

□ 기술애설 □

## 분산협동 가상현실 미들웨어 개발

한국전자통신연구원 송경준·민병의·황승구\*·박치항\*

### 1. 서 론

다가오는 21세기에는 네트워크상의 가상세계(가상공간)에서 사람들이 만나서 실세계에서 우리가 경험하고 행동하는 것과 같은 사회 활동을 영위할 수 있을 것이다[1]. 아직 초기 단계이나 가상현실(VR: Virtual Reality) 기술은 이와 같은 21세기에 펼쳐질 인간 중심의 서비스, 즉 가상사회(Virtual Society) 건설을 위한 핵심 기술로 부각되고 있다[2].

자율성(Autonomy), 상호작용성(Interaction), 입장감(Presence)으로 표현되는 가상공간에서의 현실감을 느끼기 위해서는 아직도 해결되어야 할 많은 기술적 문제가 있지만, 현재 가능한 기술을 바탕으로 교육, 예술, 과학, 의학, 오락, 스포츠 등의 분야에서 다양한 응용을 개발하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다[3].

최근 인터넷의 폭발적인 확산에 따르는 네트워크의 광역화 및 사용자의 보편화 추세는 분산 공유 지원 기능의 중요성을 부각시키는 계기가 되었으며, 많은 정보와 서비스의 홍수 속에서 보다 편리하고 쉽게 사용할 수 있는 실감 사용자 인터페이스의 필요성을 대두시켰다. 한편, 정보 통신 서비스가 다양화됨에 따라 보다 용이하게 서비스를 창출하기 위한 제작환경 기술이 중요한 연구과제로 부각되고 있다[4]. 즉 네트워크의 광역화, 실감 인터페이스 기반 사용자 환경의 확산과 함께 현재 제공되는 멀티미디어 서비스의 품질을 향상시키기 위한 노력이 어울어져, 자연스럽게 태동된 기술분야가 분산협동 가상현실(DCVR: Distributed Col-

laborative VR) 기술이다.

현재, 미국, 일본, 유럽의 선진국을 중심으로 활발한 연구가 진행되고 있으며, 대표적인 개발 사례로는 워싱턴 대학의 VEOS, SICS의 DIVE, Division의 dVS/dVISE, MR ToolKit 등을 들 수 있다[5, 6, 7]. 그러나 이들 시스템은 특정한 서버 없이 모든 클라이언트가 서로 다른 모든 클라이언트들과 연결되는 완전 분산 구조와 한개의 서버에 여러 클라이언트들이 연결되는 클라이언트-서버 구조를 채택하고 있기 때문에 시스템의 규모가 커지면 서비스 확장성 문제와 병렬성(Concurrency) 및 통신 병목현상 문제 등이 발생하는 단점을 갖고 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결해줄 방안의 하나로 한국전자통신연구원에서 개발된 분산협동 가상현실 미들웨어인 EDCVE(ETRI Distributed Collaborative Virtual reality Environment) 프로토타입 시스템의 설계 및 구현시에 제기된 몇가지 특성을 기술하였다. 또한, 개발된 EDCVE를 이용하여 구현된 가상사회 실감 서비스의 기능적 특징, 그리고 향후 시스템 보완 및 확장 계획에 대해 언급하였다.

### 2. 분산공유 가상현실 미들웨어

분산협동 가상현실 미들웨어인 EDCVE는 향후 초고속 통신망에서 제공될 대규모 분산협동 가상현실 실감 서비스를 쉽게 개발할 수 있는 실감 서비스 개발 환경과 개발된 실감 서비스를 효율적으로 운영할 수 있도록 하는 서비스 운용 환경의 제공을 목적으로 개발되었다[3].

이 장에서는 분산 환경에서 다수의 사용자가

\*중심회원

공유하는 3차원의 가상공간에 동시에 참여하고 인터랙티브하게 협동 작업할 수 있는 EDCVE에 관하여 기술한다. 특히, 실감 서비스 특성과 사용자 및 가상공간 규모에 따라 유연하게 분산 구조를 쉽게 확장하고 효율적으로 운영할 수 있도록 설계, 제안된 EDCVE 계층 구조 및 분산 구조를 설명한다.

## 2.1 EDCVE의 구성 및 기능

여기서는 EDCVE의 구성 요소들을 기능에 따라 그룹화하고, 그 기능 그룹을 상호간의 종속 관계에 따라 설계된 계층 구조에 대하여 기술한다.

