose PC and projectors.

Keywords : Virtual reality, Spatial data visualization

서 론

효율적인 자원개발 및 물리탐사를 위해서는 다양한 방법으로 얻은 지하정보(즉, 검층자료, 3차원 탄성과 자료 등)를 3차원 공간에 가시화하고 분석하는 일이 필요하다. 그 이유는 인간이 직접 눈으로 볼 수 없는 지하 세계를 관측을 통해 얻은 지하정보를 바탕으로 3차원 가상공간에 가시화함으로써, 보다 다양하고 정확한 분석을 수행할 수 있기 때문이다. 기존 연구(이두성, 김현규, 2002)에서는 3차원 탄성과 자료를 시각화 하는 소프트웨어를 개발하였고, 이두성(2004)은 다양한 3차원 객체를 입체적으로 시각화하기 위한 수동형 입체 영상 시각화 시스템을 PC기반으로 개발하였다. 이 시스템은 Pape and Umbrae(2002)이 제안했던 것과 유사한 시스템으로 두 대의 영사기를 사용하여 좌, 우안에 관찰되는 각각의 영상을 하나의 스크린에 중복하여 출력시키고, 이 중복된 영상을 관찰자가 편광필터 안경을 통하여 좌, 우안의 영상을 선택적으로 받아들임으로써 스테레오 영상, 즉 깊이감 있는 영상을 느낄 수 있게 하는 시스템이다.

이러한 수동형 입체 영상 시각화 시스템은 3차원 입체 영상을 구현하는데 있어 가격이 비교적 저렴하고 제작이 용이한 장점이 있다. 하지만, 한 개의 스크린에 의한 입체 영상 시각

화는 관찰자가 몰입감을 느끼기에는 한계가 있다. 최근에는 다수 관찰자가 동시에 같은 영상을 보면서 몰입감을 극대화 시킬 수 있는 CAVE(Cave Automatic Virtual Environment) 시스템이 인기를 끌고 있다. CAVE(Cruz-Neira *et al.*, 1993) 시스템이란 작게는 두 면에서 많게는 여섯 면으로 둘러싸인 스크린에 입체 영상을 출력함으로써 몰입감을 증대시키는 몰입형 가상현실 시스템을 의미한다. 즉 관찰자가 대상개체의 내부에서 직접 자료와 상호작용을 통한 자료분석을 가능하게 하는 시스템이다.

과거에는 CAVE 시스템이 고가의 제작 경비로 인해 범용화 되기에 힘든 점이 있었으나, 최근에는 비교적 저가의 영사기와 스크린이 대중화되었고, PC의 성능이 크게 향상되어 비교적 적은 비용으로 CAVE 시스템을 구축할 수 있는 방안이 마련되고 있다. (Pape and Umbrae, 2002; 이두성, 2004)는 1개의 스크린을 사용한 시스템을 소개한 바 있고, (Sauter, 2002)는 2개 이상의 스크린을 사용한 CAVE 시스템 개발에 대한 보고를 한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 본 연구실에서 개발된 기존의 수동형 입체 방식에 의한 3차원 영상 시각화 시스템을 최대한 활용하여 저비용으로 몰입감을 극대화 시킬 수 있는 가상현실 시각화 시스템의 일종인 CAVE 시스템의 구축을 목표로 한다.

*2004년 4월 14일 접수

1) 한성대학교 정보공학부

가상현실 시각화

가상현실이란 인간이 느낄 수 있는 시각, 청각, 촉감, 후각, 미각의 오감을 통해서 컴퓨터가 만들어낸 가상의 환경을 실제 상황으로 인지 하는 것이라고 말할 수 있다. 특히, 오감 중에서 인간이 외부세계로부터 약 70% 정도의 정보를 얻는 시각은 가상현실 환경 구축에 있어 핵심적인 역할을 한다.

가상현실 시각화 시스템은 크게 데스크 탑, 투사형, HMD (Head Mounted Display)로 구분된다. 데스크 탑 방식은 컴퓨터 화면상에서 가상현실을 구현한 것이고, 투사형 방식은 대형 스크린에 영상을 투사시킴으로써 가상현실 환경을 구축하는 것을 의미한다. HMD(Teitel, 1990)는 사용자가 고글을 착용함으로써, 외부 세계와 완전히 차단된 상태로 가상현실을 느낄 수 있는 방식이다. 데스크 탑 방식은 다른 방식에 비해 저비용으로 구축할 수 있으나, 몰입감을 느끼기에는 한계가 있으므로, 주로 개발용 환경으로 많이 사용된다. HMD 방식은 다른 방식에 비해 완전한 몰입감을 구축할 수 있으나, 1인칭 관찰자 용인 한계가 있다. 이에 반해, 투사형 방식은 데스크 탑과 HMD 방식의 중간적인 단계로 다수 관찰자를 지원할 수 있으며, 완전 몰입에서 반 몰입형으로 개발할 수 있다(Fig. 1).

