

# 가상환경에서 효율적인 협업을 위한 다중계층 공유모델

유 석 종\*

## 요 약

본 논문은 인터넷 상의 다수의 참여자가 분산가상환경에서 협업을 수행하는 경우 발생하는 전송 메시지 트래픽을 조절하는 기법에 초점을 맞추고 있다. 가상환경에서 교환되는 정보의 양을 줄이는 방법을 상태 갱신 메시지 필터링 기법이라고 부르며 이는 가상환경의 확장성을 향상시키는데 필수적인 처리과정이다. 대표적인 필터링 방법인 공간분할 기법은 전체 환경에서 작은 관심영역으로 분할하여 일관성이 유지되어야 하는 영역의 크기를 조절하는 방법을 사용하여 메시지 트래픽을 줄인다. 기존의 공간분할 기법은 시뮬레이션 이전에 관심영역에 대한 정보가 결정되어 사용되므로 동적 환경변화에 대한 적응성과 융통성이 부족하다는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 관심영역 관리방법을 시스템 수행중에 재구성함으로써 적응성을 높인 동적 관심영역 모델을 제안하고자 한다. 환경변화요소를 반영하기 위하여 제안된 모델은 관심영역의 다중분할과 다중 일관성 유지 알고리즘의 사용하여 효율적인 시스템 자원 소비를 가능하게 하였다. 제안된 기법의 성능평가를 위하여 가상으로 아바타의 행위를 발생시키고 갱신 메시지 트래픽을 측정하여 기존 모델과 비교하였다. 결론적으로, 제안된 모델은 다수의 참여자의 수용이 요구되는 MMORPG나 가상커뮤니티 시스템의 관심영역 관리 시스템에 활용될 수 있다.

## Multi-Layer Sharing Model for Efficient Collaboration in Distributed Virtual Environments

Seokjong Yu\*

## ABSTRACT

This paper focuses on the reduction method of message traffic occurred when multiple participants collaborate in the distributed virtual environment. It is referred to as filtering method of update message to minimize data traffic exchanged in the virtual environment, and it is the essential process to improve the scalability of the virtual environment. Spatial partitioning method, a popular filtering technique, divides the whole environment into smaller sub-parts in order to make it small the regions to be maintained consistently. However, it is less flexible and adaptable because the information of area of interest must be configured before simulation. In this paper, the concept of dynamic area of interest is proposed, which is highly adaptable by applying dynamic environmental elements to AOI management. It uses multiple layering and multiple consistency algorithms for dynamic management, and makes it possible to consume system resource efficiently. For performance evaluation, experiments are performed with virtual avatars, measuring message traffic. Finally, the proposed model could be applied to the AOI management systems which accommodate massive users like MMORPG, or virtual communities.

**Key words:** Distributed Virtual Environment(분산가상환경), Scalability(확장성), Area of Interest(관심영역), MMORPG, Collaboration(협업)

\* 교신저자(Corresponding Author): 유석종, 주소: 대전광역시 유성구 덕명동(305-719), 전화: 042)821-1711, FAX: 042)821-1595, E-mail: yusjong@hanbat.ac.kr  
접수일: 2003년 8월 5일, 완료일: 2003년 9월 15일  
\* 정회원, 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학과 전임강사  
※ 이 논문은 2003년도 한밭대학교 교내학술연구비의 지원을 받았음.

## 1. 서 론

네트워크 게임의 매력중의 하나는 인공지능 프로그램이 흉내내기 어려운 인간행위의 다양성에 있다고 할 수 있다. 최근 사이버스페이스 상에서 이루어지는 동시참여자 간 상호협업의 중요성은 점점 커져

고 있으며 그 형태도 다양해지고 있다. 가상현실 기술은 기존의 사이버스페이스의 발전방향에 있어서 새로운 가능성을 보여주고 있다. 분산가상환경(distributed virtual environment: DVE)는 가상현실 인터페이스를 기반으로 참여자 간 상호협업(collaboration)을 지원하는 가상의 공간이라고 정의할 수 있다[1-3]. DVE시스템은 군사 훈련용 시뮬레이션, 가상회의(virtual conference), 원격제어(tele-robotics), MMORPG(massive multi-player online role playing game) 등의 여러분야에서 활용되고 있다. DVE는 가상현실과 분산시스템의 특성이 결합된 시스템으로 DVE의 연구과제는 두 분야의 것들을 합한 것이라고 생각할 수 있다. 즉 가상현실 분야의 주요 이슈는 빠른 그래픽 렌더링, 사용자와의 입출력 인터페이스, 가상객체 및 환경에 대한 모델링 등인 반면, 분산시스템의 요구조건은 확장성(scalability)과 일관성(consistency)으로 요약할 수 있다. 즉 가상환경의 변화정보는 모든 참여자들간에 즉시 공유되어야 하며 참여자의 수가 증가하여도 환경의 일관성이 유지되어야 한다[13]. 본 논문에서는 분산가상환경의 확장성을 향상시키기 위한 노력의 하나인 관심영역 모델(area of interest)을 연구의 초점으로 맞추고자 한다. 미래의 분산가상환경은 인터넷과 컴퓨터의 발달로 인하여 수백 또는 수천의 대규모 사용자간의 상호작용을 가능하게 해주어야 할 것이다. 이는 단순히 여러대의 서버에 분산하여 참여자들을 로그인시키는 수준이 아니라 상호작용이 동시에 가능한 참여자의 수를 말하는 것이다. 기존의 DVE시스템은 시스템의 확장성을 높이기 위하여 여러가지 기법을 개발하였다. 공간분할을 이용하는 관심영역(area of interest: AOI)[10,24] 기법과 이동경로 근사(path approximation)를 사용하는 데드레코닝(dead reckoning)[16] 기법이 대표적이다. 또한 메시지의 전송 방식에 따라 서버의 확장성이 영향을 받는다. 즉 메시지를 중앙서버(central server)를 통하여 전송하는 방식과 중앙서버의 간섭없이 피어(peer)간에 메시지를 전송하는 방법이 있다. 기존의 관심영역에 의한 필터링 방식의 단점은 동적인 가상환경에 대한 적응성을 고려하지 않는다는 점이다. 관심영역 내의 참여자의 수나 아바타의 활동성은 동적으로 활발히 변화하는데 비하여 관심영역을 관리하는 방식은 정적으로 이루어지기 때문에 필터링의 효율성이 떨어지는 문제점이 있다. 본 연구에서는 관심영역 기법의 적용

성을 향상시키기 위하여 필터링 성능에 영향을 미치는 환경요소를 정의하고 이들 요소의 변화에 적응가능한 가변적인 관심영역 모델을 제안하고자 한다. 제안된 모델의 성능평가를 위하여 가상의 아바타와 환경변수를 설정하고 메시지 트래픽을 측정하였다. 2장에서는 가상환경의 일반적인 특성에 대하여 소개하고, 3장에서는 기존 시스템에서 사용된 필터링 기법에 대한 비교분석 내용을 제시한다. 4장에서는 제안된 동적 관심영역 모델에 대하여 소개하며 5장에서 실험결과를 제시하고, 6장에서 결론으로 본 논문을 맺는다.

