

## Enhanced Access Grid (e-AG)를 통한 3차원 미디어 공유

이영호, 오세찬, 이석희, 우운택  
광주과학기술원 가상현실연구실

### Sharing 3D Media with Enhanced Access Grid (e-AG)

Youngho Lee, Sehchan Oh, Seoghee Lee, Woontack Woo  
KJIST U-VR Lab.

E-mail : {ylee, soh, sheelee, wwoo}@kjist.ac.kr

#### Abstract

In this paper, we propose sharing 3D media between multi-site using enhanced Access Grid (e-AG) which is a composition of 3D display and Access Grid (AG). Conventional AG and other collaborative systems have a limitation to share immersive 3D media. Thus, proposed system supports sharing 3D media contents in a AG meeting section. Real object can be shared by acquiring stereo image with pre-calibrated stereo camera and by delivering, and virtual object can be shared by transmitting state information after downloading 3D model. And also, real video scene acquired by stereo camera and virtual object from 3D model can be displayed on the 3D display system of each node adaptively. The characteristics of proposed sharing method are sharing 3D media, displaying 3D media on a system adaptively, supporting real-time interaction. The proposed sharing method will be used remote lecture, remote collaboration with 3D media.

#### I. 서론

시간과 공간의 제약을 뛰어 넘어 사람들 사이에 정보를 교환하기 위한 인간의 노력으로 지구상 어느 곳에 있는 사람과도 대화, 의견 교류가 가능해 졌다. 더욱이 기술의 발전으로 인터넷을 통한 화상회의 시스템이 상용화되었으며, 이를 더욱 발전시켜 새로운 협업 공간을 제시하기 위한 연구 과제가 진행중이다. 그러나 현재까지 제안된 시스템은 원거리에 있는 사람들이 바로 옆에 있는 것과 같은 몰입감을 느끼며 공동 작업하기에는 부족하다.

---

이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음. (KRF-2002-003-D00221)

기존의 원격 공동 작업에 실감성을 제공하기 위한 연구로는 Argonne National Lab 의 Access Grid (AG), EVL 의 Continuum, UNC 의 Tele-Immersion System 과 HHI 의 ID3DVC 시스템 등이 있다 [1][2]. 그러나 AG 의 응용프로그램은 3 차원 디스플레이가 불가능하고, 상호작용에 필요한 메시지가 렌더링 서버로 전달된 후에 변형된 영상을 얻을 수 있기 때문에 반응이 느리다는 단점이 있다 [3]. TeraVison 을 이용한 영상 전송은 수동 스테레오 디스플레이가 가능하나, 상호작용이 고려되지 않고 있다 [4]. 독일의 HHI 에서 소개한 ID3DVC 시스템과 UNC 의 Tele-Immersion System 은 계산량이 많고 3 차원 디스플레이를 고려하고 있기 않고 있기 때문에 실감있는 영상을 전송하여 재현하기 힘들다.

본 논문에서는 3 차원 디스플레이와 AG 를 결합시킨 향상된 액세스 그리드 (e-AG)에서 3 차원 미디어를 실감있게 공유하며 협업할 수 있는 방안을 제안하고 구현한다. 실영상을 공유할 경우는, 미리 보정된 3 차원 카메라를 이용하여, 압축과정을 거쳐 여러 노드로 3 차원 영상을 전송한다. 3 차원 모델을 공유할 경우, 모든 노드가 모델을 갖추며, 상태정보를 주고 받아 상호작용한다. 기존의 시스템들이 3 차원 미디어를 공유하는 방식을 개선하여, 3 차원 실감 영상을 공유, 시스템 적응형 영상 공유, 실시간 상호작용을 지원한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 협업 공간인 향상된 액세스 그리드를 설명하고, 3 장에서는 3 차원 영상과 CG 를 공유하기 위한 표현 방법과 네트워크에 대해 설명하며, 4 장에서는 시스템 구현과 실험 결과를 다룬다. 마지막으로, 5 장에서는 결론을 언급한다.

