

분산가상환경에서 참여자 관심영역의 혼잡도 조절기법

유 석 종*

요 약

3차원 분산가상환경의 확장성에 대한 연구는 전역적인 공간분할을 통한 관심영역(AOI)의 설정에 초점을 맞추어왔으며 참여자들의 밀집화로 인한 AOI 내의 혼잡성에 대한 부분은 거의 다루어지지 않았다고 할 수 있다. 실제적으로 AOI의 혼잡성은 네트워크 대역폭 또는 렌더링시간 등 시스템 자원을 고갈시키고 참여자간 정상적인 상호작용의 수행을 어렵게 하여 시스템의 확장성과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다. 본 연구에서는 AOI의 혼잡성을 확장가능한 DVE에서 해결되어야 할 문제점으로 정의하고 이에 대한 효과적인 제어메커니즘으로 혼잡도 측정 및 조절모형을 제시하고자 한다. 제안된 모델은 궁극적으로 AOI 내에서 참여자 집단의 고밀도화로 인한 시스템 자원의 고갈방지와 안정적인 상호작용성의 유지를 목표로 하고 있다. 제안된 모델의 성능평가를 위하여 AOI 혼잡도에 동적으로 반응하는 자원비용모형을 정의하여 기존 모델과의 비교 실험을 수행하였다.

Congestion Control Method of Area of Interest in Distributed Virtual Environment

Seokjong Yu*

ABSTRACT

Previous researches on scalability problem of distributed virtual environment (DVE) have been mainly focused on spatial partitioning of area of interest (AOI). Congestion phenomena by avatar groups in AOI have been neglected relatively. However, AOI congestion is highly related to scalability of DVE because it exhausts system resources such as network bandwidth and rendering time, and could be a bar to perform collaboration among participants. In this paper, this will be defined as the problem that must be solved for the realization of the scalable DVE, and a model will be proposed to measure and control congestion situation in AOI. The purposes of the proposed model are to prevent high density of participants in AOI, and to protect stable collaboration in DVE. For evaluation of the performance it is compared with a previous method by defining the resource cost model which is dynamically activated to AOI congestion.

Key words: Distributed Virtual Environment(분산가상환경), Scalability(확장성), Area of Interest(관심영역), Crowdedness(혼잡도), Resource Cost Model(자원비용모형)

1. 서 론

사이버스페이스(cyberspace)는 컴퓨터와 인터넷

기술의 조합으로 개발된 정보전달 매체(media)로써 시간적, 공간적 제약없이 지리적으로 떨어져 있는 참여자간에 정보공유(information sharing)와 의사소통(communication)을 가능하게 해준다. 차세대 사이버스페이스의 형태로 예상되는 분산가상환경(distributed virtual environment: DVE)은 가상현실(virtual reality) 기술을 사용하여 실세계에서 작업환경과 유사한 직관적인 인터페이스와 생생한 피드백을 제공하여 준다[5]. 2차원 기반 사이버스페이스는 텍

* 교신저자(Corresponding Author): 유석종, 주소: 대전광역시 유성구 덕명동(309-719), 전화: 042)821-1711, FAX: 042)821-1595, E-mail: yusjong@hanbat.ac.kr

접수일: 2003년 7월 18일, 완료일: 2003년 9월 22일

* 정희원, 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부 전임강사

※ 이 논문은 2003년도 한밭대학교 교내학술연구비의 지원을 받았음.

스트나 이미지를 사용하여 정보를 전달하거나 참여자의 존재를 표현하였으나, DVE는 3차원 형태의 아바타(avatar)를 사용하며 참여자의 존재(presence)와 행위(behavior)의 표현이 가능하다[14]. DVE의 개념과 목적은 원격교육/훈련, 시뮬레이션, 엔터테인먼트 등 다양한 응용분야에 적용될 수 있다. DVE 시스템에는 군사훈련 시뮬레이션을 위하여 개발된 HLA[9], DIS[10]가 있으며, 엔터테인먼트를 목적으로 하는 사회형 DVE시스템[2,6,7]이 있다. DVE는 안정적인 협업(collaboration)의 수행을 목표로 시스템의 일관성과 확장성을 보장하여야 하는 제약조건(constraints)을 갖는다. 즉 모든 참여자들은 환경에 대하여 하나의 일관된 상태정보를 공유하여야 하며 이것은 참여자의 수의 증가에 독립적으로 상호작용의 안정성이 유지되어야 한다. 분산된 참여자간의 안정적인 상호작용을 위해서는 행위에 대한 피드백이 제한시간(예, 100msec)내에 발생되어야 하며 피드백 발생에 대한 지연시간(latency)은 일정하여야 한다[6]. 전송지연을 내포하고 있는 인터넷 상에서 DVE의 확장성과 상호작용의 응답성을 향상하기 위해서는 네트워크 상에서 교환되는 자료의 양을 적당한 크기로 줄여주는 것이 바람직하다. 기존 시스템에서는 관심영역(area of interest: AOI)기법을 사용하여 상호작용에 필요한 최소한의 정보를 제외하고는 필터링하는 방법을 연구하여 왔다. 기존 AOI기법들은 정보필터링을 위하여 전체환경을 공간적으로 분할하는데 초점을 맞추었다. 그러나 실질적으로는 네트워크 트래픽의 발생량은 AOI의 공간적 크기보다는 AOI내의 참여자의 수와 관련이 있다. 즉 기존의 공간적인 분할이 수동적인 참여자 관리인 반면 본 연구에서의 목표인 혼잡도조절은 능동적인 참여자 관리라고 할 수 있다. AOI는 참여자들이 환경을 함께 공유하여야 하는 지역이므로 AOI 내의 참여자 밀집도는 발생하는 네트워크 트래픽과 비례하며 전체참여자의 수와 관계없이 시스템을 과부하상태로 만들 수 있다. 또한 AOI내 혼잡한 아바타 그룹은 과도한 시스템자원의 소모로 주변 참여자들의 원활한 상호작용을 저해할 수 있다. 따라서 DVE 시스템의 확장성은 전체 참여자의 수에 대한 연구뿐만 아니라 AOI를 중심으로 하는 지역적인 혼잡성도 동시에 고려하여야 한다. 본 연구에서는 지역적 혼잡함을 방지하고