## 2. 분산 가상 환경

분산가상환경(distributed virtual environment: DVE)[1-4]는 네트워크 상에 분산된 사용자에 의하여 공유되는 가상공간을 의미하며 3차원 가상물체와 아바타로 구성된 가상현실 인터페이스를 사용한다. 개발자에 따라서 네트워크 가상환경(networked virtual environment), 공유가상환경(shared virtual environment), 협업가상환경(collaborative virtual environment) 등 여러가지 용어로 불리어 왔다. 분산가상환경의 장점은 네트워크 환경에서 가상현실 인터페이스를 이용한 협업을 가능하게 해주며 다양한 분야에 적용할 수 있다는 점이다. 대표적인 응용분야로는 MMORPG나 가상커뮤니티, 가상 컨퍼런스 등이 있다. 가상환경은 3차원 가상세계(virtual world), 아바타(avatar), 자율객체(intelligent agent, or bot)로 구성된다[5]. 전통적인 2차원 가상환경인 MUD(multi-user dungeon), IRC(internet relay chatting)와 달리 DVE는 3차원을 기반으로 한다. 참여자는 아바타라고 하는 대리인으로 표현되어 자신의 행동과 감정을 표현하고 타인을 인식하는 도구로 사용된다[6,7]. 이와 달리 자율객체는 참여자에 의하여 조종되는 객체가 아니라 자신과 행동에 사전에 만들어진 프로그램에 의하여 결정한다. 자율객체는 게임에서 NPC(non-person character)라고 불리며 인공지능을 통하여 다양한 행위를 생산하는 기법에 대하여 활발히 연구되고 있다. 한편으로 자율객체와 아바타를 총칭하여 가상인간(virtual human)이라 부르는 경우도 있으며, 가상인간 간에는 지각(perception), 대화(communication), 감정표현(emotional expression)과 같은 상호작용이 이루어진다[5, 9, 10]. 3차

원 아바타를 사용하는 경우에는 2차원 시스템과는 달리 3차원 애니메이션을 통하여 실제와 유사한 몸 동작 기반 감정표현(gesture-based emotion expression)이 가능하다는 것을 특징으로 들 수 있다.

## 2.1 시스템의 요구조건

DVE시스템은 기본적으로 모든 동시 참여자들이 가상환경 상에서 원활한 협업을 수행할 수 있도록 가상환경에 대한 정보를 일관되게 유지시켜주어야 한다. 한 참여자에 의해 변경된 환경정보는 다른 모든 참여자에게 즉시 전파되어야 상호 협업이 가능해진다. 또한 발생된 사건들은 그 발생순서에 맞게 적용되지 않으면 일관성에 문제가 발생할 수 있다. 효과적으로 일관된 환경을 유지하기 위하여 중앙서버에서 환경정보를 관리하는 방법과 모든 참여자는 각각 복제된 환경정보를 관리하는 방법이 가능하다. 중앙서버에서 관리하는 방법은 일관성은 용이하나 서버의 처리부담이 커지고 전송지연이 발생할 수 있다. 반면 분산된 방법은 각 참여자로 메시지 처리를 분산함으로써 확장성은 높아지는 대신 일관성 유지 비용이 증가될 수 있다[11]. 사용자의 행위와 이에 대한 시각적 피드백간의 100ms이상의 지연(latency)은 사용자로 하여금 시스템 사용을 어렵게 한다고 보고되고 있으며[12], 블랙선(Blaxxun) 시스템의 경우 약 85%의 네트워크 대역폭이 아바타 행위정보를 갱신하는데 사용하는 것으로 알려졌다[13]. 두번째로 DVE의 네트워크 프로토콜은 대규모 동시참여자를 지원할 수 있도록 확장가능(scalable) 하여야 한다. 가상환경에 존재하는 모든 엔티티(entity)들은 3차원 상의 위치좌표(x, y, z)와 회전각도(p, q, r)로 표현된다. n개의 엔티티가 가상공간에서 초당 m번 사건을 발생시킨다면 시스템은 초당  $m*(n-1)$ 개의 메시지를 처리해주어야 한다[14]. 각각의 좌표가 32비트로 표현되면 각 엔티티를 위한 메시지는 192 비트( $32*3*2$ )가 필요하기 때문에 100,000개의 엔티티를 위해서는 192Mbps의 네트워크 대역폭이 요구된다고 할 수 있다[15]. 블랙선 시스템의 실험결과에 의하면 5000명의 동시참여자를 위하여 10Mbps의 대역폭이 필요하다[13]. 그러나 현재 인터넷 환경에서 이와 수준의 대역폭을 안정적으로 지원하기는 사실상 어렵다. 따라서 대규모 DVE의 네트워크 프로토콜은 시스템 자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 설계되어야 한다.