투사형 방식은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 투사방식, 스크린 타입, 영상 관점에서 세분화 될 수 있다. 투사방식은 크게 전면투사와 후면 투사로 구분되는데, 전면투사는 후면 투사에 비해 비용 및 프로젝트의 전력 소비 면에서 유리한 반면에 관찰자가 스크린에 가까이 갈수록 관찰자에 의한 그림자가 많이 생기는데 반해, 후면투사는 그림자가 전혀 생기지 않아 관찰자가 스크린 가까이 가서 입체 영상을 보다 자세히 관찰할 수 있는 장점이 있다. 스크린 타입은 여러 방식이 있으나, 가장 간단한 방식인 평면에서부터 원통, CAVE, 돔 형식이 있는데, 원통형은 반 몰입감을, CAVE나 돔은 완전 몰입감을 지원할 수 있으나, 여러 스크린에 투사된 영상을 동기화하고 제어하기가 어려운 단점이 있다. 마지막으로 영상은 모노 혹은 입체로 투사될 수 있다. 입체 영상은 양안의 시각차를 갖는 두 개의 2차원 영상을 이용하여 입체를 구현하며, 이는 능동형과 수동형이 있다. 능동형 방식은 입체감 및 영상의 질이 뛰어나지만, 고가의

의 프로젝트 및 서버 클래스의 사용으로 구현 비용이 많이 든다. 반면에, 수동형 방식은 능동형에 비해 입체감은 떨어지지만 저가의 장비로 구현할 수 있는 장점이 있다.

이러한 특징을 지닌 가상현실 시각화 방법 중에서 본 연구에서는 두 개 이상의 스크린으로 구성된 멀티스크린 환경하에서, 전면 혹은 후면 투사방식을 지원하며, 수동형 혹은 능동형 방식으로 입체 영상을 구현하는 CAVE 시스템의 구축에 초점을 둔다.

CAVE 시스템 구축

CAVE 시스템은 투사형 방식의 가상현실 시각화 시스템의 한 종류로서 두 개 이상의 스크린으로 둘러싸인 멀티 스크린 환경이므로 단면 스크린에 투사된 입체 영상보다 몰입감을 높일 수 있다. 본 연구에서 구축한 CAVE 시스템에 대해서, 스크린 구성, 투사방식, 입체영상, 멀티채널 영상제어 소프트웨어 관점에서 설명하면 다음과 같다.

CAVE 시스템의 스크린 구성은 두 개의 면을 V자 형태로 구성하는 방식에서 여섯 개 면을 육면체 형태로 구성하는 방식까지 다양한 구성이 가능하다. 일반적으로 영사면 수가 늘수록 몰입감은 높아지나, 하나의 영사 면이 추가 될 때마다 프로젝터와 PC가 추가적으로 들기 때문에, 가격이 높아지며 소요공간이 늘어나는 문제가 있다. 따라서 본 연구에서는 가격대비 몰입감의 극대화를 위해서 Fig. 2와 같이 삼면을 ㄷ(디귤) 자 형태로 구성하였다. 삼면을 구성하는 스크린 구성 방식에는 정면, 우측면, 바닥면으로 구성하는 방법이 있는데 이러한 구성은 항공기 조정 시뮬레이션 같이 바닥면 으로부터의 깊이감이 필요한 경우에 사용되며 이러한 구성을 하려면 천정의 높이가 충분하여야 한다. 본 연구실에서 채택한 구성은 지하정보, 의료 영상정보 분석 등 3차원 공간정보 특성분석 환경에 적당한 구성이다.

앞서 언급했듯이, 투사 방식은 크게 전면과 후면으로 구분된다. 전면 투사 방식은 관찰자가 프로젝터와 스크린 사이에 위치하므로, 관찰자가 스크린에 근접할수록 음영이 발생한다. 이러한 음영이 안 생기게 하려면, 관찰자는 스크린으로부터 적절한 거리를 유지해야 하지만, 이는 관찰자가 몰입감을 느끼는데

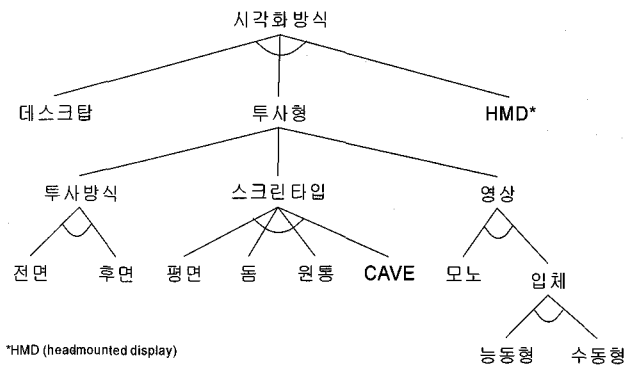


Fig. 1. Projection methods in the visualization system.

