

□ 특 집 □

대규모 분산 가상현실 시스템을 위한 다중 서버 - 다중 클라이언트 구조

송 경 준[†] 최 병 태[†] 김 종 성[†] 민 병 의[†] 황 승 구^{†*}

◆ 목 차 ◆

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 1. 서 론 | 5. 다중 서버-다중 클라이언트 유연구조 |
| 2. 분산 가상현실 시스템의 개념 | 6. 대규모 분산 실감서비스 구현 사례 |
| 3. 분산 가상현실 시스템의 제약 사항 | 7. 결 론 |
| 4. 분산 네트워크 구조 | |

1. 서 론

가상현실(Virtual Reality)이란 컴퓨터와 인간 사이에서 발생할 수 있는 가시화(visualization), 조작화(manipulation) 및 상호작용(interaction)의 새로운 방법을 제공하는 기술이다[1]. 이는 인간이 컴퓨터를 이용해 창출할 수 있는 모든 기술들을 통합한 기술로서, 궁극적인 목적은 컴퓨터가 만들어낸 3차원의 가상 공간 속에 몰입하여 실제의 상황을 그대로 경험한다거나, 실세계에서 직접 경험할 수 없는 미완성 또는 존재하지 않는 가상 상황을 실제 상황인 것처럼 느끼고 경험할 수 있게 해준다.

이러한 가상현실 기술은 매우 다양한 응용 분야에 적용될 수 있으므로 인간이 가지는 상상력

에 따라 적용되는 응용의 한계가 결정된다고 볼 수 있다. 자율성(autonomy), 상호작용(interaction), 임장감(presence)으로 표현되는 가상 공간에서 실세계에서와 같은 현실감을 느끼기 위해서는 아직도 해결해야 할 많은 기술적인 문제가 남아 있지만, 교육, 예술, 과학, 의학, 군사, 산업, 오락 및 스포츠 분야에서 다양한 응용 개발을 위한 연구들이 활발히 진행되고 있다[2].

최근 들어 인터넷의 폭발적인 확산과 대중화는 많은 컴퓨터들이 네트워크로 연결되면서 서로 정보를 주고받는 분산 공유 지원 기능의 중요성을 부각시키는 계기가 되었으며, 많은 정보와 서비스의 홍수 속에서 보다 편리하고 쉽게 사용할 수 있는 실감 사용자 인터페이스의 필요성을 대두시켰다. 또한 정보 통신 서비스가 다양화됨에 따라 실감 서비스를 쉽게 창출하고 이를 운용할 수 있는 기술이 중요한 연구 과제로 부각되고 있다.

일반적으로 분산 시스템은 사용자에게 네트

† 정회원 : 한국전자통신연구원 인공지능연구실

†† 정회원 : 한국전자통신연구원 멀티미디어 연구실

워크를 통해 접근 가능한 모든 자원을 마치 자신의 컴퓨터에 있는 자원을 사용하는 것처럼 이용할 수 있다. 따라서 분산된 다수의 참여자들이 단일의 가상 공간에서 상호작용하고 분산된 자료들을 서로 공유하기 위해 분산 기술과 가상현실 기술이 결합되어 자연스럽게 태동된 기술 분야가 분산 가상현실(Networked VR or Distributed VR) 기술이다.

이러한 기술은 현재 미국, 유럽을 중심으로 활발히 연구가 진행중이며, 대표적인 개발 사례로는 SICCS의 DIVE[3], NPS의 NPSNET[4], 알버타 대학의 MR Toolkit[5], Division사의 dVS/dVISE[6] 등이 있다. 그러나, 이러한 시스템들은 한 개의 서버에 여러 클라이언트들이 연결되는 중앙 집중형 구조(one server architecture)이거나 특정 서버 없이 모든 클라이언트들이 서로 다른 모든 클라이언트들과 연결되는 완전 분산형 구조(completely distributed architecture) 그리고 두 가지 구조의 단점을 일부 보완한 혼합형 구조(hybrid architecture)를 채택하고 있기 때문에 서비스 규모가 커지면 시스템 확장성 문제, 네트워크의 제한된 대역폭으로 인한 병목 현상 및 다수 참여자간의 데이터 공유에 따른 병렬성(일관성) 문제가 발생하는 단점이 있다. 이 때문에 대규모 분산 가상현실 시스템에서 일관성과 함께 데이터의 실시간 처리를 위해서는 기존의 분산 네트워크 방식을 개선한 새로운 방식의 도입을 필요로 한다.