## 2.2 기존의 가상환경 시스템

NPSNET[16]는 미해군대학원(Naval postgraduate school)에서 개발된 군사 훈련용 시뮬레이션 시스템이다. 시스템의 엔티티로는 비행기 전투함, 탱크 등이 포함될 수 있다. NPSNET은 DIS(distributed interactive simulation)[17] 프로토콜을 사용하고 대규모 엔티티의 위치정보 전송을 위하여 테드레코닝 기법을 사용하였다. MASSIVE (model, architecture and system for spatial interaction in virtual environments)[18,19]는 영국의 노팅엄 대학에서 개발된 시스템으로 확장성, 이질성 등의 문제를 해결하기 위한 시도를 하였다. 이질성이란 서로 성능이 다른 시스템들을 지원하는 가상환경을 말한다. MASSIVE는 포탈로 연결된 여러개의 가상세계를 연결하고 각 월드는 동시 참여자들을 수용할 수 있도록 개발되었다. 모든 상호작용은 COMIC(computer-based mechanisms of interaction in cooperative work) 프로젝트에서 개발된 공간상호작용모델(spatial model of interaction)[2]에 의해 동작하며 오라(aura), 포커스(focus), 님버스(nimbus)와 같은 개념들을 포함하고 있다. 공간 상호작용모델은 실세계의 사람들 간의 상호작용 방식을 가상공간에 그대로 적용한 사례라고 할 수 있다. SPLINE(scalable platform for interactive environments)[20]은 MERL(Mitsubishi electric research laboratory)에서 개발된 분산가상환경 제작용 소프트웨어 플랫폼이다. SPLINE을 이용하여 개발된 가상환경으로 다이아몬드 파크(Diamond park)가 있다. 이 응용은 시각, 청각, 물리적인 상호작용이 가능한 1평방마일의 가상환경을 포함하고 있다. 참여자들은 실제 자전거를 이용한 인터페이스를 이용하여 공간 내에서 이동할 수 있다. 액티브월드(Activeworlds)는 상용 서비스를 제공하는 가상환경으로 약 300 개의 월드로 구성되어 있으며 참여자에게 월드내에서 쉽게 자신의 공간을 꾸밀수 있도록 허용하고 있다. VRML 플러그인 대신에 별도의 브라우저를 제공하고 있으며, 개발된 가상환경은 액티브월드 회사에서 운영하고 있는 유니버설 서버(universal server)를 통하여 등록되고 외부에 배포된다. 이외에도 마이크로소프트 사의 V-chat은 2차원 캐릭터 형태의 아바타를 사용하여 다양한 감정표현이 가능하고 홀로데스크(holodesk) 시스템[21]은 ICQ같은 메신저 형태로 개발되어 원격회의가 가능

하다. 소니(Sony)사에서 개발된 커뮤니티 플레이스 (community place)[21,22]는 자바와 VRML(virtual reality modeling language)의 가상환경 저작도구로서 LivingWorld 플랫폼을 기반으로 네트워크 가상 환경을 만들 수 있다. 클라이언트들은 Bureau라고 불리는 서버에 의하여 상호 연동되며 낮은 대역폭으로 연결된 참여자들 간의 상호접속을 지원하기 위하여 개발되었다. 클라이언트 간에 분산된 환경의 일관성은 VSCP(virtual society client protocol) 의하여 유지되고 오라(aura)에 의하여 관심영역(area of interest) 관리가 이루어진다. HistoryCity는 NetEffect [23]라고 하는 대규모 저사양(low level) 지원 가상환경을 위한 제작 툴킷(toolkit)으로 싱가포르 국립대학에서 1996년에 개발되었다. HistoryCity는 1870년 싱가포르의 역사적 내용을 바탕으로 개발된 교육용 가상환경으로 약 5000명을 동시에 지원할 수 있다. 다양한 민족의 고유의상을 입고 있는 아바타를 사용할 수 있고 각 민족의 전통적인 소재를 가상으로 구현하고 있다[25].

### 3. 메시지 필터링 기법

본 장에서는 가상환경의 확장성 향상을 위하여 개발된 메시지 필터링 방법들에 대하여 소개하고자 한다. 상태갱신 메시지 필터링(state update message filtering)은 환경의 일관성 유지를 위하여 클라이언트간에 교환되는 메시지의 양을 조절하는 방법을 말한다. 메시지 필터링은 메시지 전송방법, 필터링 방식 등에 영향을 받는다. 상태갱신메시지는 가상환경의 객체 행위에 의하여 발생된 사건에 대한 정보를 전달하는 메시지를 말한다. DIS에서는 PDU(protocol data unit) 라고 불린다. 이 메시지의 양은 참여자의 수에 비례하여 증가하며 전송하는 데 소비되어야 할 시스템 자원의 양과도 비례한다. 메시지는 발생 즉시 전송되어야 하는데 참여자가 행위에 대한 시각적 피드백간에 100 msec이상의 지연을 느끼게 되면 시스템의 유용성이 현저히 저하된다고 보고되고 있다 [12]. 또한 메시지의 전송지연은 참여자간 상호작용 수행에 민감한 영향을 미친다고 할 수 있다.

#### 3.1 메시지 전달 구조

분산시스템에서 메시지 전달구조는 시스템의 효

율성에 영향을 미치는 중요한 부분이다. DVE에서 사용되는 주요 전달 구조로는 클라이언트-서버 구조(client-server architecture), 피어-피어 구조(peer-to-peer architecture), 다중 지역 서버구조(multiple regional server architecture) 등이 있다(그림-1). 클라이언트-서버 구조[12,24]는 중앙서버에 다수의 클라이언트가 접속해 있는 형태로 클라이언트 간에 메시지를 교환하기 위해서는 중앙서버를 거쳐야 하는 구조이다. 서버는 메시지를 타 클라이언트에게 전달하기 전에 필터링과 같은 작업을 적용할 수 있다. 가상환경 전체의 일관성이 쉽게 유지되는 반면 서버의 처리부담이 높아지고 중간 단계를 거치는 만큼 전송 지연이 발생할 수 있다. 피어-피어 구조는 모든 클라이언트가 서버를 거치지 않고 메시지를 직접 상대 클라이언트에게 전달하는 구조이다. 클라이언트 중에 하나가 초기 로그인 서버 역할을 수행하여 클라이언트 관리하지만 메시지를 전달하는 데는 참여하지 않는다. 서버 역할을 수행하던 클라이언트가 로그아웃(logout)하게 되면 다른 클라이언트에게 서버역할을 넘겨주게 된다. 서버 병목현상이 발생하지 않고 전송지연이 적어지는 대신 메시지 전달에 대한 책임이 각 클라이언트로 옮겨지게 되며 메시지 필터링이 쉽지 않은 특징이 있다. 다수의 멀티플레이어 온라인 게임에서 이 방식을 사용하고 있다[10]. 다중 지역 서버 구조는 RING[14] 시스템에서 사용된 구조로 가상환경의 특정 지역을 담당하는 서버가 각각 존재한다. 서버는 각 지역에서 메시지 전달 역할을 수행하며 참여자가 지역간을 이동할 때 담당 서버간에 참여

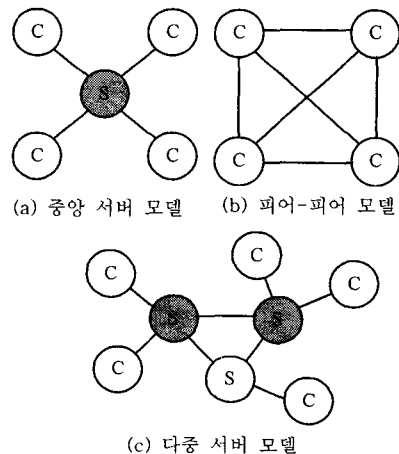


그림 1. 메시지 전달 구조

자 정보에 대한 통신이 요구된다. 확장성을 높이는 용이하나 서버간의 통신 방식 등에 대한 추가적인 노력이 필요하다.