EDCVE는 그림 1과 같이 분산협동 가상현실 엔진 응용 프로그램 인터페이스 계층(DCVR Engine API Layer), 가상현실 입출력 관리자(VR I/O Manager), 분산협동 가상현실 엔진 코어(DCVR Engine Core), 분산공유 지원 계층(Distributed Share Supporting Layer), 실감 인터페이스 블록(Reality Interface Block) 및 분산협동 가상현실 플랫폼 추상 계층(DCVR Platform Abstraction Layer)으로 구성되어 있다.

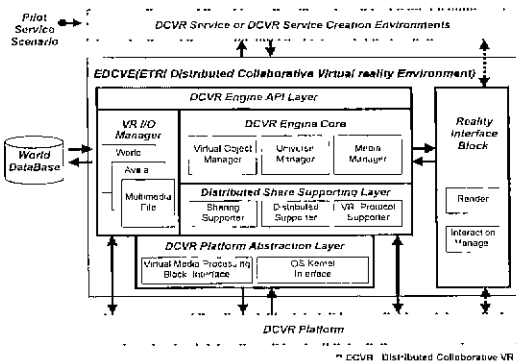


그림 1 EDCVE의 계층 구조

분산협동 가상현실 엔진 응용 프로그램 인터페이스 계층에서는 EDCVE의 사용자 응용 프로그래밍 인터페이스(API)를 제공하며, 서비스 사용자 및 개발자들은 이들 API를 이용하여 분산협동 가상공간을 쉽게 구축하고 다양한 실감 서비스를 개발할 수 있다.

그리고, 가상현실 입출력 관리자는 월드 파

일, 아바타 파일 및 멀티미디어 데이터 파일 등 가상 세계를 구성하는 데이터베이스의 입출력 관리를 담당한다.

EDCVE에서 가장 핵심 부분이라 할 수 있는 분산협동 가상현실 엔진 코어 부분은 하부 플랫폼과 실감 인터페이스 블록에서 제공하는 기능을 이용한 실감 서비스 제작 및 개발된 실감 서비스의 실시간 운용에 필요한 라이브러리를 제공한다. 이 엔진 코어는 유니버스 관리자(universe manager), 가상객체 관리자(virtual object manager) 및 미디어 관리자(media manager)로 구성되어 있다.

유니버스 관리자는 실감 서비스를 구성하는 다수의 가상세계를 관리하며, 분산 환경에서의 협동 작업에 필요한 가상세계 구성 및 관리, 다수 참여자의 동적 관리, 협동작업 관리, 실감 통신 프로토콜 관리 및 가상공간 이동 메카니즘 등의 기능을 제공한다. 가상객체 관리자는 가상객체의 조작 및 가상객체의 소유권 등을 관리기능을 가지며, 미디어 관리자는 가상사회의 현실감을 높이기 위하여 3차원 그래픽 데이터와 오디오 및 비디오 데이터의 입출력 및 미디어간의 동기화 등 멀티미디어 데이터의 통합 처리 기능을 제공한다.

분산공유 지원 계층은 분산 환경에서 가상객체의 일관성 유지를 위한 각종 기능을 제공하며, 네트워크간에 데이터 전송 프로토콜을 관리한다.

실감 인터페이스 블록은 시각/청각 정보, 위치 및 방향 정보 입출력 장치를 통하여 가상객체간, 사용자간 및 가상객체와 사용자간의 상호작용을 해석하고 처리하며, 가상세계의 변화를 사용자에게 실시간으로 렌더링함으로써 서비스의 현실감을 극대화하는 기능을 제공한다.

분산협동 가상현실 플랫폼 추상 계층은 하부 플랫폼으로부터 EDCVE의 독립성을 보장하는 계층이다.

이는 시스템에서 취급하는 모든 실감 미디어(시각, 청각 등 궁극적으로는 가상현실 시스템에서 다루고자 하는 오감)를 실시간으로 처리하는 실감형 미디어 처리(VR Media Processing) 블록과 하부 플랫폼의 운영체제 커널과의 인터페이스를 담당한다.

## 2.2 EDCVE의 분산 구조

분산 시스템의 토폴로지 측면에서, 현재의 분산협동 가상현실 시스템들이 채택하고 있는 분산 모델들을 살펴보면, 한개의 서버에 여러 클라이언트들이 연결된 형태를 가지는 클라이언트 서버 구조(one server architecture), 모든 시스템들이 서로 연결된 완전 분산 구조(completely distributed architecture), 그리고 이 두 가지의 혼합된 구조 등으로 나눌 수 있다. 이들 각각은 사용자 수, 클라이언트 및 서버 시스템의 컴퓨팅 능력, 통신 능력 등을 고려한 특정 분산 응용 분야에 적용한 경우에는 매우 적합한 모델이 될 수 있으나, 모든 응용에 효율적으로 적용될 수 있는 단 하나의 구조는 존재하지 않는다.