본 논문에서는 이러한 문제 해결을 위한 방안의 하나로 한국전자통신연구원에서 제안한 유연구조 기반 다중 서버-다중 클라이언트 구조를 기술한다. 그리고, 제안된 모델을 적용하여 개발한 분산 공유 가상현실 시스템 (EDCVE : ETRI Distributed Collaborative Virtual Environment)[7]과 개발된 EDCVE를 이용하여 구현한 가상사회 실감 파일럿 서

비스에 대해 간략히 소개한다. 끝으로 결론을 맺는다.

2. 분산 가상현실 시스템의 개념

기존의 응용 프로그램들은 시스템의 논리적인 동작과 사용자간의 교류만을 제공하여 왔다. 초기의 가상현실 시스템 역시 하나의 컴퓨터에 의해 만들어진 가상 공간에 단일의 참여자가 몰입하는 stand-alone 형태로 시작하였다. 이는 단순히 프로그램의 흐름에 의해 움직이는 장면을 연출하는 애니메이션 단계를 벗어나 참여자의 행위를 직접 반영케 하는 가상현실의 새로운 면을 선보였다. 이러한 초기 단계의 시스템은 개인 컴퓨터가 네트워크와 결합되면서부터 PC 통신이 점차 활성화되고 인터넷이 급속히 확산되면서 컴퓨터 네트워크를 통하여 하나의 가상 공간을 여러 사용자들이 공유할 수 있는 단계로 점차 발전하였다. 최근에는 다수 사용자간에 빈번하게 발생하는 정보 교환을 위해 네트워크상에서 단순히 자원을 공유하는 단계에서 공간을 초월한 실시간 정보 교환의 욕구를 창출하기에 이르렀다. 이러한 욕구는 현실감을 최우선으로 하는 실감 응용 프로그램에서는 더욱 크게 나타나고 있다. 이 때문에 현재의 분산 가상현실 시스템은 다수의 컴퓨터를 네트워크로 연결한 다음 이들 컴퓨터에 분산 저장되어 있는 모든 자료와 객체들을 단일의 가상 공간 내에 결합하여 다수의 참여자가 동시에 공유하고 상호작용할 수 있는 분산 가상 환경을 제공하고 있다. 가상현실에서의 상호작용은 분산 가상 공간에서 참여자와 다른 참여자간의 관계(작용)는 물론이고, 참여자와 가상 공간 내의 객체들, 그리고 공간내의 객체와 객체간의 관계를 의미한다.

3. 분산 가상현실 시스템의 제약 사항

분산 가상현실 시스템의 정의와 아이디어가 단순하게 느껴지는 것과는 달리 실제 이를 구현할 때에는 많은 문제들이 발생한다[8]. 이를 요약하면, 첫째는 네트워크의 제한된 대역폭이다. 둘째는 참여자간에 정보 교환시 발생될 수 있는 지연 시간(latency)이고, 셋째로 신뢰성 문제이다. 오류 없는 정보 교환을 위해서는 상대적으로 네트워크상에 부가적인 오버 헤드가 발생하게 되는데, 이는 지연 시간을 증가 시키게 되어 시스템의 성능 저하를 가져오게 한다. 이들 세가지 요소들은 실시간 처리를 최우선으로 하는 분산 가상현실 시스템에서 매우 중요한 사항이다. 이로 인해 파생되는 문제들로는 참여자간에 교환되는 정보량을 최소화하는 것에서부터 네트워크상의 정보 캐스팅 방식까지 다양하다. 끝으로, 참여자들이 사용하는 플랫폼들간의 호환성 문제이며, 이는 현재 VRML이 취하고 있는 역할중의 하나이다. 이러한 문제들을 다룬 최초의 시스템은 SIMNET[8]으로부터 발전한 DIS[9]이다. 하지만, 이 프로토콜은 국방과 관련된 특정 분야에 적합하도록 개발된 것으로 이후 개발된 많은 시스템들에 의해 보완이 이루어져왔다.