3.2 공간분할 기법

공간분할 기법(spatial partitioning scheme)[11, 24,26]은 가상공간을 여러개의 서버지역으로 분할하여 일관되게 유지되어야 하는 지역의 크기를 조절하는 방법이다. 이 방법의 장점은 발생될 메시지트래픽을 조절하여 가상환경의 크기를 확장할 수 있다는 점이다. 대신 영역을 관리하기 위한 비용이 추가로 발생한다. 가상환경은 여러개의 월드(world)로 구성되고 월드간의 이동은 포탈(portal)을 이용하여 이루어진다. 서로 다른 월드에 존재하는 참여자들 간에는 상호작용할 수 있다. 각 월드는 관심영역(area of interest) 모델을 통하여 작은 조각으로 분할된다. 관심영역은 응용시스템의 종류에 따라 다양한 형태로 변화하여 왔다. 관심영역은 참여자가 특정 순간에 관심을 갖는 주변의 영역으로 해당 참여자에게 환경정보를 전송해주어야 하는 주변영역이다. 기존의 시스템에서 사용되어온 관심영역에 대하여 소개한다. 관심영역(area of interest)는 특정시점에 사용자가 관심을 갖고 있는 주변의 영역을 말한다. 관심영역 모델 사용시 장점은 일관되게 유지되어야 할 지역을 조절함으로써 불필요한 이벤트의 갱신을 줄일 수 있다. 전송되는 메시지트래픽이 줄어드는 만큼 시스템 자원의 소비량도 절약할 수 있다. 기존의 관심영역 모델은 가상환경의 응용분야 따라 관심영역의 형태, 균일성, 고정성 등이 서로 다르게 정의되어 사용되어 왔다. 표-1은 기존의 대표적인 관심영역 모델의 특징을 가변성(variability), 이동성(mobility) 등에 따라 정리한 것이다. NPSNET[15]은 월드분할의 기본단위로 hexagonal cell 을 사용하였다(그림-2). 셀은 고정되어 있으며 참여자 주변의 일정 셀들의 집합을 관심영역으로 정의한다. 참여자가 다른 셀로 이동하게 되면 관심영역을 이루는 셀의 집합도 변화하게 된다. 참여자는 관심영역에 속하는 셀에서 발생하는 사건에 대해서만 정보를 수신한다. 이 방법은 가상환경의 관리와 구현이 쉬운 반면 셀을 단위로 하기 때문에 근접도(proximity)와 상호작용성(interactivity)이 반드시 일치하지 않을 수도 있다.

표 1. 관심영역 모델의 특징

AOI 모델	가변성	이동성	장점	단점
단일 월드	고정형	고정형	단순하며 구현이 쉽다.	단일 월드를 크게 확장하기 어렵다.
헤사곤 셀	고정형	사용자-중심 단계적 이동	구현이 쉽다.	근접도와 상호작용성이 반드시 일치하지 않음.
Locale	가변형	사용자-독립적 고정형	공간적 관련성에 기반한 유연성있는 분할	로케일의 구조를 실행시에 바꾸기 어렵다.
Ring's Cell	가변형	사용자-독립적 고정형	가시성 기반 필터링	셀 구조를 바꿀 수 없다. 사전 계산에 대한 오버헤드
Aura	가변형	사용자-중심 이동형	가변적, 유연성	관심영역충돌 계산 오버헤드

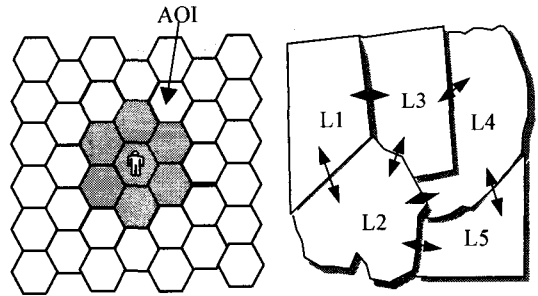


그림 2. Hexagon cell 과 Locales

Locale[24]은 SPLINE시스템에서 제안된 월드 분할방식이다. SPLINE은 MERL(Mitsubishi Electronic Research Laboratory)에서 다이아몬드 파크(Diamond park)을 개발하는데 사용된 프레임워크이다. 그림-2에서 L1~ L5이 Locale의 예이다. Locale은 공간적인 연관성(spatial relevance)에 의하여 수행이전에 설정된 후에는 바뀌지 않는다. NPSNET의 고정된 hexagon cell과는 달리 주변 Locale간에 상호통신이 가능하고 각 Locale은 자신의 고유한 좌표계(coordinate)를 사용한다. 이 방법의 문제점은 시물레이션 이전에 Locale의 설정이 완료되어야 하며 Locale 상에서 참여자의 위치를 지속적으로 추적하여야 한다. RING은 방이 밀집된 실내환경에서의 메시지 필터링을 위하여 제안된 모델이다[14]. 사전에

각 방들간의 가시성을 미리 계산해 놓고 수행 중에는 방에 속한 참여자간의 정보전달에 사용한다. 참여자간의 가시성은 계산이 복잡하므로 대신 방의 가시성을 이용하여 필터링을 시도하였다. 방 간의 가시성에 대한 계산이 미리 이루어져야 하며 따라서 Locale과 마찬가지로 실행 중 방의 구조를 변경할 수 없다. 서버는 참여자의 현재 위치를 추적하여야 한다.[17]는 공간상호작용모델(spatial model of interaction)에서 오라(aura), 포커스(focus), 넘버스(nimbus)의 개념을 제안하였다. 이 개념은 참여자들 간의 의식정도(awareness level)를 세밀하게 동적으로 관리하는 방법을 제공한다. 이 개념은 DIVE, MASSIVE 등의 시스템에서 구현되었으며 기존의 필터링 모델과 병행하여 사용될 수 있다. 오라는 특정시점에 주어진 매체에서 객체의 존재를 결정짓고 상호작용이 가능한 부분공간을 의미한다. 객체는 이동시 주변의 오라와 함께 이동하며 두 객체의 오라가 충돌하게 되면 두 객체간 상호작용이 가능하게 된다. 오라충돌 정도는 두 객체 간의 상호작용 수준을 결정한다. 오라는 매체에 따라서 시각 오라(visual aura), 청각 오라(aural aura), 텍스트 오라(text aura) 등으로 구분될 수 있다. 보통 시각 오라는 청각 오라보다 크게 정의되어 상대방의 모습을 볼 수는 있어도 들을 수는 없는 상황이 발생한다.