구체적인 예로, 완전 분산 구조에서는 특정 서버가 존재하지 않으며 모든 클라이언트는 서로 다른 모든 클라이언트들과 연결되어 있다. 이 구조의 장점으로는 단순성(simple)과 강건성(robustness)을 들 수 있다. 그러나 이 구조에서는 각 클라이언트가 변화된 내용을 모든 다른 클라이언트에 전달하여야 하기 때문에 각 클라이언트는 많은 컴퓨팅 능력을 요구하게 된다. 또한 동시에 서로 다른 사용자들이 공유되는 객체를 조작할 때 이를 중재하는 서버가 없으므로 병렬성(concurrency) 문제가 발생할 수 있다. 따라서 이 구조는 통신 병목 현상이 쉽게 발생할 수 있으므로 대규모 분산협동 가상현실 엔진으로는 부적당하다.

또한, 한개의 서버에 여러 클라이언트들이 연결된 클라이언트 서버 구조는 서버에서 각 클라이언트간의 충돌을 방지하기 위한 관리를 수행하므로 병렬성 문제는 발생하지 않는다. 그러나, 클라이언트간의 메시지 전송 및 처리를 한개의 서버에서 수행하기 때문에 서버에 병목 현상이 발생할 수 있다.

앞에서 살펴본 분산 구조는 병렬성 제어 및 대규모 분산 환경에서의 통신 병목현상 발생 등의 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이러한 두가지 모델을 혼합한 다중-서버 다중-클라이언트 구조(multi-server multi-client architecture)의 유연 구조를 갖는 독자적인 부

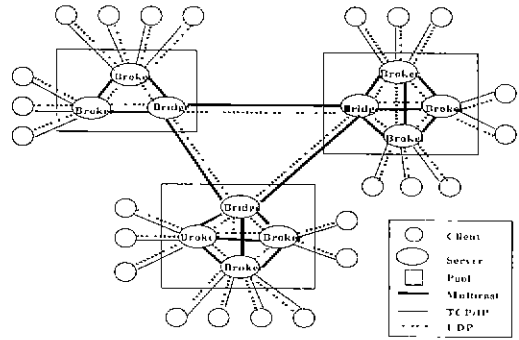


그림 2 EDCVE의 계층구조

분 분산 시스템 구조(semi-distributed system architecture)를 제안하고 설계하였다.

그림 2는 EDCVE의 분산 구조를 나타낸다. 구성 요소로는 각 사용자 혹은 자율성을 가지는 에이전트를 나타내는 클라이언트, 클라이언트간의 중재자 역할을 하는 브로커(broker) 서버, 몇개의 인접한 서버들이 한 그룹으로 묶여진 단위인 풀(pool) 등이 존재한다. 그리고 각각의 풀들은 브리지(bridge) 서버라고 불리는 서버들로 묶여진다. 각 풀 내에는 가상세계 관리, 참여자 관리, 토폴로지 관리 및 협업 관리 등을 담당하는 브리지 서버가 존재한다.

이와 같은 방법으로 EDCVE에서는 소수의 클라이언트들을 서버에 연결하기 때문에 서버에서 발생하는 병목현상을 제거할 수 있다. 그러나, 한 클라이언트에서 다른 브로커 서버가 관리하는 클라이언트로 메시지를 전달할 때 여러 서버 제층을 통과해야 하기 때문에 발생하는 정보 전송 지연 문제가 발생할 수 있다. 따라서, EDCVE에서는 브로커 서버에 클라이언트를 할당하는 방법으로 가상세계의 인접한 구역에 연결되어 있는 클라이언트들을 같은 브로커 서버에 할당(연결)하는 공간 근접 방법(spatial proximity method)과 통신 전송지연 시간이 가장 적은 클라이언트들을 같은 브로커 서버에 할당하는 네트워크 근접 방법(network proximity method)을 사용하였다.

이로써 현재까지 문제시 되어왔던 실감 서비스 특성에 따라 데이터 및 프로세서의 분산 구조를 쉽게 변경하고 사용자 및 가상공간의 규모에 따라 유연성 있게 서비스를 확장할 수 있도록 했다.