참여자간 안정적인 공동작업 수행을 유지하는 것을 목표로 하는 AOI 내 혼잡성 회피 기법에 연구를 진행하고자 한다. 본 연구는 최근에 관심이 고조되고 있는 네트워크형 온라인 게임이나 DVE 시스템의 확장성 문제를 향상하는 역할을 할 것이다. 또한 주로 DVE의 공간분할 문제에만 집중되어 있는 기존의 연구 경향에서 동적의 아바타의 움직임을 관리하는 문제로 전환을 시도하는 데 있어서 의미있다고 할 수 있다. 본 논문에서 체계적인 참여자 수의 변화를 감지하기 위하여 관리영역보다 하위 개념인 셀 모델을 도입하고 셀을 기반으로 하는 혼잡도 측정 및 회피 모델을 제안하고자 한다. 2장에서는 확장성에 관련된 기존의 AOI 기법을 분석하고, 3장, 4장에서는 제안된 셀 기반 혼잡 회피 모델을 소개하고 실험에 의한 성능평가 결과를 제시한다. 끝으로, 5장에서 결론과 향후 연구방향을 제시하고 본 논문을 끝맺는다.

2. 분산가상환경

DVE은 수백 또는 수천이상의 분산된 참여자들 간의 의사소통, 공동설계(collaborative design), 게임과 같은 공동작업을 가능하게 해주는 3차원 사이버스페이스[10]를 의미하며, 가상 커뮤니티[7], MMORPG(massive multi-player online role playing game), 가상 컨퍼런스(virtual conference)등 다양한 응용분야에 활용될 수 있다. DVE은 단독실행시스템(stand-alone system)과는 달리 분산된 환경에 대한 일관성(consistency)을 유지하여야 하는 제약조건(constraints)을 갖는다. 즉, 아바타의 이동이나 물체의 조작으로 인해 특정 클라이언트에서 변화된 상태정보는 환경을 공유하고 있는 다른 모든 참여자에게 즉시 알려주어야 한다. 참여자가 DVE에서 타 참여자 또는 오브젝트와 상호작용 시 즉각적인 응답성은 CSCW(computer-supported collaborative work)형 시스템을 유지하는 핵심요소이다. 원활한 환경의 공유를 위해서는 각 참여자의 행위에 대해 피드백을 받는데 걸리는 응답시간(response time)은 가능한 짧아야 하며 응답지연시간(response latency)은 일정하여야 한다. 그림 1은 상용화된 3차원 가상커뮤니티와 온라인 게임에서의 아바타 그룹을 표현한 예이며, 관련된 응용시스템으로는 액티브월드(active-worlds)[2], 블락션(blaxxun)[6], 리니지(lineage)[11]

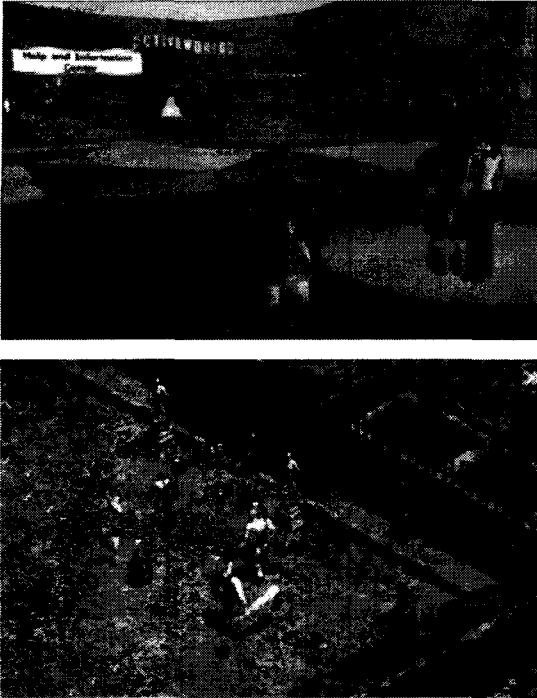


그림 1. DVE에서 아바타의 표현

등이 있다.