#### 4. 동적 관심영역 모델

관심영역(area of interest)은 시스템의 확장성을 높여주는 기초적인 공간분할 작업으로 전달되어야 할 정보의 양을 줄여준다. 기존의 관심영역기반 모델[18,20,27]은 환경의 변화에 적절히 대체하지 못한다는 공통적인 문제점을 갖고 있다. 가상환경의 성능개선을 위한 동적인 접근방법으로 Reynard은 비디오 회의에서 QoS(quality of service)를 조절하기 위한 기법을 제안하였으며[28], Abram은 관심영역의 부하균등을 위하여 8분 트리(octree)에 의한 분할방법을 사용하였다[29]. 본 논문에서 제안하는 동적관심영역(dynamic area of interest) 모델은 환경의 동적 변화에 적응가능한 관심영역 모델을 통해 메시지 필터링을 수행하는 것을 목표로 하고있다. 즉, 관심영역 내의 참여자의 수나 아바타의 행위종류에 따라서 가변적인 관심영역 정의가 가능하다. 동적 관심영역

모델은 참여자의 증가에 대하여 메시지트래픽의 증가율을 완화할 수 있다. 다음 그래프는 참여자의 증가에 대한 메시지트래픽의 관계를 보여준다. 제안된 DAOI모델은 다중계층 기법(multi-layering method), 행위기반 AOI 조절기법(behavior-based AOI control method), 혼잡도 기반 기법(congestion-sensitive method)의 세 부분으로 구성된다.

##### 4.1 다중 계층 기법

DAOI는 관심영역의 효율성을 높이기 위하여 다중계층 방법을 적용하였다. 관심영역에서 다중계층 기법을 시도한 사례는 몇몇 시스템[29,30]에서 찾아볼 수 있다. 기존의 방법은 관심영역을 특정 기준에 의하여 분할한다는 면에서는 제안하는 기법과 유사하나 관심영역의 분할이 실행 중에 이루어지지 않고 실행 전에 지정되어야 한다는 제약조건을 가지고 있다. MASSIVE-2[31]의 관심영역은 기능적으로 분할되고 화상회의에서 비디오의 프레임율을 조절하는데 사용되었다. 이에 반하여 제안된 기법은 그림-3와 같이 관심영역 내의 환경변수의 변화에 따라 동적으로 분할하며 각 서브영역은 메시지트래픽 조절에 활용하였다. DAOI 모델의 특징 중의 하나는 다중분할된 영역에 대하여 각각 다른 일관성 유지 알고리즘을 사용한다는 점이다. 즉 참여자에게서 가장 가까운 영역-1은 높은 수준의 상호작용을 유지하기 위하여 충실도가 높은 알고리즘을 사용한다. 참여자로부터 멀어지는 영역-2와 영역-3에서는 각각 충실도가 보통이거나 낮은 알고리즘을 적용함으로써 메시지트래픽 발생량을 최소화하고자 하였다.

다중계층을 위한 일관성 유지알고리즘은 표-2와 같이 할당될 수 있다. 계층-1은 충실도가 높은 프레임스킵핑(frame skipping)방식을 사용하며 계층-2는 낮은 임계값을 갖는 데드레코닝 알고리즘, 계층-3은 높은 임계값을 갖는 데드레코닝 알고리즘으로 할당되었다. 표-2의 내용은 본 논문의 5장에서 제안된 알고리즘의 성능평가를 위하여 사용되었다.

표 2. DAOI모델을 위한 일관성 유지 알고리즘의 예

계층	일관성 유지 알고리즘	적용값
계층-1	frame skipping (dropping)	3 fps
계층-2	dead reckoning (low threshold)	k
계층-3	dead reckoning (high threshold)	2k, 3k

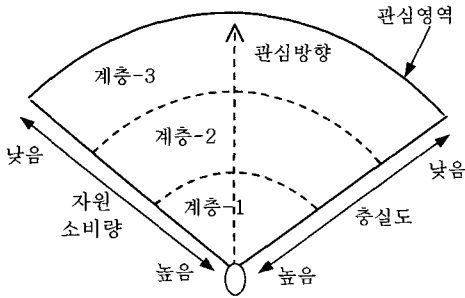


그림 3. DAOI의 다중계층

4.2 행위 기반 AOI 조절기법

DAOI는 아바타의 행위 유형과 관심영역의 혼잡도에 따라 가변적으로 설정된다. 아바타의 행위는 AOI의 형태의 크기를 조절하고 관심영역의 혼잡도는 각 계층을 조절하기 위한 가중치로 사용된다. 기존의 관심영역모델에서는 아바타의 행위를 동적으로 반영한 사례는 없었다. 그러나 행위와 관심도와는 밀접한 관련이 있으며 행위에 고려하여 관심영역의 효율성을 높일수 있다. DAOI 모델에는 걷기(walk), 정지(stay), 회전(rotate)의 3가지 모드가 존재한다. 세가지 모드는 아바타의 행위에 따라 관심영역을 최적화하는 역할을 수행한다. 정지모드는 정상적인 오라 반경과 중심회전각으로 설정된다. 그러나 아바타가 전진하는 경우에는 좌우보다는 전방에 대한 관심도가 증가하기 때문에 DAOI는 걷기모드로 변경되며 오라의 반경은 증가시키고 중심각을 줄인다. 회전모드의 경우는 걷기모드와는 반대로 전방보다는 좌우에 대한 관심도가 증가하게 된다. 따라서 오라의 반경은 줄어드는 대신 회전각은 증가시킨다. 그림-4은 아바타의 행위에 근거한 가변 관심영역의 설정방법을 나타낸 것으로  $l$ 과  $\theta$ 는 각각 오라의 반경과 중심각을 의미한다.