## II. e-AG 시스템

KJIST 에 구축된 e-AG 시스템은 그림 1에서처럼, 기존의 AG에 3차원 디스플레이를 추가하여 원거리에 모인 단체와 단체간에 3차원 미디어를 공유할 수 있도록 설계한 협업 환경이다.

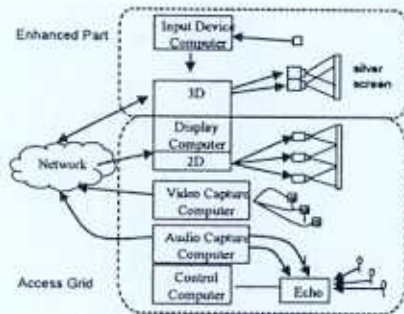


그림 1. e-AG 시스템

향상된 액세스 그리드 시스템은 기존의 액세스 그리드를 활용하여 원거리에 위치한 단체와 단체간의 2차원 영상, 음성 신호를 주고 받으며, 3차원 미디어를 공유하며 상호작용할 수 있도록 설계되었다. 3차원 미디어를 실감있게 볼 수 있을 뿐만 아니라, 단체와 단체간의 상호작용을 지원하기 위한 연구가 진행중이다.

### III. 3차원 미디어 공유

3차원 영상을 공유하기 위해 스테레오 카메라를 사용하여 영상을 획득한다. 획득되어진 3차원 영상은 그림 2에서와 같이 실시간 획득과 전송을 위하여 복잡한 부호화 과정을 생략하고 간단한 처리과정만을 거친 후에 전송하는 온라인 처리 과정과, 실시간 전송이 필요하지 않은 경우에는 획득된 영상의 부호화 과정을 거친 다음 저장하거나 전송하는 오프라인 처리 과정으로 나뉜다.

그림 2 처럼 3차원 영상의 실시간 전송과 재현을 위해서 송신측에서는 스테레오 카메라로부터 획득한 좌우 영상을 저대역 통과 필터 (LPF, Low Pass Filter)을 통과시킨 후에 각각 가로 방향으로 하향 샘플링 (Down Sampling)하여 위아래로 배치한 후에 전송한다. 수신측에서는 전송 받은 프레임들을 저대역 통과 필터링을 거친 후 원래 영상으로 다시 상향 샘플링 (Up Sampling)을 하여 수신측 디스플레이 환경에 맞도록 3차원 영상을 재현한다.

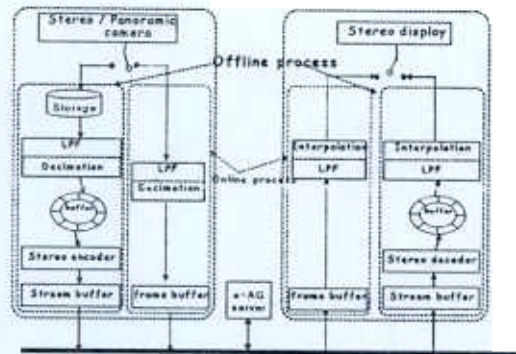


그림 2. 실시간 삼차원 영상전송을 위한 시스템

오프라인 처리 모드에서는 그림 3에서 처럼, MPEG-2에서 정의한 다계층 시공간적 계위를 이용하여 이질적인 수신 단말의 디스플레이 환경을 고려한 효율적인 3차원 영상의 부호화 방법을 사용한다. 기본계층에서는 입력된 기준영상 (좌 영상)을 하향 샘플링 한 후, 기존의 MPEG-2를 기반으로 압축한다. 향상계층 1에서는 기준영상을 원래영상의 크기로 재 샘플링 한 후 원영상과의 차이를 코딩하여 기준영상에 해당하는 고화질의 영상을 제공한다. 한편, 향상계층 2에서는 재 샘플링 된 영상을 블록 단위로 분할하여 대응되는 우 영상에서 양안차 벡터 (DV, disparity vector)를 추정하고, 구한 양안차 벡터와 우 영상으로부터 추정되는 좌 영상과 본래의 좌 영상의 차이정보 (DCD, displacement compensated difference)를 계산한다. 이때 DV와 움직임 벡터 (MV, motion vector) 중 전송효율이 높은 쪽을 선택하여 코딩한다. 최종적으로 수신측 이용 가능한 디스플레이 방식에 따라 기본계층의 기준영상, 향상계층 1과 결합한 고화질의 기준영상 혹은 향상계층 2를 추가로 결합한 3차원 영상을 선택적으로 재생한다 [6]. 이러한 방식은 온라인 처리과정 보다는 전송에 필요한 대역폭을 줄일 수 있으며, 해상도의 손실이 없으므로 충실한 입체감 표현이 가능하다.