2.1 DVE의 확장성

DVE의 확장성(scalability)은 참여자의 수와 가상 공간의 크기에 독립적으로 성능 저하가 일어나지 않는 성질(characteristic)을 말하며 확장성을 향상시키기 위한 관련연구로는 NPSNET의 Hexagon cell[10, 13], MASSIVE의 Aura[4], SPLINE의 Locale[6], 동적 메시지필터링 기법[1,15]이 있다. NPSNET은 군사훈련용 시뮬레이션 시스템으로 Hexagon cell 모델을 이용하여 AOI를 정의하였다. Hexagon cell 모델은 전체환경을 육각형의 일정한 셀로 분할하고 참여자가 존재하는 셀과 주변의 셀들을 AOI로 정의한 모델이다. 이 모델에서 셀 내부에 들어올 수 있는 객체의 수에 대한 제한은 없다. MASSIVE에서 사용된 Aura는 참여자 주변의 일정 원형영역을 AOI로 설정한 것으로 참여자의 이동에 따라 AOI도 함께 이동하는 사용자 중심형 모델(user-centered model)이다. Aura는 AOI 조절기능을 제공하는 유일한 모델로 참여자 수가 많아질 경우 Aura의 반경(radius)을 줄여 참여자의 수를 강제적으로 조절하였다. SPLINE의

Locale[3]은 전체환경을 연관된 지역별로 분할하며 시뮬레이션 중에 일단 분할된 영역은 변하지 않는다. Locale내에 참여자 수를 제한하는 기능을 제공하지 않는다.

2.2 AOI의 혼잡도

DVE의 확장성 문제는 전역적인 부분과 지역적인 부분이 함께 고려되어야 하는 특성에도 불구하고 기존의 연구에서는 분산환경의 확장성을 높이기 위하여 정보를 필터링하는 AOI의 크기나 형태에 대한 문제를 주로 다루어왔다. 그러나 시스템 자원의 소모율과 공동작업의 안정성은 AOI 내의 참여자의 혼잡도와 관련이 높다. 즉, 기존의 AOI 모델은 그 형태와 크기에 대한 것만을 정의할 수 있으며 AOI 내에 존재할 수 있는 아바타의 수를 조절하는 메카니즘은 제공하지 않기 때문에 AOI의 활용 효과가 저하된다고 할 수 있다. 전체참여자의 수가 같은 시스템 A, B가 있다고 가정하자.

그림 2에서 전체공간은 AOI인 셀들로 나뉘어지며 적힌 숫자는 참여자의 수를 나타낸다. 시스템 A는 참여자들이 균등하게 분포하는 반면, 시스템 B는 특정 셀에 밀집된 상황을 보여준다. 아바타의 행위는 분할된 셀 내부에서만 공유된다고 가정하자. 한 셀에 n명의 참여자가 있을 경우 하나의 움직임에 대하여 n-1개의 메시지를 전송해주어야 한다. 각 셀당 하나의 아바타가 움직였을 경우 전송해야 할 메시지 트래픽은 다음과 같이 계산될 수 있다. 시스템 A는 초당 810개(=10×9×9)의 메시지 처리가 필요한 반면, 시스템 B는 초당 2960개(=45×44+10×9+30×29+5×4)의 메시지를 처리해주어야 한다. 즉, 셀 내부로 공유범위를 제한하는 경우에도 두개의 셀에서 밀집도가 높았던 시스템 B의 경우가 A보다 3.6배의 메시지를 더 전송해주어야 한다. 이것은 전체 참여자의

10	10	10	45	0	0
10	10	10	0	10	30
10	10	10	5	0	0

(a) 시스템 A

(b) 시스템 B

그림 2. AOI 내의 밀집도

수보다는 AOI 내에서의 참여자의 수가 시스템의 자원 소비에 더 많은 영향을 미친다는 것을 말해주고 있다. AOI에서 아바타의 수는 지속적으로 변화하기 때문에 AOI 내에서 지역적 혼잡도를 조절하기 위해서는 동적인 영역관리 모델이 요구된다고 할 수 있다. 3장에서는 본 논문에서는 아바타의 밀집도에 의하여 결정되는 지역적 혼잡성에 대한 문제점을 제기하고 동적으로 이를 해결하기 위한 혼잡도 조절 모델을 제안하고자 한다.

3. 셀 기반 혼잡도 조절모델

셀 기반 혼잡 조절모델(cell-based crowdedness control model)은 셀을 기반으로 하는 혼잡도 측정 관리 모델로 다음과 같은 기능을 갖는다. 첫째, DVE를 균일한 크기의 셀로 분할한다. 셀의 크기는 혼잡 조절모델의 성능을 반영하기 때문에 적절한 크기로 설정하는 것이 중요하다. 둘째, 분할된 셀 단위로 혼잡도를 측정한다. 셋째, 혼잡도를 조절하기 위하여 아바타의 유입을 제한하는 대신 혼잡도에 비례하여 상호작용성을 제한한다. 즉, 환경정보를 공유하는 충실도(fidelity)의 수준이 혼잡도에 따라서 차등적으로 제공된다. 셀 관리자는 AOI 및 전체 참여자 수와 같은 환경정보를 가지고 셀의 혼잡성을 감시한다. 각 셀은 혼잡도에 따라서 그림 3과 같이 normal, warning, locking level의 세 단계의 혼잡도 상태를 갖는다. normal은 셀의 혼잡도가 최대치에 75~80% 도달하였을 때까지의 단계로 이 레벨의 참여자는 정상적으로 환경정보를 공유할 수 있다. 이 단계에 놓인 참여자들은 Group_A에 속한다. 혼잡도 75~100%는 warning level로 갑자기 상호작용이 제한되는 것을 방지하기 위한 완충단계이다. warning level에서는 정상 단계에 비하여 상호작용성이 50%로 떨어지게 되어 참여자들이 셀이 혼잡하다는 것을 지각할 수 있으며 다른 셀로의 이동을 유도할 수 있다. 이 단계에 셀에 도착한 참여자들의 그룹을 Group_B라 정의한다. 셀의 최대수용치를 넘게 되면 셀의 혼잡도는 locking level이 되고 이 레벨 이후에 도착하는 참여자(Group_C)는 정상치의 10%의 충실도로 상호작용 서비스를 제공받게 된다. 다시 말하여 정상단계에서 10 fps로 메시지를 전송받는다면 locking level에서는 1 fps로 상태 갱신 메시지를 수신하게 된다. AOI 내의 참여자의