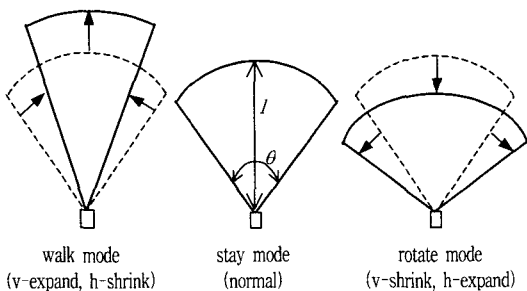


그림 4. 행위기반 가변 관심영역

$l_i(t)$ 와  $\theta_i(t)$ 는 시간  $t$ 에서의 오라의 반경과 중심각을 정의하며 식-1과 식-2과 같이 행위 가중치를 통하여 재설정된다.

$$l_i(t) = l_{normal} \times \omega_{i,behavior} \tag{식-1}$$

$$\theta_i(t) = \theta_{normal} \times \omega_{\theta,behavior} \tag{식-2}$$

관심영역 내에 존재하는 아바타는 걷고 있거나 회전하는 활동성인 경우와 정지해 있는 비활동성으로 구분할 수 있다. 활동성 아바타가 관심영역 내에 많이 포함되어 있을 때 시스템의 부담은 늘어나게 된다. DAOI모델은 관심영역 내의 활동성 아바타에 대해서는 가중치를 적용하여 계층을 분류하는 과정에서 반영하고 있다. 걷거나 회전하는 활동성 아바타는 정지하고 있는 비활동성 아바타에 대하여 최저 10%에서 최고 30%까지 가중치를 부가하여 관심영역의 혼잡성에 반영한다. 즉, 표 5에서와 같이 계층-1에서 활동성 아바타 10명은 비활동성 아바타가 13명 있는 것과 같이 간주된다. 가중치 값은 관심영역의 각 계층별 참여자 수를 측정할때 사용되며  $M_{i,a}, M_{i,b}, M_{i,c}$ 는 관심영역 AOI에서 각 계층별 아바타의 집합을 의미한다.

$$\begin{aligned} M_{i,a}(t) &= \{A_1, A_2, \dots, A_{p-1}, A_p\} \\ M_{i,b}(t) &= \{A_1, A_2, \dots, A_{q-1}, A_q\} \\ M_{i,c}(t) &= \{A_1, A_2, \dots, A_{r-1}, A_r\} \end{aligned} \tag{식-3}$$

$P_i(t)$ 는 시간  $t$ 에서 관심영역  $i$ 에 존재하는 참여자의 수를 말하며,  $N(S)$ 는 집합  $S$ 의 원소의 수를 측정하는 함수이다.

$$\begin{aligned} P_i(t) &= P_{i,a}(t) + P_{i,b}(t) + P_{i,c}(t) \\ &= N(M_{i,a}(t)) + N(M_{i,b}(t)) + N(M_{i,c}(t)) \\ &= p + q + r \end{aligned} \tag{식-4}$$

비활동성 아바타보다 활동성 아바타의 행위 정보를 전달하는 보다 자원이 소모된다. DAOI모델은 관심영역의 효율성을 위하여 아바타의 활동성과 함께 혼잡도 측정하여 관심영역 제어요소로 도입하였다.

$WP_i$ 는 가중치를 적용받은  $i$  번째 참여자집단이며 단일계층으로 구성된 AOI에서 WP는 다음과 같이 계산된다.

$$WP_{i,single}(t) = P_i^{inactive}(t) \times \omega_{inactive} + P_i^{active}(t) \times \omega_{active} \tag{식-5}$$

다중계층 AOI에서 WP 는 다음과 같다.

$$WP_{i,multiple}(t) = P_{i,a}^{active}(t) \times \omega_{active,a} + P_{i,b}^{active}(t) \times \omega_{active,b} + P_{i,c}^{active}(t) \times \omega_{active,c} + P_i^{inactive}(t) \times \omega_{inactive} \quad (식-6)$$

$P_i^{inactive}$  와  $P_i^{active}$  는 각각 비활동성과 활동성 아바타 집단이며,  $\omega_{inactive}$  와  $\omega_{active}$  는 행위에 대한 가중치 값이다.  $WP_i$  값은 일관성 유지 알고리즘의 QoS와 반비례하고  $WP_{i,multiple}$  는 DAOI 모델에 사용된다.

### 4.3 혼잡성 기반 QoS 조절

본 논문은 혼잡도(degree of congestion)를 엔티티의 수와 활동성으로 정의하였다. 그림-5은 목표로 하는 혼잡성 기반 QoS를 나타낸 것으로 혼잡도는 QoS와 반비례하게 작동한다. 가상환경에서의 QoS는 일관성 유지 알고리즘에서 전송빈도(transmission frequency)를 의미한다.

$P_{max}$ 는 AOI에서 허용가능한 적정 인원으로 시뮬레이션 이전에 설정된다.  $P_{max}$ 는 실험을 통하여 측정된 관심영역 평균 인원수로 지정할 수 있다.  $P_{max}$ 는 혼잡성 판단의 기준이 된다. SC(service cost)는 1명의 참여자를 위한 일관성 서비스에 대한 비용이다. 계층-1에 대한 비용은 계층-2 보다 크고 계층-2는 계층-3보다 크다. 하나의 관심영역의 일관성 유지를 위한 서비스 비용은 다음과 같이 계산된다.

$$SC = P_{i,a} \times SC_a + P_{i,b} \times SC_b + P_{i,c} \times SC_c \quad (식-7)$$

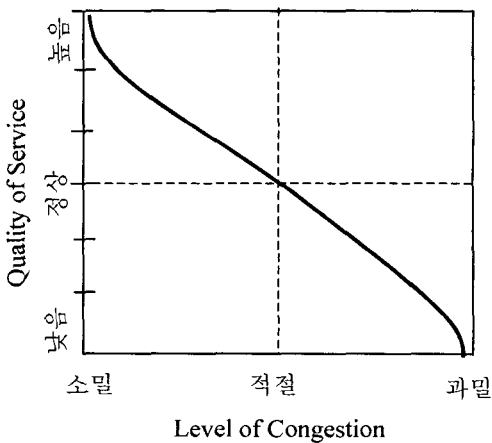


그림 5. Congestion-sensitive QoS control

혼잡도 (Level of Congestion: LOC)는 식-8과 같이 가중치를 적용한 인구에 대한 적정최대인구으로 나타낸다.

$$LOC_i(t) = \frac{WP_i(t)}{P_{max}} \quad (식-8)$$

표-3은 실험에서 사용된 AOI 분할의 예이다. 입력 값은 혼잡도(LOC)이며 레벨 1로 갈수록 혼잡도가 낮아지며 레벨 5로 갈수록 혼잡도가 높아진다.

표 3. AOI 분할표

AOI Partition Level	Partition Ratio			Service Cost (SC <sub>a</sub> =10, SC <sub>b</sub> =5, SC <sub>c</sub> =1, P <sub>max</sub> =50)	Level of Congestion (LOC)
	P <sub>a</sub>	P <sub>b</sub>	P <sub>c</sub>		
L1	10	0	0	100	0~0.2
L2	8	2	0	180	0.2~0.4
L3	5	3	2	201	0.4~0.6
L4	4	3	3	232	0.6~0.8
L5	3	3	4	245	0.80~

## 6. 실험 및 평가

DAOI 모델의 성능평가를 위하여 시뮬레이션 모델을 정의하고 기존 관심영역 모델[2,18]과 정적 다중계층 AOI모델[33]과 비교하였다.