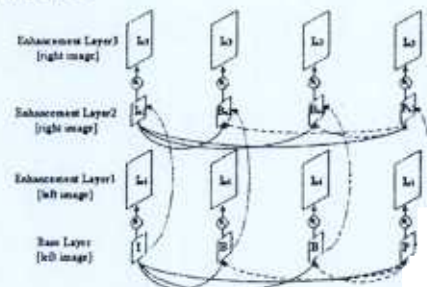


그림 3. 다계층 시공간적 계위구성

삼차원 모델을 공유하기 위해서 모든 노드가 회의의 주제가 되는 모델을 다운받고, 미리 제작된 응용프로그램을 이용해 각 노드의 3 차원 디스플레이 환경에 맞게 상영하며, 응용프로그램에서 자동으로 네트워크 서버에 접속하여 상호작용을 위한 메시지를 주고 받는다.

다자간의 CG 미디어를 공유한 공동 작업을 지원하기 위해 그림 4처럼 콘텐츠 서버, 가상 공유 메모리 서버 그리고 클라이언트로 이루어진 네트워크 구조를 사용한다. 콘텐츠 서버는 공유하고 싶은 3 차원 모델 데이터를 저장하고 있으며, 클라이언트의 로그인을 관리하고 요청하는 모델 데이터를 전송한다. 가상 공유 메모리 서버는 3 차원 영상이나 상호작용을 위한 메시지를 이곳에 연결된 모든 노드로 전송한다. 서버는 연결된 노드로 부터 주소는 물론 디스플레이 상태를 전달 받으며, 등록된 노드를 관리하기 위해 주소표 (Address Table)를 생성한다. 주소표에 저장된 노드의 정보를 바탕으로 3 차원 영상과 메시지를 전달하게 된다. 예를들어, 한 노드의 시스템이 단일 2 차원 디스플레이를 사용한다면, 좌우영상중 하나만을 선택하여 전송하여 네트워크 자원을 절약할 수 있다.

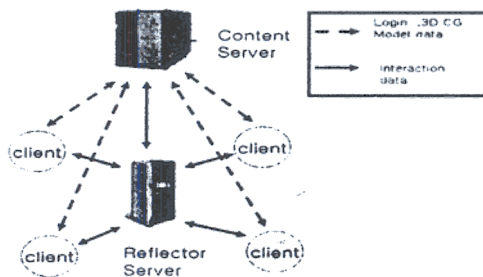


그림 4 네트워크 구조

원격지에 있는 다른 사용자와 실시간 상호작용할 수 있게 하기 위하여 그림 5에서처럼, 상호작용 관리자와 분산 상호작용 관리자, 그리고 네트워크 인터페이스를 구현한다. 상호작용 마다 공통적으로 가져야할 변수와 방법을 정의해서 상호작용 기본 클래스를 만들고 이를 상속 받아 원하는 상호작용을 정의 할 수 있도록 한다. NAVER 에서 사용되는 XML 기반 상호작용 관리자는 상호작용 표를 가지고 있어 XML 설정 파일에 정의된 상호작용을 등록, 관리한다. 또한 XML 기반의 분산 상호작용 관리자는 XML 스크립팅 만으로 네트워크를 통해 들어오는 데이터를 원하는 변수로 바꾸어 준다.