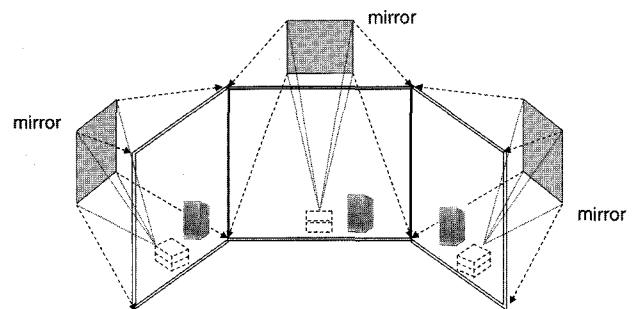


Fig. 2. Rear projection CAVE system.

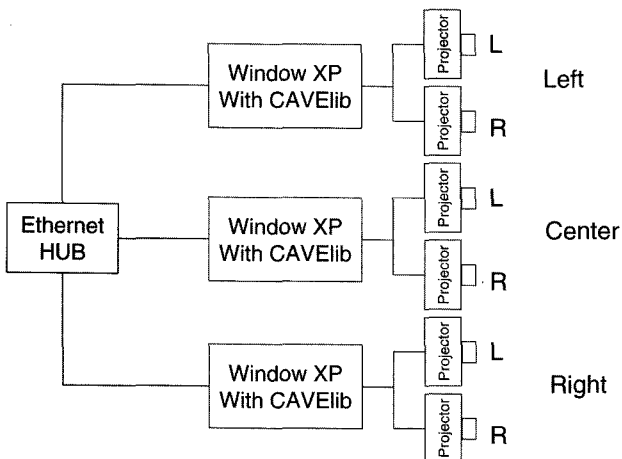


Fig. 3. Traditional CAVE system configuration, after Sauter (2002).

저해 요인으로 작용한다. 반면에 후면 투사 방식은 스크린 뒤에서 영상을 투사시키므로, 관찰자가 스크린 가까이 근접하더라도 음영이 전혀 발생하지 않아서 몰입감을 최대로 느낄 수 있다. 이러한 이유로 인해, 본 연구에서 Fig. 2와 같이 3개면 후면 투사 방식의 CAVE 환경을 구축하였다.

입체 영상을 구현하는 방법에는 수동형 방식과 능동형 방식이 있다. 능동형 방식은 고가의 프로젝터를 사용해야 하고, 멀티 채널간의 정밀한 동기화가 필수적이다. 하지만, 수동형 입체 영상 방식은 저가의 프로젝터를 사용하여 입체감을 구현할 수 있고, 또한 기존 시스템이 수동형 입체 영상 방식을 적용하여 구현하였기 때문에, 비용 및 기존 시스템의 활용 측면에서 수동형 입체 영상 방식을 채택하였다. 수동형 입체 영상 방식은 한 개의 영상면에 영상을 투사하기 위해서 한 대의 컴퓨터에 두 대의 프로젝터를 연결하여 하나의 영상기에는 좌안의 영상을, 그리고 다른 영상기에는 우안의 영상을 투사한다. Fig. 3에서 보는 바와 같이, 세면으로 구성된 CAVE 환경에서 입체 영상을 구현하기 위해서 각 면당 두 대의 영상기를 사용하여 한 대는 우안의 영상을 다른 한 대는 좌안의 영상을 투사한다.

위와 같은 CAVE 환경에서 영상을 투사할 때는, 하나의 영상이 정면, 좌, 우측 면으로 분리되어 각 스크린에 출력되기 때문에, 분리된 영상 간에 동기가 맞지 않으면, 세 개면에 투영된 영상이 서로 어긋나 보이게 된다. 이러한 현상을 없애기 위해서는 멀티채널로 분리된 영상의 동기를 제어할 수 있는 소프트웨어가 필요하다. 멀티채널 영상을 제어할 수 있는 소프트웨어로는 Nova Infinity, Open Inventor Multi-Pipe Extension, CAVElib 등이 있는데 본 연구에서는 CAVElib을 채택하였다. Nova Infinity는 기본적으로 CAVElib을 이용하여 사용자가 보다 편하게 멀티채널 디스플레이 시스템을 구축할 수 있도록 만들어진 소프트웨어이나, VRML97로 개발된 입체 영상에 대해서만 호환성을 가지고, 기존의 Open Inventor(Werneck, 1988)로 개발된 소프트웨어와는 호환성이 없으므로, 채택되지 않았다. Open Inventor Multi-Pipe Extension은 기존에 개발된