### 6.1 실험모델

비교모델은 총 세가지로, SSAOI(single-layered, static AOI)[2,18]는 단일 계층 정적 AOI이고, MSAOI(multi-layered, static-layering AOI)[32]는 다중계층-고정 AOI, 그리고 MDAOI(multi-layered, dynamic-layering AOI)는 제안된 모델로 다중계층-동적 AOI이다. 각 계층 별 일관성 유지 알고리즘은 표-4와 같다. 계층-1은 높은 충실도(fidelity)를 제공하기 위하여 임계값이 0인 테드레코닝을 사용하였다. 즉, 아바타의 회전이 발생할 때마다 메시지전송이 발생한다. 계층-2와 3은 각각 임계값이 (2,5)와 (4,10)의 테드레코닝을 사용하였다. SSAOI는 MDAOI의 계층-1의 알고리즘을 사용하였다. MDAOI와 MSAOI의 차이점은 계층의 설정의 동적 변환 여부이다. 공통적인 환경변수는 가상 아바타를 100~200개 발생시켰으며  $P_{max}$  값은 각각 7, 10, 13을 사용하였다. 오라



의 반경과 중심각은 75와 120를 사용되었으며 행위에 따른 축소와 확대비율은 30%를 적용하였다.

표 4. 실험에 사용된 일관성 유지알고리즘

AOI 계층	알고리즘
Layer 1	dead reckoning (threshold = 0)
Layer 2	dead reckoning (threshold = 2, 5)
Layer 3	dead reckoning (threshold = 4, 10)

6.2 실험결과

표 5와 6과 같이 세가지 실험모델을 사용하여 메시트래픽을 측정하였다. AOI의 각 계층의 임계값을 (0-2-4)과 (0-5-10) 두가지로 사용하였다. (0-2-4)의 임계값을 적용한 경우 MSAOI기법은 SSAOI와 비교할때 30.6%의 메시트래픽을 감소시켰고, MSAOI에 대한 MDAOI의 감소율은 8.4%, SSAOI에 대한 MDAOI의 감소율은 36.4%로 측정되었다. (0-5-10)의 높은 임계값을 적용하였을 경우에는 메시트래픽 감소율은 각각 45.8%, 14.5%, 53.6%로 측정되었으며, 필터링 성능이 임계값에 민감하게 반응하는 것을 알 수 있었다. 결론적으로 AOI를 여러 단계로 세분한 경우가 단일 계층을 사용하는 AOI모델보다 필터링 성능이 우수하였으며, 정적으로 AOI를 분할한 경우에 비하여 동적으로 분할하는 방식의 성능이 뛰어난 것으로 확인되었다.

표 5. 전송 메시트래픽 (임계값: 0-2-4)

적용모델	전체 아바타의 수, P <sub>max</sub>			평균
	(100, 7)	(150, 10)	(200, 13)	
SSAOI	54.1	118.2	207.7	127
MSAOI	37.6	81.5	144.6	88
MDAOI	35.5	71.2	135.2	81
(1-MSAOI/SSAOI)	30.6%	31%	30%	31%
(1-MSAOI/MDAOI)	6%	13%	7%	8%
(1-MDAOI/SSAOI)	34%	40%	35%	36%

표 6. 전송 메시트래픽 (임계값: 0-5-10)

적용모델	전체 아바타의 수, P <sub>max</sub>			평균
	(100, 7)	(150, 10)	(200, 13)	
SSAOI	52.6	123	199	125
MSAOI	28.4	67	108	68
MDAOI	25	52	97.1	58
(1-MSAOI/SSAOI)	46%	46%	46%	46%
(1-MSAOI/MDAOI)	12%	22%	10%	15%
(1-MDAOI/SSAOI)	52%	58%	51%	54%

7. 결론 및 향후연구방향

컴퓨터와 인터넷의 발전에 따라 고화질의 멀티미디어 데이터와 함께 3차원 콘텐츠에 대한 요구가 급격히 증가될 것으로 전망되고 있다. 또한 가상현실 기술을 바탕으로 하는 3차원 사이버스페이스는 차세대에 유망한 연구분야로 평가되고 있다. 3차원 사이버스페이스를 지향하는 분산가상환경의 해결과제는 다양한 콘텐츠의 저작기술과 확장가능한 시스템의 설계로 요약할 수 있으며, 사용자의 행위에 대한 빠른 응답성은 분산가상환경에서 다수 참여자간의 협업을 유지시켜주는 핵심요소이다. 본 논문에서 제안된 동적관심영역 모델은 기존의 정적인 환경설정을 사용하는 방식과 달리 동적인 환경 변화에 적용하여 최적화한다는 점에서 의미를 찾을 수 있다. 제안된 모델은 동적인 관심영역 계층의 정의와 함께 충실도가 서로 다른 알고리즘을 사용한다는 특징이 있다. 관심영역의 사용과 함께 확장가능한 가상환경의 개발을 위해서는 전체지역을 부분지역으로 분할하고 다중서버에 할당하는 방법의 적용이 필수적이다. 따라서 향후 연구에서는 다중 지역서버간의 효율적인 통신모델의 설계가 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

[1] B. Roehl, Distributed Virtual Reality An Overview. *Proceedings of the VRML '95 Symposium*, San Diego, Canada, ACM Press, pp. 39-43, 1995.

[2] C. M. Greenhalgh, and S. D. Benford, MASSIVE: A Distributed Virtual Reality System Incorporating Spatial Trading, *Proceedings of 15th International Conference on Distributed Computing Systems*, Los Alamitos CA, ACM Press, pp. 27-34, 1995.

[3] S. D. Benford, C. M. Greenhalgh, and D. Lloyd, Crowded Collaborative Virtual Environments. *Proceedings of Computer-Human Interaction*, Atlanta, Georgia, ACM Press, pp. 59-66, 1997.