결국, 분산 가상현실 시스템을 통해 네트워크상에 분산되어 있는 다수의 사용자들을 하나의 공통된 가상 공간 속에 참여 시키고자 할 때, 참여자의 지역 컴퓨터의 성능과는 별도로 많은 문제점들이 발생한다. 다시 말해, 제한된 네트워크의 성능을 이용하여 네트워크를 통한 다수 참여자들 간의 상호 작용을 지원키 위해 발생하는 정보 교환을 효과적으로 수행하는 것이 분산 가상현실 시스템의 궁극적인 목표이다. 따라서, 이들이 안고 있는 근본적인 문제들에 대한 해결책은 네트워크상의 커뮤니

케이션 기술의 향상에 있다고 하겠다.

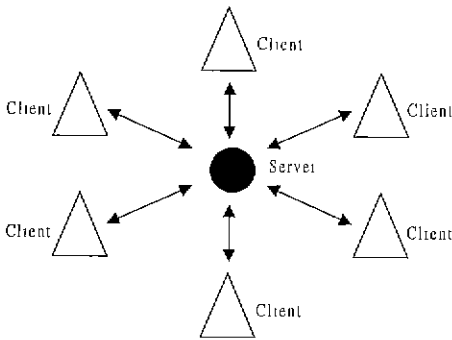
4. 분산 네트워크 구조

분산 가상 환경에서는 참여자간에 빈번한 상호 작용이 이루어지는데 이 과정에서 발생하는 수많은 정보를 관리하고 조정해야 한다. 이러한 정보의 관리는 중앙의 서버가 전담하거나, 클라이언트간의 적절한 조화에 의해 해결할 수 있다.

네트워크 토폴로지(topology) 측면에서 기존의 분산 가상현실 시스템들이 채택하고 있는 분산 네트워크의 구조를 살펴보면, 한 개의 서버에 여러 클라이언트들이 연결되는 중앙 집중형 구조(one server architecture)와 모든 시스템들이 서로 연결되는 완전 분산형 구조(completely distributed architecture)를, 그리고 이 두가지 구조를 모두 취하고 있는 혼합형 구조(hybrid architecture)가 있다. 그러나 이들은 모델 특성상 많은 기능의 차이를 보이고 있다. 이러한 모델들은 참여자수, 클라이언트 및 서버의 컴퓨팅 능력, 통신 능력 등을 고려한 소규모 분산 가상현실 응용 분야에서는 매우 적합한 모델이 될 수 있겠으나, 대규모 분산 가상현실 응용 분야에서 서비스 특성과 규모에 따라 유연성 있게 적용할 수는 없다.

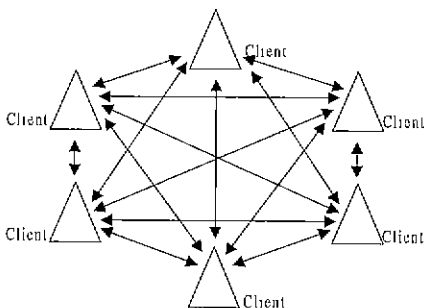
4.1 중앙 집중형 구조

클라이언트-서버 구조로 이미 잘 알려져 있는 이 모델에서, 참여자들은 하나의 클라이언트가 되고 서버를 통하여 다른 참여자들과 상호작용을 한다. 여기서 서버는 분산 가상환경의 데이터베이스 관리와 참여자들 간에 교환되는 정보를 제어하고 관리한다. 또한, 각각의 클라이언트들은 가상세계에 관한 모든 정보를 가지고 있지 않고 단순 데이터 구조만을 가지고 있기 때문에 계산과 렌더링 처리만을 취급한다.



(그림 1) 중앙 집중형 구조

(그림 1)과 같이 한 개의 서버에 여러 클라이언트들이 연결된 중앙 집중형 클라이언트-서버 구조에서는 컴퓨팅 성능이 뛰어난 한 개의 서버에 다소 성능이 떨어지는 많은 클라이언트를 연결하므로 구현하기 쉬운 정점이 있다. 또한, 서버에서 각 클라이언트간의 충돌을 방지하기 위한 관리를 수행하므로 병렬성 문제는 발생하지 않는다. 그러나, 간과할 수 없는 큰 단점은 확장성이 떨어진다는 것과 클라이언트간의 메시지 전송 및 처리를 한 개의 서버가 담당하기 때문에 서버에 부하가 집중되는 과부하 현상 및 통신 병목 현상이 발생할 수 있다. 즉 참여자의 수가 증가함에 따라 서버의 부하가 급증하게 되어 전체적인 정보 교환의 효율성이 급격히 떨어진다.