### 2.3 EDCVE 구현

분산협동 가상현실 실감 서비스를 개발하고 이를 운용하기 위하여 개발된 EDCVE는 현재 SGI사의 IRIX6.2에서 구현되었다. 프로그래밍 언어로는 C/C++를 사용하였으며, 그래픽 데이터 표현 및 렌더링을 위하여 Open Inventor와 OpenGL을 사용하였다. 데이터 전송 프로토콜로는 TCP/IP, UDP 및 IP 멀티캐스팅 프로토콜을 사용하였다.

## 3. 가상사회 실감 서비스 개발

가상사회 실감 서비스는 EDCVE 개발 초기 단계에 EDCVE의 요구 기능과 목표 규격을 도출하는 과정에서 실제의 서비스 기능을 반영하기 위하여 선정하였으며, 선정된 가상사회 서비스는 개발된 EDCVE 기술을 검증하는 차원에서 구현되었다. 현재, 가상사회 서비스는 EDCVE에서 개발되었으며, LAN으로 연결된 두 대의 SGI 플랫폼상에 탑재된 EDCVE에서 작동된다.

가상사회는 네트워크상에 가상공간을 만들어 그곳에서 사람들이 만나 사회 활동을 영위할 수 있도록 하는 서비스이다. 특히, 가상사회에서는 실세계에서 우리가 경험하고 있는 것과 같은 사회 활동을 영위할 뿐만 아니라 실세계에서 경험할 수 없는 고부가적인 사회 활동을 영위할 수 있어야 한다.

분산 가상객체 관리 기법의 구현 편의상, 가상사회 서비스는 가상사회를 월드와 객체라는 2개 계층으로 모델링했다. 여기서 가상사회는 여러 개의 월드로 구성된 가상공간을 의미한다. 각각의 월드는 가상사회 표현 파일로 기술된다. 월드는 여러 개의 가상객체를 수용할 수 있으며, 가상객체는 계층화할 수 있도록 했다.

그리고, 가상사회 서비스에서는 가상사회 메타포를 적용한 실감 사용자 인터페이스를 사용하여 운용하고 있으며, 가상공간에서 사용자는 아바타로 표현하고 있다.

사용자는 EDCVE에서 제공하는 브라우저 기능을 사용하여 가상공간을 네비게이션하는 동안 가상객체를 추가하거나 삭제하고, 기하학

적 속성과 시각적 속성 등을 변경할 수 있으며, 가상현실 입출력 장치를 이용하여 가상객체와 아바타간의 상호작용을 쉽게 처리할 수 있다. 가상객체 조작 결과나 프로세서의 처리 결과는 가상객체를 통해 가상공간에 나타난다. 이때 처리되고 변화되는 결과는 현재 참여하고 있는 다른 모든 사용자에게 동시에 전달된다.

가상객체는 현재 Open Inventor를 기술하고 있으나, 월드는 독자적인 월드 표현 언어로 설계하였다. 가상객체의 동작은 JAVA나 Tcl-TK를 활용하여 기술하였다.

그림 3과 같이 가상사회 서비스에서는 아바타와 아바타간, 아바타와 가상객체간의 대화를 위하여 복수 채널 대화(multimodality)를 지원하고 있다. 따라서 사용자는 가상공간에서 상대방이 취하는 여러 가지 행동을 통해 의사를 표시할 수 있으며, 다수의 아바타가 모여 있을 때에는 음성으로 대화할 수 있는 음성회의가 가능하다. 또한, 가상공간에서 마우스나 데이터 글로브를 사용하여 가상객체를 조작할 수 있으며, 조작하는 가상객체가 음원인 경우에는 입체 음향을 들려주고, 가상객체가 비디오 소스인 때에는 비디오를 바라보는 관점에서 투시 효과를 갖도록 했다.



그림 3 가상사회에서의 교육장면

## 4. 결 론

기존의 네트워크 기반 가상현실 시스템들은 분산 환경에서 다수의 사용자들이 한개의 가상공간에 참여하여 협업할 목적으로 특정한 서버 없이 모든 클라이언트가 서로 다른 모든 클라이언트들과 연결되는 완전 분산 구조와 한개의

서버에 여러 클라이언트들이 연결되는 클라이언트-서버 구조를 채택하고 있기 때문에 대규모 분산협동 가상현실 실감 서비스 개발과 서비스 운용시에 서비스 확장성 문제와 병렬성 그리고 통신 병목현상 문제 등이 발생한다는 지적을 받아 왔다.