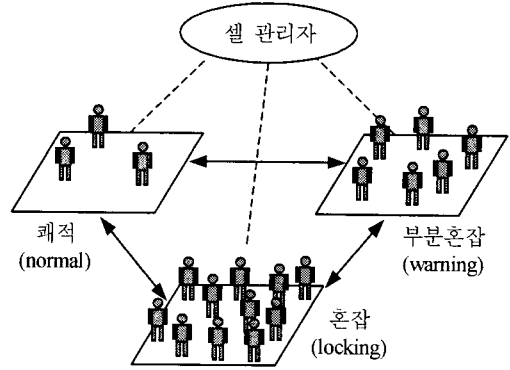


그림 3. 셀의 혼잡도 상태

수는 동적으로 변화하기 때문에 셀의 혼잡상태도 함께 유동적으로 결정된다.

3.1 다중 상호작용

다중 상호작용(multi-level interaction)의 기본원리는 참여자에게 일률적인 충실도로 환경공유서비스를 제공하기 보다는 환경의 혼잡정도를 고려하여 제공할 서비스를 차등화하는 것이다. 다중 상호작용성은 사용되는 시스템 자원의 감소뿐만 아니라 혼잡한 공간에 들어오는 참여자의 분산에 효과가 있다. 참여자들은 응답속도가 떨어지는 혼잡공간에 오래 머물려고 하지 않을 것이다. AOI 내의 참여자는 셀 도착순서에 따라서 Group_A, Group_B, Group_C로 분류되며 C?B?A 방향으로 멤버의 이동이 가능하다(그림 4). 즉 Group_A내의 한 멤버가 다른 셀로 이동한다면 Group_B에서 가장 오래 그 셀에 있었던 멤버가 Group_A로 편입되고 Group_C의 최고 멤버가 Group_B로 들어가게 된다. 멤버이동의 우선순위는 체류시간이 긴 멤버

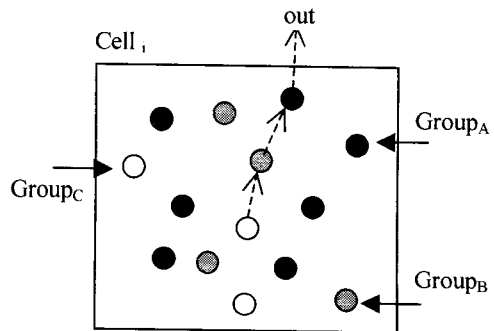


그림 4. 그룹간 멤버이동

에게 먼저 주어진다. 셀에서의 멤버간 상호작용 형태는 셀과 셀 간의 외부 상호작용(inter-cell interaction)과 셀 멤버간의 내부 상호작용(intra-cell interaction)으로 나눌 수 있다.

(a) 셀 내부 상호작용

셀 내부 상호작용은 셀 i에 속하는 GroupA, GroupB, GroupC간에 발생하는 상호작용을 말한다. 이것은 다시 그룹 내부상호작용과 그룹 간 외부상호작용으로 나뉜다. GroupA가 상호작용에서 가장 높은 우선순위를 가지며, 그룹 간 상호작용의 수준은 우선순위가 낮은 그룹에 맞추어진다. 예를 들어 GroupA와 GroupB 간의 상호작용은 GroupB 내부 우선순위로 결정된다. 표 1은 그룹 내부와 외부 상호작용시의 제공될 서비스 수준의 예이다.

(b) 셀 외부 상호작용

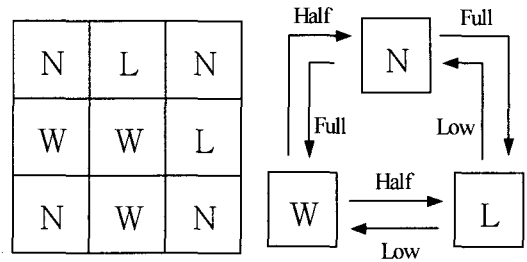
제안된 셀 혼잡 모델은 서로 다른 셀에 존재하는 참여자 간의 상호작용은 두 셀 중 혼잡도가 높은 셀에 맞추어 결정된다. 예를 들어 현재 참여자 A와 B가 각각 warning 레벨과 normal 레벨인 셀에 존재한다면 참여자 A는 참여자 B의 셀에 대한 정보를 정상적인 충실도로 제공받을 수 있으며(예, 10 fps), 반대로 참여자 B는 참여자 A의 셀에 대하여 정상의 절반수준으로 제공받게 된다(예, 5 fps). 이렇게 함으로써 각 참여자는 다른 셀에 대한 혼잡정보를 얻을 수 있으며 혼잡하지 않은 영역으로의 분산이 가능하게 된다. 그림 5는 혼잡도가 서로 다른 셀 간의 상호작용 수준을 도식화한 것이다. 참여자는 주변 셀에 대한 정보를 혼잡도에 따라 서로 다르게 수신하게 된다.