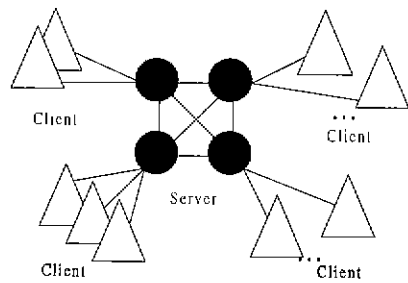


(그림 2) 완전 분산형 구조

4.2 완전 분산형 구조

(그림 2)와 같이 완전 분산형 구조는 특정 서버가 없기 때문에 서버를 대신하여 각 참여자들의 클라이언트 시스템들이 가상 세계의 모든 정보를 가지고 있어야 한다. 따라서 모든 클라이언트들은 서로 다른 모든 클라이언트들과 직접 연결되어 있으므로 각 클라이언트들은 다른 모든 클라이언트에 변경된 정보를 보내야 하고 다른 클라이언트들로부터 정보를 받는다.

이 모델의 장점으로서는 단순성과 강건성을 들 수 있다. 또한 어떤 클라이언트에서 변경된 정보는 자신을 제외한 다른 모든 클라이언트 시스템으로 전달하여 수행하게 함으로써 데이터의 일관성을 보장한다. 이 때문에 다른 클라이언트에서 발생된 정보는 항상 자신의 가상 공간에 그대로 반영되어 나타나게 된다. 이 구조는 가상 환경에 접속된 클라이언트의 수가 모두 N개라고 가정할 때, 자신이 변경한 내용을 N-1개의 클라이언트에다 모두 전달해야 하므로 클라이언트 수가 증가할 경우 쉽게 통신 병목 현상이 발생한다. 또한 각 클라이언트에서 서로 다른 참여자들이 공유하는 가상 객체들을 동시에 조작할 때, 이를 중재하는 서버가 없으므로 발생하는 병렬성 문제가 발생할 수 있다.



(그림 3) 혼합형 구조

4.3 혼합형 구조

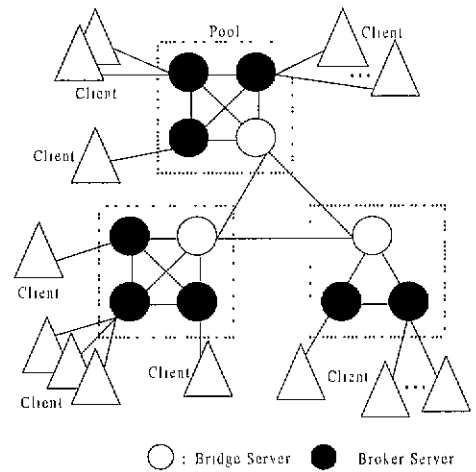
최근 AT&T에서 제안된 RING[10]은 새로운 네트

워크 모델로서 (그림 3)와 같이 기존의 중앙 집중형 구조와 완전 분산형 구조의 단점을 일부 보완한 것이다. 이 모델에서는 서버로부터 공유된 가상 세계와의 접속을 위해 기존의 클라이언트-서버 방식으로 접속하고, 서버간에는 peer-to-peer 형태의 완전 분산 구조를 채택하고 있다. 각각의 클라이언트에서는 서버로부터 공유된 가상 공간을 분할하여 그 복사본을 직접 관리하게 함으로써 참여자의 작업 능력을 향상시켰다. 또한, 클라이언트가 전체 가상 세계의 일부분에 대한 메시지만 송수신함으로써 이전의 두 모델에 비해 전체 네트워크의 부하를 줄이고 확장성 문제를 일부 보완했다. 그러나 이 구조 역시 대규모 분산형 실감 서비스를 구성할 때, 서비스 특성과 규모에 따라 유연성을 갖고 시스템을 확장하고자 할 때 한계에 부딪힌다.