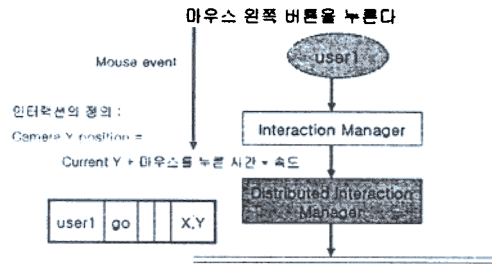


그림 5. 사용자 정의 상호작용과 데이터의 일반화

#### IV. e-AG 시스템 구현 및 실험

두 장소에 3 차원 디스플레이 시스템과 AG 를 설치하여 e-AG 를 구현하였다. 3 차원 디스플레이 시스템으로 수동 디스플레이 시스템과 능동 스테레오 디스플레이를 구현하였다. 일반적인 AG 는 4 대의 컴퓨터를 사용하여 구성되나 단일 컴퓨터를 이용한 Mini AG 를 구현하였다. 그림 6은 두 개의 서로 다른 3 차원 디스플레이를 갖춘 e-AG 간의 협업하는 모습이다. 그림 6의 왼쪽은 수동 스테레오 방식을 사용했으며, 왼쪽은 능동 스테레오 방식을 사용하였다.

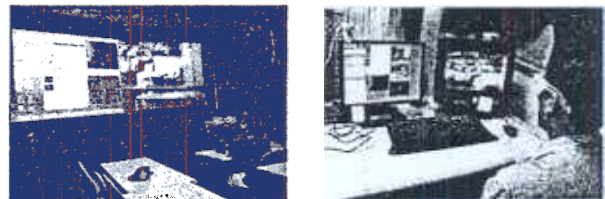


그림 6. e-AG 구현 및 실험

본 실험에서 사용한 스테레오 카메라는 최대 640x480 크기의 좌우영상을 초당 15 프레임까지 지원한다. 하지만 실제 실험에서는 초당 10 프레임의 속도까지 획득할 수 있으며, 이들의 전송량은  $640 \times 480 \times 3 \text{ (RGB)} \times 2 \times 10 \times 8 \text{ (bits)} = 147.5\text{Mbps}$  정도 이다 [10]. 따라서 실시간 영상 전송을 위한 온라인 모드에서는 두 장의 스테레오 영상의 동기화와 간단한 압축을 위해서 획득한 좌우 영상의 데이터를 절반으로 다운 샘플링 (74Mbps)하여, 100Mbps LAN 환경에 맞추었다. 또한 샘플링 전에 저대역 통과 필터링을 함으로써 앨리아싱을 줄일 수 있었다.

그림 7는 오프라인 처리 모드에서 목표 비트율에 따른 PSNR 값의 변화를 보여준다. 목표 비트율이 증가할수록, 좌우 양안에 해당하는 기준 영상에 해당하는 계층에 높은 비트율을 할당할수록 높은 PSNR 값을 보여

준다. 따라서 좋은 화질의 영상을 높은 압축률로 전송하기 위해서는 보다 많은 비트를 기준영상에 할당하는 것이 필요하다.

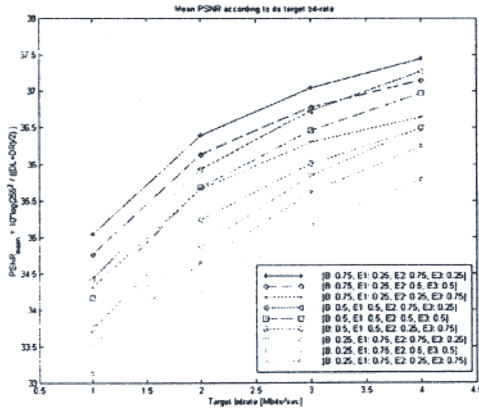
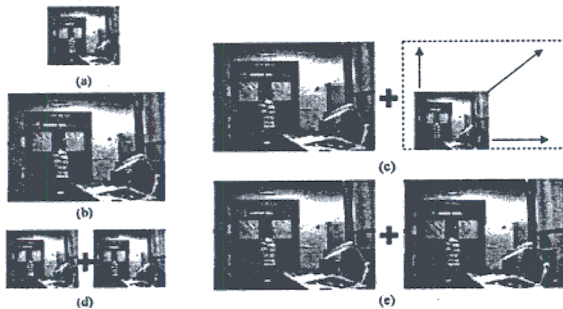