3.2 혼잡도 측정요소

AOI가 혼잡한지 아닌지를 판단하기 위한 측정요소로는 참여자의 수, 메시지 트래픽, 아바타의 활동성, AOI의 충돌횟수(AOI collision) 등이 있다. 이와 같은 요소의 값이 증가하게 되면 메시지의 전달이 지연되고 응답성이 떨어져서 원활한 상호작용이 어려워지게 된다. 본 연구는 참여자의 수를 주된 혼잡 측정요소로 사용하였다. 셀 내에서의 아바타의 활동성을 측정하기 위한 요소로는 이동거리와 체류시간을 들 수 있다. AOI 내에 수용가능한 아바타의 수를 계산하기 위해서 body space(BS)라는 요소를 정의하였다. 이것은 실제 세계에서 사람이 타인과의 상호

표 1. 셀 내부 및 외부 상호작용 수준도의 예 (단위: %)

Group	A	B	C
A	내부-100	외부-50	외부-10
B	외부-50	내부-50	외부-10
C	외부-10	외부-10	내부-10



(N: normal, W: warning, L: locking)

그림 5. 셀 외부 상호작용

작용 시 편안함을 느낄 수 있는 주변영역을 말한다. 그림 6의 정사각형이 폭과 높이가 각각 s인 셀이라고 가정한다면 AOI의 다수의 셀로 구성될 수 있으며 하나의 셀은 면적이 r² 인 BS들의 모임으로 이루어진다. 따라서 하나의 셀 당 적정인원은

$$n = \frac{\text{area of cell}}{\text{area of body space}} = \frac{s^2}{\pi r^2}$$

이다.

셀의 크기는 혼잡도 조절기법의 성능과 연관이 있다. 즉 셀의 크기가 너무 크면 셀 내부에서 특정 지역에 아바타가 몰리는 문제가 또다시 발생하여 셀 분할 방법이 무의미해질 수 있다. 또한 셀의 크기가 너무

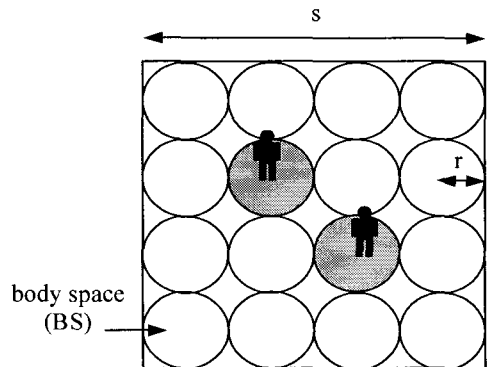


그림 6. 단위 셀의 적정인원

작으면 셀이 쉽게 warning이나 locking 레벨에 도달하여 상호작용이 원활하지 못할 수 있으므로 셀의 크기를 적절하게 설정할 필요가 있다. 제안된 셀 기반 혼잡조절모델은 실외환경에 적용할 때와 많은 방들로 구성되는 실내환경에 적용할 때 셀의 구성을 다르게 설정하는 것이 바람직하다. 즉 실내 환경에서는 방들의 배치와 분할된 셀의 배치가 일치하지 않기 때문에 각 방 단위로 셀을 설정하는 것이 효과적이다.

3.3 자원 비용모델

자원 비용모델(resource cost model)은 셀 기반 혼잡조절기법의 적용시 소요되는 자원 비용을 측정하여 성능을 평가할 수 있는 모델이다. 자원비용은 셀 내부 상호작용과 셀 외부 상호작용에 대하여 각각 측정된다. 시스템 자원은 네트워크 대역폭(network bandwidth), 계산량(computation), 렌더링시간(rendering time) 등이 포함될 수 있으며 본 연구에서는 네트워크 대역폭만을 고려하기로 한다. 셀 내부의 자원비용은 그림 7과 같이 세개의 GroupA, GroupB, GroupC 간의 상호작용에 의하여 발생된다.

GroupA의 자원비용을 다음과 같이 계산된다. GroupA, GroupB, GroupC의 멤버의 수를 각각 a, b, c라고 가정하자. GroupA 중 두 참여자를 뽑는 경우의 수가

$${}_a C_2 = \frac{a \times (a-1)}{2}$$

이고,

GroupA에서 최고 수준의 서비스가 제공된다면 GroupA의 자원비용은

$${}_a C_2 \times RC_{full} \times 2$$

이다. 양방향 상호작용이 가능하므로 비용값을 2배로 해준다.

마찬가지 방법으로 GroupB, GroupC의 자원비용은

$${}_b C_2 \times RC_{half} \times 2, \quad {}_c C_2 \times RC_{low} \times 2$$

이고, GroupA와 GroupB 간의 자원비용은

$$a \times b \times RC_{half} \times 2$$

으로 계산된다.