[4] E. F. Churchill, D. Snowdon, Collaborative Virtual Environments: An Introductory Re-

- view of Issues and Systems, *Virtual Reality*, Vol 3, No. 1, Springer-Verlag, pp. 3-15, 1998.
- [5] S. D. Benford, J. M. Bowers, L. E. Fahlen, C. M. Greenhalgh, D. N. Snowdon, Embodiments, Avatars, Clones, and Agents for Multi-user, Multi-sensory Virtual Worlds. *Multimedia Systems*, Vol. 5, pp. 93-104, 1997.
- [6] D. Thalmann, T. K. Capin, T. N. Magnenat, I. S. Pandzic, Participant, User-Guided and Autonomous Actors in the virtual Life Network VLNET, *Proceedings of ICAT/VRST*, Chiba, Japan, pp.3-11, 1995.
- [7] T. K. Capin, I. S. Pandzic, N. Magnenat-Thalmann, and D. Thalmann, Networking Data for Virtual Humans, *Avatars in Networked Virtual Environments*, Wiley, 1999.
- [8] T. Goto, M. Escher, C. Zanardi, and N. Magnenat-Thalmann, Multimodal Interaction in Collaborative Virtual Environments, *Proceedings of International Conference on Image Processing*, Vol. 3, pp. 1-5, 1999.
- [9] H. Noser, D. Thalmann, A Rule-based Interactive Behavioral Animation system for Humanoids. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 5. pp. 281307, 1999.
- [10] O. Hagsand, DIVE: A Platform for Multi-User Virtual Environments. *IEEE Multimedia* Vol. 3, No. 1, pp. 30-39, 1996.
- [11] A. Varga, Parsec: Building the Networking Architecture for a Distributed Virtual Universe, *Proceedings of Central European Seminar on Computer Graphics*, 1999.
- [12] Blaxxun. A White Paper - Scalability in the Blaxxun Interactive Community Server (see [http://vrml.ch/vrml97\\_awl/tools/blaxxun/server/scale.html](http://vrml.ch/vrml97_awl/tools/blaxxun/server/scale.html)), 1997.
- [13] T. Funkhouser, A. Network Topologies for Scalable Multi-user Virtual Environments. *Proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium*, pp. 222-228, 1996.
- [14] Dong-Il Ko, Yanghee Choi, Design of Network Protocols for Distributed Virtual environments, *Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems*, Vol. 2, pp. 408413, 1999.
- [15] M. Macedonia, M. Zyda, Exploiting Reality with Multicast Groups: A Network Architecture for Large-scale Virtual Environments. *Proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium*, pp. 2-9, 1995.
- [16] IEEE standard for information technology protocols for distributed simulation applications: Entity information and interaction. *IEEE Standard 1278-1993*. New York: IEEE Computer Society, 1993.
- [17] S. D. Benford, G. Bowers, L. E. Fahlen, C. M. Greenhalgh, J. Mariani, and T. Rodden, Networked Virtual Reality and Cooperative Work, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 4, No. 4, pp. 364-386, 1995.
- [18] C. M. Greenhalgh, Analysing Movement and World Transition in Virtual Reality Teleconferencing. *Proceedings of 5th European Conference on Computer Supported Cooperative Work*, Lancaster, UK, Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [19] R. C. Waters, D. B. Anderson, J. W. Barrus, D. C. Brogan, M. A. Casey, S. G. Mckeown, T. Nitta, I. B. Sterns, and W. S. Yerazunis, Diamond Park and SPLINE: A Social Virtual Reality System with 3D animation, spoken interaction, and runtime modifiability. *PRESENCE: Teleoperators and Virtual Environments* Vol. 6, No. 4, August 1997.
- [20] Holodesk Communicator. Web site (see <http://www.holodesk.com/hd/home/index.html>)
- [21] CommunityPlace. Web site (see [http://vs.spiw.com/vs/browser\\_manual/index.html](http://vs.spiw.com/vs/browser_manual/index.html))
- [22] R. Y. Lea, K. Honda, and S. Matsuda. Community Place: Architecture and performance. *Proceedings of Symposium on the Virtual*

- Reality Modeling Language*, pp. 41-50. ACM SIGGRAPH, Monterey, CA, USA, 1997.
- [23] T. K. Das, G. Singh, NetEffect: A Network Architecture for Large-scale Multi-user Virtual Worlds. *Proceedings of ACM VRST*, pp.157-163, 1997.
- [24] J. W. Barrus, R. C. Waters, and D. B. Anderson, Locales and Beacons: Efficient and Precise Support for Large Multi-User Virtual Environments. *Proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium*, pp. 204 213, 1996.
- [25] S. Singhal, M. Zyda, *Networked Virtual Environment: Design and Implementation*. Addison Wesley, 1999.
- [26] H. Sugano, K. Otani, H. Ueda, S. Hiraiwa, S. Endo, and Y. Kohda, SpaceFusion: A Multi-server Architecture for Shared Virtual Environments, *Proceedings of VRML Symposium*, 1997.
- [27] W. Broll, Populating the Internet: Supporting Multiple Users and Shared Applications with VRML". *Proceedings of the VRML'97 Symposium*, Monterey, CA, ACM SIGGRAPH, pp. 87-94, February 1997.
- [28] G. Reynard, S. D. Benford, and C. M. Greenhalgh, Awareness Driven Video Quality of Service in Collaborative Virtual Environments. *Proceeding of ACM Conference on Human Factors in Computing System*, Los Angeles, ACM Press, March 1998.
- [29] H. Abrams, K. Watsen, M. Zyda, Three-Tiered Interest Management for Large-Scale Virtual Environments, *Proceedings of Virtual Reality Software and Technology*, Taipei, Taiwan, November 2-5, 1998.
- [30] C. M. Greenhalgh, and S. D. Benford, Supporting Rich and Dynamic Communication in Large-Scale Collaborative Virtual Environments, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, MIT Press, 1999.
- [31] C. M. Greenhalgh, S. D. Benford, and G. Reynard, A QoS Architecture for Collaborative Virtual Environments, *ACM Multimedia*, Orlando, Florida, ACM Press, November 1999.
- [32] W. Cai, Lee, B. S. Francis, and L. Chen, An Auto-Adaptive Dead Reckoning Algorithm for Distributed Interactive Simulation. *Proceedings of Thirteenth Workshop on Parallel and Distributed Simulation*, pp.82 89, 1999.



유 석 중

1994년 2월 연세대학교 컴퓨터  
과학과(이학사)  
1996년 2월 연세대학교 컴퓨터  
과학과 대학원(이학석사)  
2001년 2월 연세대학교 컴퓨터  
과학과 대학원(공학박사)  
2001년~2002년 University of

Ottawa, Postdoctoral fellow

2003년 1월~현재 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학과  
전임강사

관심분야 : 가상현실, 멀티미디어 콘텐츠, 네트워크 게임