그림 7. 목표 비트율에 따른 PSNR 값 변화

그림 8는 시스템 적응적으로 재현 가능한 수신측 디스플레이를 보여준다. 계층간의 결합방법에 따라 다양한 영상재현이 가능하다. 그림 8(a)(b)는 수신측에 3차원 디스플레이를 위한 장비가 구비되어있지 않을 경우 기본 계층만 혹은 항상계층 1 을 추가로 복호화하여 얻어진 좌 영상을 보여준다. 그림 8 (c)(d)(e)는 기본계층과 항상계층 1,2,3 을 적절히 결합하여 얻어진 3 차원 영상을 보여준다.



(a) Left image with base resolution (b) left image with high resolution (c) both high resolution left image and base resolution right image (d) both left and right image with base resolution (e) both left and right image with high resolution

그림 8. 재현 가능한 수신측 디스플레이

3 차원 모델은 OpenGL performer 를 이용하여 렌더링되며, CAVELib 혹은 NAVER 를 이용하여 3 차원으로 디스플레이 된다 [11]. 사용자는 응용프로그램을 통해 3 차원 디스플레이 시스템에 보여지는 모델을 조작할 수 있으며, 이때 발생한 메시지를 다른 노드로 전달하고 전달 받는 방식으로 가상 물체에 변형을 가하게 된다.

현재는 모델을 관찰하기 위한 이동, 회전의 간단한 명령이 구현되었다. 여러 곳에서 공유 물체를 조작하기 위해 메시지를 보내기 때문에, 전달되어 온 메시지의 우선 순위를 고려해야 할 필요가 있다. 하지만, 현재 개발된 응용프로그램에선 단순한 상호작용을 지원하므로, 먼저 버퍼에 저장된 명령어가 수행된다.

### V. 결론

본 논문에서는 향상된 액세스 그리드 시스템을 이용하여 3 차원 미디어를 실감있게 공유한다. 구현된 시스템은 3 차원 실감 영상을 공유하고, 시스템에 맞게 디스플레이 하며, 원격지간 상호작용을 지원한다. 제안된 공유 방법은 3 차원 미디어를 활용한 원격강의, 원격 공동 작업에 응용될 수 있다.

### 참고문헌

- [1] L. Childers, T. Disz, R. Olson, M. E. Papka, R. Stevens, and T. Udeshi, "Access Grid: Immersive Group-to-Group Collaborative Visualization," in Proc. of the Fourth International Immersive Projection Technology Workshop, June 2000.
- [2] H.Towles, W.Chen, R.Yang, S.Kum, H.Fuchs, N.Kelshikar, J.Mulligan. "3D Tele-Immersion Over Internet2," International Workshop on Immersive Telepresence (ITP2002), Juan Les Pins, France, December 2002.
- [3] R. Olson and M. E. Papka, "Remote Visualization with Vic / Vtk," Visualization 2000 Hot Topics, Salt Lake City, Utah, 2000
- [4] R. Singh, J.Leigh, T.A.DeFanti, "TeraVision: A High Resolution Graphics Streaming Device for Amplified Collaboration Environments", VR Grid workshop, KISTI, Daejeon, Korea, 2002.
- [5] 김은수, 이승현, "3D 영상의 기초", 기다리, 1998.
- [6] 오세찬, 이영호, 우운택, "e-AG 를 위한 다계층 시공간적 계위를 이용한 3 차원 비디오 압축기법", KSPC03, September 2003.
- [7] CAVELib, <http://www.vrco.com>
- [8] VR Juggler, <http://www.vrjuggler.org>
- [9] NAVERLib, <http://vdream.kjist.re.kr/naver>
- [10] Pointgrey, <http://www.ptgrey.com>
- [11] OpenGL Performer, <http://oss.sgi.com/projects/performer>