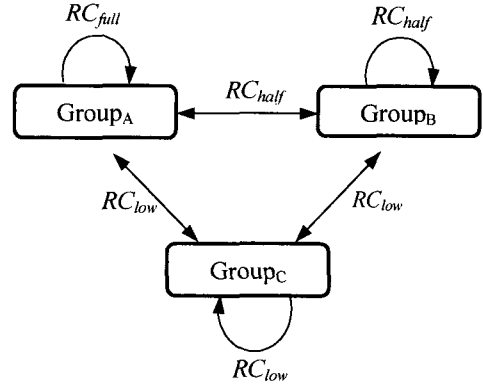


그림 7. 셀 내부상호작용에 대한 자원비용모델

셀 내부의 총 자원비용은

$$RC_{intra}(i, j) = ({}_a C_2 \times RC_{full} + {}_b C_2 \times RC_{half} + {}_c C_2 \times RC_{low} + a \times b \times RC_{half} + b \times c \times RC_{low} + c \times a \times RC_{low}) \times 2$$

이다.

셀 간 상호작용에 대한 비용모델은 중심의 셀에 대하여 주변의 8개의 셀간의 관계로 계산되며, [12]에서 제안된 모델을 활용하기로 한다. 그림 8과 같이 관계가 설정되는 경우 자원비용은

$$RC_{inter}(i, j) = RC_{average}(i-1, j-1) + RC_{average}(i, j-1) + RC_{average}(i+1, j-1) + RC_{average}(i-1, j) + RC_{average}(i+1, j) + RC_{average}(i-1, j+1) + RC_{average}(i, j+1) + RC_{average}(i+1, j+1)$$

$$RC_{average}(s, t) = \frac{p \times RC_{full} + q \times RC_{half} + r \times RC_{low}}{p + q + r}$$

이다.

3.4 셀 정보 갱신

셀 관리자(cell manager: CM)는 AOI관리자의 유사한 기능을 수행하는 프로그램으로 중앙서버에 있으면서 각 셀의 참여자 수의 변동을 감시하고 혼잡도를 계산한다(그림 9). 특정 셀에 변화가 있을 경우 셀 주변 참여자에게 셀의 상태정보를 전송해준다. 참여자가 다른 셀로 이동할 때 셀 관리자에게 이동사실을 알려주고 셀 관리자는 참여자 변동정보를 각 셀에서

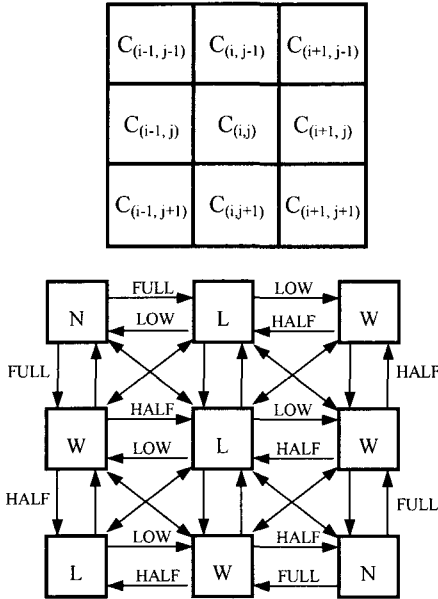


그림 8. 셀 간 상호작용에 대한 비용모델

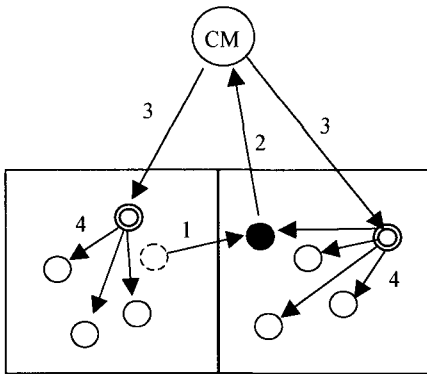


그림 9. 셀 관리자의 작업 순서

가장 오랫동안 머무르고 있는 대표 참여자에게 전송하여 준다. 셀 대표자는 참여자 이동 후 혼잡도에 변화여부를 판단하여 변화가 발생하였을 때 자신의 셀에 있는 각 참여자에게 전달하여 준다. 셀 관리자에게 모든 작업을 맡기는 것보다 각 셀의 대표를 지정하여 작업을 분산하는 효과를 거둘 수 있다.

그림 10은 참여자와 셀 관리자간에 서로 주고 받는 메시지의 포맷이다. 참여자는 셀을 이동할 때 자신의 ID와 이전 셀 번호, 새로운 셀 번호가 담긴 상태 메시지(그림 10-a)를 셀 관리자에게 전송하여 준다. 셀 관리자는 셀 대표자에게 새로운 셀 멤버에 대한 사실을 알려주기 위하여 두번째 메시지를 전달한다

(그림 10-b). 셀 대표자는 혼잡도에 변화가 있을 경우 셀의 타 참여자에게 새 멤버에 대한 정보를 전송한다(그림 10-c).