따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 다중-서버 다중-클라이언트의 유연 구조를 갖는 새로운 부분 분산 시스템 구조를 제안하였다. 이로써 병렬성 문제와 병목 현상을 제거하고, 실감 서비스 특성에 따라 데이터 및 프로세서의 분산 구조를 쉽게 변경할 수 있었으며, 사용자 및 가상공간의 규모에 따라 용이한 서비스의 확장이 가능하게 되었다. 또한, 실제 개발된 EDCVE를 이용하여 가상사회 실감 서비스를 구현하고 이를 운영해 보임으로써 미래에 펼쳐질 인간 중심의 가상사회 건설이 가능할 것이라는 비전을 제시하였다.

앞으로의 연구 목표는 현재 다수 사용자를 대상으로 SGI사의 그래픽 전용 워크스테이션에서 소규모로 운영되고 있는 EDCVE 프로토타입 시스템에 이기종 컴퓨터간 연동, 오디오/비디오 데이터의 통합 처리 및 동기화 기능을 부가하여, 수백명의 사용자가 동시에 참여할 수 있는 대규모 분산협동 가상현실 시스템으로 발전시켜 나갈 계획이다. 한편, EDCVE는 초고속 통신망에서 가상사회 구현을 위한 제반 문제점을 해결하기 위한 테스트베드로서 활용할 예정이다.

### 참고문헌

[1] 양광호외, 가상사회 : EDCVE에서의 협동형 가상현실 서비스의 구현, HCI 97 학술대회논문집, pp. 239~242, 1997.2.  
 [2] 송경준외, 분산공유 가상현실 기술과 응용, 전자공학회지 제23권 제7호, pp. 808~819, 1996.7.  
 [3] Ovum reports, Virtual Reality : Business

Applications, Markets and Opportunities, Ovum Ltd., 1996, ISBN 1-898972-31-1.

[4] 최병태외, EDCVE : 분산협동 가상현실을 위한 미들웨어 개발, HCI97 학술대회논문집, pp. 233~238, 1997.2.  
 [5] Ovum reports, Virtual Reality : Business Applications, Markets and Opportunities, Ovum Ltd., 1996, ISBN 1-898972-31-1  
 [6] W. Bricken, et al, The VEOS Project. Presence, Vol.3, No.2, 1994.  
 [7] Olof Hagsand, Interactive Multiuser VEs in the DIVE System, IEEE MultiMedia, Spring, pp. 30~39, 1996.  
 [8] Qunjie, et al, EM-An Environment Manager for Building Networked Virtual Environments, IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, 1995.

### 송 경 준



1982 명지대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 1982~1984 명지대학교 전자공학과 실험조교  
 1984 명지대학교 전자공학과 졸업(석사)  
 1985~현재 한국전자통신연구원 인공지능연구실 선임연구원  
 관심분야: 분산가상현실, HCI, 에이전트

### 민 병 의



1982 한양대학교 졸업(학사)  
 1984 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사)  
 1984~1987 매립산업기술연구소  
 1987~현재 한국전자통신연구원 인공지능연구실장  
 1992 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(박사)  
 관심분야: 멀티미디어시스템, 에이전트, 가상현실



**황 승 구**

1979 서울대학교 전기공학과 졸업(학사)  
 1981 서울대학교 전기공학과 졸업(석사)  
 1982~현재 한국전자통신연구원 멀티미디어연구부장  
 1989 플로리다대 전기공학과 졸업(박사)  
 관심분야: 멀티미디어컴퓨팅, 시능형컴퓨터, 가상현실



**박 치 항**

1974 서울대학교 응용물리학과 졸업(학사)  
 1974~1978 한국과학기술연구소 연구원  
 1978~1985 한국전자기술연구소 선임연구원  
 1980 한국과학기술원 전산학외 졸업(석사)  
 1985~현재 한국전자통신연구원 컴퓨터연구단장  
 1987 피리 6대학 전산학과(박사)

관심분야: 멀티미디어, 분산시스템, 가상현실, 에이전트, 네트워크 가상 컴퓨팅

**● '97 추계 전산교육 학술논문발표회 ●**

- 일 자: 1997년 11월 28일(금)
- 장 소: 한국방송대학교 세미나실
- 주 최: 전산교육연구회
- 논문마감일: 1997년 11월 15일(토)
- 논문접수처: 한국방송대학교 전자계산학과
- 문 의 처: 한국방송대학교 전자계산학과 김강현 교수

Tel. 02-7404-655