5. 다중 서버-다중 클라이언트 유연구조

앞장에서 살펴본 기존의 분산 네트워크 구조들은 병렬성 제어 및 대규모 분산 환경에서의 네트워크 부하에 따른 병목현상, 유연성 있는 확장성 등의 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제 극복을 위한 방법으로 다수의 서버를 두는 것이다. 즉, 각 클라이언트들은 네트워크 상의 가장 가까이 있는 서버에 연결되고, 서버는 다른 서버 및 그에 속한 클라이언트들간에 통신 채널을 형성하는 방법을 취한다. 이 방식은 Coherent한 데이터베이스 유지를 위한 복잡성의 증가를 초래하지만 참여자의 수가 증가함에 따라 발생하는 네트워크 병목 현상은 줄일 수 있다.

본 논문에서는 앞서 설명한 기존 모델들의 단점들을 대폭 개선, 대규모 분산 가상현실 시스템에 적합한 다중 서버 - 다중 클라이언트 구조(multi-server multi-client architecture)의 유연 구조를 갖는 독자적인 부분 분산 시스템 구조(semi distributed system architecture)를 제안하였다.



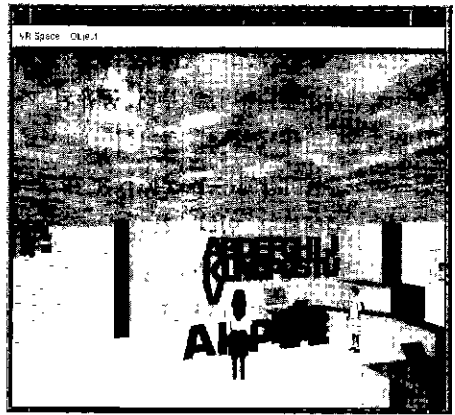
(그림 4) 다중 서버-다중 클라이언트 유연 구조

(그림 4)는 EDCVE에서 채택한 다중 서버 - 다중 클라이언트 유연 구조를 갖는 분산 구조를 나타낸 것이다. 구성 요소로는 각 참여자를 나타내는 클라이언트, 클라이언트간의 중재자 역할을 하는 브로커(broker) 서버, 몇 개의 인접한 브로커 서버들이 한 그룹으로 묶여진 단위인 풀(pool) 등이 존재한다. 그리고 각각의 풀들은 브리지(bridge) 서버라고 불리는 서버들로 묶여지며, 가상세계, 참여자, 토폴로지, 협동 작업 등의 관리를 담당한다.

이와 같은 방법으로 EDCVE에서는 소수의 클라이언트들을 서버에 연결하는 다중 서버-다중 클라이언트 유연 구조를 갖기 때문에 서버에서 발생하는 병목현상을 제거할 수 있다. 그러나, 한 클라이언트에서 다른 브로커 서버가 관리하는 클라이언트로 메시지를 전달할 때 여러 서버 계층을 통과해야 하기 때문에 발생하는 정보 전송 지연 문제가 발생할 수 있다. 이 문제를 해결하기 위하여 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 전송 지연 시간이 가장 적은 클라이언트들을 같은 브로커 서버에 할당하는 네트워크 근접 방법(network proximity method)을 사용하였다.

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



(그림 5) 가상공간에서 참여자간 상호작용

6. 대규모 분산 실감서비스 구현 사례

가상사회 실감 파일럿 서비스[7]는 EDCVE 개발 초기 단계에 EDCVE의 요구 기능과 목표 규격을 도출하는 과정에서 실제의 서비스 기능을 반영하기 위하여 선정되었으며, 개발된 EDCVE 기술을 검증하는 차원에서 구현하였다. (그림 5)는 EDCVE를 이용하여 구현된 가상사회 실감 서비스를 나타낸 것으로 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, 기하학적 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 사용자(클라이언트)에게 동시에 전달된다.

7. 결 론

지금까지 기존의 네트워크 기반 가상현실 시스템

들이 채택하고 있는 중앙 집중형 구조, 완전 분산형 구조 및 혼합형 구조 모델이 지니는 제약 사항과 문제점에 대해 살펴보았다.

본 논문에서는 이를 해결할 수 있는 다중-서버 다중-클라이언트 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 있으며, 사용자 및 가상공간의 규모에 따라 유연하게 서비스 확장이 가능함을 선보였다. 또한, 제안된 구조를 채택하여 개발된 EDCVE 프로토타입 시스템을 이용하여 가상사회 실감 파일럿 서비스를 구현하고 이를 운영해 보임으로써 미래의 인간 중심의 가상사회 건설이 가능할 것이라는 비전을 제시하였다.