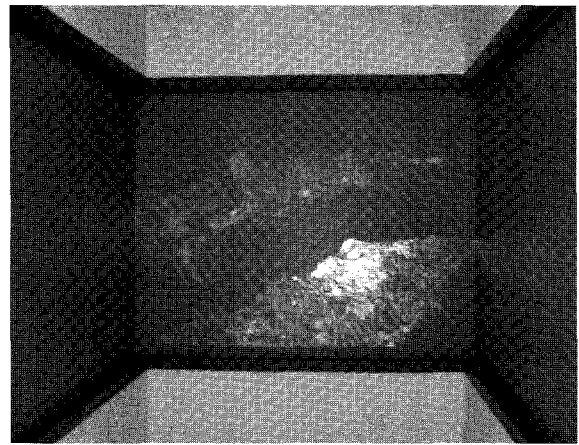


Fig. 4. A stereoscopic image of the two seismic horizons projected on a CAVE environment.

소프트웨어와 직접 호환성을 지니면서 쉽게 멀티채널 디스플레이를 구축할 수 있는 장점이 있으나, 고가의 그래픽 워크스테이션 상에서 운영되어야 하므로, 기존의 P/C 기반의 시스템을 활용할 수 없는 문제가 생겨서 이 대안도 배제하였다. CAVElib은 VRCO사에서 개발된 몰입형 가상현실 디스플레이 어플리케이션 개발을 위해 가장 많이 사용되는 API(어플리케이션 프로그래머용 인터페이스)이다. CAVElib은 가상 환경 내에서 간단하지만 강력한 API를 제공하여 사용자들이 몰입 환경을 만드는 데 편리하도록 되어 있다. Fig. 4는 구축한 CAVE 시스템을 이용하여 3차원 탄성파자료로부터 추출된 2개의 층준(horizon)을 3차원 가상공간에 시각화한 예를 보여주고 있다.

결 론

3차원 물리탐사 자료 등 다양한 3차원 지하 공간 자료를 분석하고 해석결과를 입체감 있고 몰입감을 느낄 수 있도록 시각화하기 위해서 PC 기반 CAVE 시스템을 제작하였다. 이 시스템은 기존에 설치된 단면의 수동형 입체 영상 시각화 시스템을 활용하여 3면으로 구성된 CAVE 시스템으로 확장된 것이다.

본 연구에서의 CAVE 시스템은 몰입감을 높이기 위해서 후면 투사방식을 적용하였고, 3면으로 구성된 CAVE 시스템에서 입체 영상을 출력하기 위해서, 각 면을 담당하는 컴퓨터에서 좌, 우 안으로 분리된 영상을 출력하고 각 면에 출력된 영상들을 서로 동기화 시킬 수 있는 소프트웨어인 CAVElib을 사용하였다. 이와 같이 구성된 CAVE 시스템은 여러 명의 관찰자가 편광 필터 안경을 쓰고 동시에 멀티 스크린에 투사된 입체 영상을 관찰할 수 있는 특징을 지닌다.

현재 개발된 CAVE 시스템은 앞으로 사용자와의 다양한 상호작용을 지원할 수 있는 기능이 부족하나 향후에는 관찰자의

위치를 감지하는 모션트래커(motion tracker), 3차원 마우스 및 데이터 글로브와 같은 입력도구를 활용하여 관찰자와 시스템 간에 다양한 상호작용이 가능하도록 시스템을 확장할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 국가지정 연구실 사업 “탄성과 영상화 기술 개발 및 응용”의 일환으로 수행되었다. 해당기관에 감사한다.

참고문헌

- 이두성, 김현규, 2002, 3차원 탄성과 자료 분석을 위한 3차원 시각화 시스템, 물리탐사, **5**, 71-77.
- 이두성, 2004, 3차원 공간 자료 분석을 위한 입체형 시각화 시스템 구축, 물리탐사, **7**, 105-108.
- Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., and Defanti, T. A., 1993, Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE, *ACM SIGGRAPH*, **93**, 135-142.
- Pape, D., and Umbrae, R., 2002, Workshop: Building an affordable projective, immersive display, *SIGGRAPH Conference Abstracts and Applications*, 55 p.
- Sauter, P. M., 2002, VR₂Go: A new method for virtual reality development, *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, **37**, 19-24.
- Teitel, M. A., 1990, The EyePhone: A Head-Mounted Stereo Display, *Proc. SPIE*, **1256-20**, 168-171.
- Wernecke, J., 1988, *The inventor mentor: Programming object-oriented 3D Graphics with Open Inventor, Release 2*, Addison-Wesley.