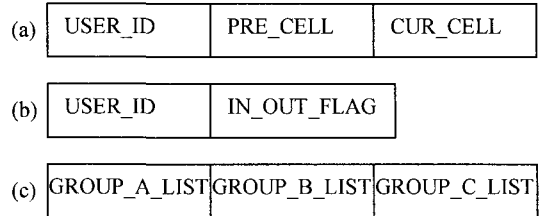


그림 10. 셀 상태정보 통지메시지

4. 실험 및 성능평가

4.1 실험 모델

제안된 모델의 성능평가를 위하여 혼잡조절 기능이 없는 모델과 비교실험을 하였다. 실험을 위한 DVE은 그림 11과 고유한 번호가 붙여진 셀들로 분할된다. 성능비교는 자원비용을 측정하여 이루어진다. 각 그룹에 할당된 자원비용은 각각 r, r/2, r/10이다. 전체 자원비용은 셀 내부비용(intra resource cost)과 셀 외부비용(inter resource cost)의 합으로 구한다. DVE은 10×10셀로 분할하였으며 샘플 아바타 인구는 100~3000명까지 10명씩 증가시키면서 임의로 발생하였다. 셀의 크기와 BS의 크기는 각각 {16, 32, 64, 128, 256}와 {2, 4, 8, 16}을 사용하였다. 셀당 아바타의 최대 수는 {8, 16, 32, 64}명으로 하였다.

다음은 자원비용을 계산하는 데 사용된 알고리즘이며 $GA_{(i,j)}$, $GB_{(i,j)}$, $GC_{(i,j)}$ 는 cell_(i,j)의 Group_A, Group_B, Group_C에 존재하는 멤버의 수를 말한다.

$P_{0,0}$	$P_{1,0}$	$P_{2,0}$...	$P_{n-1,0}$
$P_{0,1}$	$P_{1,1}$	$P_{2,1}$...	$P_{n-1,1}$
$P_{0,2}$	$P_{1,2}$	$P_{2,2}$...	$P_{n-1,2}$
...
$P_{0,n-1}$	$P_{1,n-1}$	$P_{2,n-1}$...	$P_{n-1,n-1}$

그림 11. 셀 행렬

```

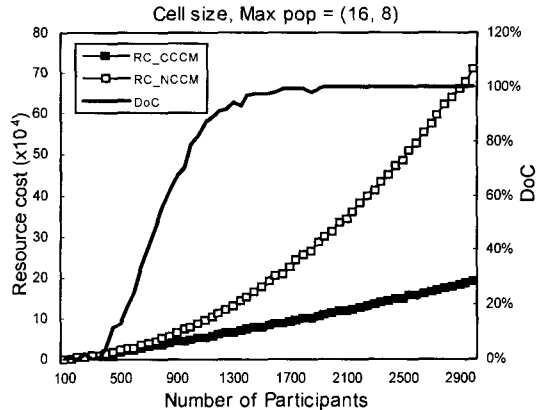
Intra_RC_CCAM(i,j)
= GA(i,j)*(GA(i,j)-1)/2.0*r+
  GB(i,j)*(GB(i,j)-1)/2.0*r/2.0+
  GC(i,j)*(GC(i,j)-1)/2.0*r/10.0+
  GA(i,j)*GB(i,j)*r/2.0 +
  GB(i,j)*GC(i,j)*r/10.0+
  GA(i,j)*GC(i,j)*r/10.0)*2.0;
for (s=-1; s<2; s++)
  for (t=-1; t<2; t++)
    if (s!=0 && t!=0)
      Inter_RC(i,j)+=P(j+s,k+t)*P(i,j)*
        DOC(j+s, k+t)*r;
Total_RC_CCAM(i,j)=Intra_RC_CCAM(i,j)+
  Inter_RC(i,j)
    
```

4.2 실험 결과

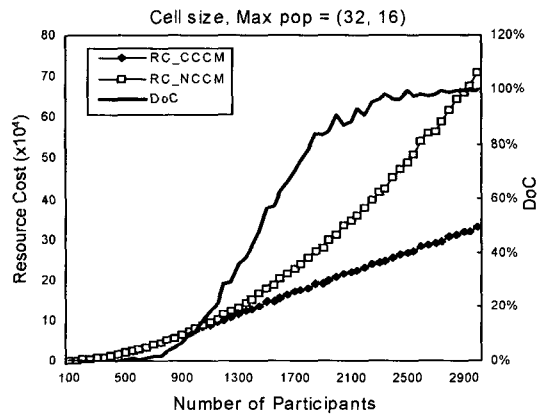
표 2는 실험에서 측정된 총 자원비용의 평균 감소율을 나타낸 것이다. 셀 크기가 8이고 혼잡도가 75%인 실험에서 43.7%의 감소율로 가장 좋은 결과를 나타내었다. 이와 달리 셀 크기가 32이고 혼잡도가 10%인 실험에서는 감소율이 3.3%로 큰 영향을 미치지 못하였다. 이 결과는 제안된 혼잡도 조절 기법은 셀의 크기와 혼잡도와 밀접한 관계가 있다는 것을 보여주는 것이다. 전체적인 자원비용 감소율은 혼잡도가 45.7%일때 23.1%였다. 그림 12는 실험 측정데이터에 기초하여 만들어진 그래프이며, 범례에서 RC_CCAM은 제안된 기법을 통해 측정된 평균자원비용이며 RC_NCAM은 혼잡도조절기능이 없는 기존 모델을 통하여 측정된 평균자원비용을 의미한다. DoC는 혼잡도를 뜻한다.