현재 다수의 사용자를 대상으로 소규모로 운영되고 있는 EDCVE 프로토타입 시스템을 앞으로 수백 명의 사용자가 동시에 참여할 수 있는 대규모 분산 가상현실 시스템으로 발전시켜 나갈 계획이다. 특히, EDCVE는 초고속 통신망에서 가상사회 구현을 위한 제반 문제점 해결을 위한 테스트베드로서 활용할 예정이다.

참고문헌

[1] S. Aukstkalins and D. Blatner, "Silicon Mirage: The Art and Science of Virtual Reality", Peach Pit Press, 1992, ISBN 0-938151-82-7

[2] Ovum reports, "Virtual Reality: Business Applications, Markets and Opportunities", Ovum Ltd., 1996, ISBN 1-898972-31-1.

[3] Olof Hagsand, "Interactive Multiuser VEs in the DIVE System", IEEE MultiMedia, Spring, pp.30-39, 1996.

[4] M. Macedonia, M. Zyda, D. Pratt, T. Barham and S. Zeswitz, "NPSNET: A Network Software Architecture for Large-Scale Virtual Environments", Presence, Vol 3, No. 4, pp. 10-15, 1993.

[5] <http://www.cs.ualberta.ca/~graphics/MRToolkit.html>

[6] http://www.indy1.adetti.iscte.pt/~visinet/aplicacoes/dVISE_p.html.html

[7] 송경준외, "분산협동 가상현실 미들웨어 개발", 정보과학회지 제15권 제11호, pp.20-25, 1997.11.

[8] J. Calvin, A. Dickens, B. Gaines, P. Metzger, D. Miller, D. Owen, "The SIMNET Virtual World Architecture", Proceedings of IEEE VRAIS '93, pp. 450-455, 1993.

[9] IEEE Standard for Information Technology - Protocols for Distributed Interactive Simulation (DIS) Applications, Version 2.0, "Institute for Simulation and Training Report IST-CR-93-15", University of Central Florida, May, 1993.

[10] R. Lea, Y. Honda, and K. Matsuda, "Community Place : Architecture and Performance", ACM VRML '97, pp. 41-49, 1997.

송 경 준



1982년 명지대학교 전자공학과 (학사)
 1984년 명지대학교 전자공학과 (석사)
 1982년-1984년 명지대학교 전자공학과 실험조교

1985년-현재 한국전자통신연구원 인공지능연구실 선임 연구원
 관심분야 : 가상현실, HCI, 멀티미디어시스템

최 병 태



1986년 경북대학교 전자계산학과 (학사)
 1991년 한국과학기술원 전자계산학과 (석사)
 1986년-1988년 (주)삼성전자

1991년-현재 한국전자통신연구원 인공지능연구실 선임연구원
 관심분야 : 가상현실, 멀티미디어시스템, 에이전트, 컴퓨터그래픽스, 컴퓨터비전

김 종 성



1989년 경북대학교 공과대학 전자공학과(학사)
 1991년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)
 1996년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(박사)

1996년-1997년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 위촉연구원(Post-Doc.)
 1997년-현재 한국전자통신연구원 인공지능연구실 선임 연구원
 관심분야 : 패턴인식, 머신비전, 가상현실, 재활공학, Intelligent System(Fuzzy, 인공 신경망)



민 병 의

- 1982년 한양대학교 전자공학과 (학사)
- 1984년 한국과학기술원 전기 및 전자학과(석사)
- 1992년 한국과학기술원 전기 및 전자학과(박사)

1984년-1987년 대림산업기술연구소
1987년-현재 한국전자통신연구원 인공지능연구실 실장
관심분야 : 멀티미디어시스템, 에이전트, 가상현실



황 승 구

- 1979년 서울대학교 전기공학과(학사)
- 1981년 서울대학교 전기공학과(석사)
- 1989년 플로리다대 전기공학과(박사)
- 1982년-현재 한국전자통신연구원 컴퓨터연구단 멀티 미디어연구부장

관심분야 : 네트워크 컴퓨팅, 가상현실, 인텔리전트 컴퓨팅, 비주연 컴퓨팅, 모빌 컴퓨팅,