표 2. 총 자원비용의 감소율 측정결과

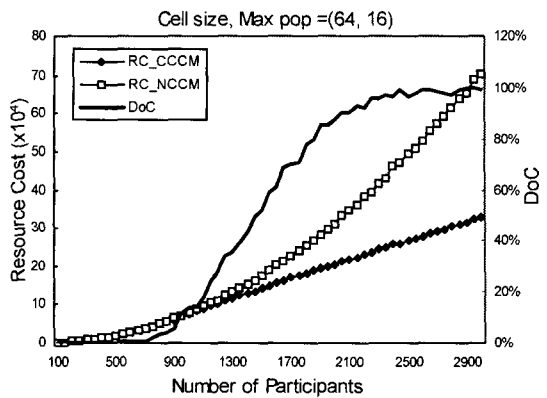
DoC	10%	52%	75%	평균 감소율
Pmax	32 ={(64,2), (128,8)}	16 ={(32,2), (64,4), (128,8)}	8 ={(16,2), (32,4), (64,8), (128,16)}	
#of participant				
100	0%	0%	0%	0%
500	0%	0%	8%	2.6%
1000	0%	5%	37%	14%
1500	0%	19%	55%	24.7%
2000	2%	33%	64%	33.0%
2500	7%	45%	69%	40.3%
3000	14%	54%	73%	47%
평균감소율	3.3%	22.3%	43.7%	23.1%



(a) 셀크기 = 16, P_{max} = 8



(b) 셀크기 = 32, P_{max} = 16



(c) 셀크기 = 64, P_{max} = 16

그림 12. 총 자원비용의 측정결과

5. 결 론

제안된 혼잡도 조절 모델은 DVE에서 충분히 일어날

수 있는 혼잡상황으로부터 다수의 참여자 간 공동작업을 안정적으로 유지할 수 있는 기능을 제공해준다. 제안된 모델은 동시에 대규모의 참여자를 수용하는 3차원 가상커뮤니티나 다중사용자 네트워크 게임에서 효과적으로 활용될 수 있다. AOI의 혼잡 조절모델은 혼잡회피와 확장성이라는 목적으로 달성하기 위하여 상호작용성을 부분적으로 제한하는 방법을 사용하기 때문에 군사훈련용 시뮬레이션 시스템과 같이 일관성 유지에 민감한 응용시스템에는 적용이 부적절할 수 있다. 본 모델의 적용시 발생할 수 있는 현상으로 인접한 두 참여자에 대하여 셀 혼잡도의 차이로 인하여 상이한 상호작용성을 경험할 수 있다는 점이다. 향후 연구에서 이와 같은 셀 경계 주변에서 발생할 수 있는 부자연스러움의 개선에 대한 연구가 필요하다고 할 수 있다.

참고 문헌

[1] H. Abrams, K. Watsen, and M. Zyda, Three-Tiered Interest Management for Large-Scale Virtual Environment, *Proceedings of Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, pp. 125-129, Taipei, Taiwan, 1998.

[2] Activeworlds, <http://www.activeworlds.com>.

[3] 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.

[4] S. Benford, and L. E. Fahen, A Spatial Model of Interaction in Virtual Environments, *Proceedings of European Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pp. 109-124, Milano, Italy, Kluwer Academic Publishers, 1993.

[5] S. Benford, C. Greenhalgh, and D. Lloyd, Crowded Collaborative Virtual Environments, *Proceedings of ACM Computer-Human Interaction*, 1997.

[6] Blaxxun, A White Paper - Scalability in the Blaxxun Interactive Community Server, http://vrml.ch/vrml97_awl/tools/blaxxun/server/scale.html, 1997.

[7] Cafa9, <http://www.cafe9.com>.

[8] E. Churchill, S. Bly, Virtual environments at work:ongoing use of MUDs in the workplace *Proceedings of the International Joint Conference on Work Activities Coordination and Collaboration*, San Francisco, California, US, pp. 99-108, 1999.

[9] High Level Architecture (HLA), <http://www.dmsomil/public/resources>.

[10] Institute of Electrical and Electronics Engineers, International Standard, ANSI/IEEE Standard 1278-1993, Standard for Information Technology, Protocols for Distributed Interactive Simulation, March 1993.

[11] Lineage, <http://www.lineage.com>.

[12] J. Lui, M. Chan, O. So, and T. Tam, Balancing Workload and Communication Cost for a Distributed Virtual Environment, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1508, pp. 130-135, Springer, 1998.

[13] M. Macedonia, D. Pratt, M. Zyda, NPSNET: A Network Software Architecture for Large Scale Virtual Environments, *Presence*, Vol. 3, No. 4, Fall, pp. 265-287, 1994.

[14] D. Thalmann, S. Musse, and M. Kalmann, "Virtual Humans' Behaviors: Individuals, Groups, and Crowds", *International Conference on Digital Media Futures*, British Computer Society, Bradford, UK, 13-15 April, 1999.

[15] S. J. Yu, and Y. C. Choy, A dynamic message filtering technique for 3D cyberspaces, *Computer Communications*, Vol. 24, pp. 1745-1758, 2001.



유 석 중

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

Ottawa, Postdoctoral fellow
 2003년 1월~현재 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학과 전임강사
 관심분야 : 가상현실, 멀티미디어 콘텐츠, 네트워크 게임