

셀분할 모델에 기반한 가상공간 다중참여자 관리기법

유석종

국립한밭대학교

Cell-based Participant Management Model in Distributed Virtual Environment

Seokjong Yu

Hanbat National University

E-mail : yusjong@hanbat.ac.kr

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. 실제로 AOI의 혼잡성은 네트워크 대역폭 또는 렌더링시간 등 시스템 자원을 고갈시키고 참여자간 정상적인 상호작용의 수행을 어렵게 하여 시스템의 확장성과 밀접한 관련이 있는 현상임을 수행환경에서 확인할 수 있다. 본 연구에서는 AOI의 혼잡성을 확장가능한 DVE에서 해결되어야 할 문제점으로 정의하고 이에 대한 효과적인 제어메커니즘으로 혼잡도 측정 및 조절 모델을 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 자원비용모델을 정의하여 기존 모델과의 비교 실험을 수행하였다.

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.

키워드

분산가상환경, DVE, 확장성, 관심영역, AOI, 혼잡도, 아바타, 자원비용모델

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 분산가상

환경(distributed virtual environment: DVE)은 가상현실(virtual reality) 기술을 사용하여 실세계에서 작업환경과 유사한 직관적인 인터페이스와 생생한 피드백을 제공하여 준다[5]. 2차원 기반 사이버스페이스와는 달리 DVE는 3차원 형태의 아바타를 사용하며 제스처 애니메이션(gesture-based animation)에 의한 행동이나 감정의 표현이 가능하다[14]. DVE의 또다른 장점은 원격교육·훈련, 시

플레이션, 엔터테인먼트 등 다양한 응용분야에 활용이 가능하다는 점이다. 군사훈련 시뮬레이션을 위하여 개발된 HLA[9], DIS[10]가 있으며 엔터테인먼트를 목적으로 하는 사회형 DVE시스템[2, 6, 7]들이 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]. 전송 지연을 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 전체환경을 공간적으로 분할하는데 초점을 맞추었으나, 실질적으로 네트워크 트래픽은 AOI 내의 참여자의 수와 관련이 있다. AOI는 여러 참여자들이 함께 공유하는 지역으로 참여자 밀집도는 발생하는 네트워크 트래픽과 비례하며 전체참여자의 수와 관계없이 시스템을 과부하상태로 만들 수 있다. 따라서 DVE 시스템의 확장성은 전체 참여자의 수에 대한 연구뿐만 아니라 AOI를 중심으로 하는 지역적인 혼잡정도 동시에 고려하여야 한다. 본 연구에서는 지역적 혼잡함을 방지하고 참여자간 안정적인 공동작업 수행을 유지하는 것을 목표로 하는 AOI 혼잡성 회피 기법에 관한 연구를 수행하고자 한다.

2. 분산가상환경

DVE는 수백 또는 수천이상의 분산된 참여자들 간의 통신(communication), 공동설계(collaborative design), 게임(game)과같은 공동작업을 가능하게 해주는 3차원 사이버스페이스[10]를 의미하며, 가상 커뮤니티[7], 대규모 온라인 게임(massive multi-player online game: MMPOG), 가상 컨퍼런스(virtual conference)와 같은 다양한 응용분야에 활용될 수 있다. 상용화되거나 개발된 상용화된 3차원 가상커뮤니티와 온라인 게임으로는 액티브월드(activeworlds)[2], 블랙선(blaxxun)[6], 리니지(lineage)[11] 등이 있다.

2.1 DVE의 확장성

DVE의 확장성(scalability)은 참여자의 수와 가상공간의 크기에 독립적으로 성능 저하가 일어나지 않는 성질(characteristic)을 말하며 확장성을 향상시키기 위한 관련연구로는 NPSNET의 Hexagon

cell[10, 13], MASSIVE의 Aura[4], SPLINE의 Locale[3], 동적 메시지필터링 기법[1, 15]이 있다. Hexagon cell 모델은 전체환경을 육각형의 일정한 셀로 분할하고 참여자가 존재하는 셀과 주변의 셀들을 AOI로 정의한 모델로 셀 내부에 들어올 수 있는 객체의 수에 대한 제한은 없다. MASSIVE의 Aura는 참여자 주변의 일정 원형영역을 AOI로 설정하여 참여자의 이동에 따라 AOI도 함께 이동하는 사용자 중심형 모델(user-centered model)이다. Aura는 AOI의 크기 조절기능을 제공하는 유일한 모델로 참여자 수가 많아질 경우 Aura의 반경(radius)을 줄여 참여자의 수를 강제적으로 조절하였다.

2.2 AOI의 혼잡도

기존의 연구에서는 분산환경의 확장성을 높이기 위하여 AOI의 크기나 형태에 대한 문제를 주로 다루어왔으며, AOI 내에 존재할 수 있는 아바타의 수를 조절하는 메카니즘은 제공하지 않기 때문에 AOI의 활용 효과가 저하된다고 할 수 있다. 전체 참여자의 분포가 그림 1과 같은 두 시스템 A와 B가 있다고 가정하자. 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.

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 1. AOI내의 밀집도 비교

즉, 셀 내부로 공유범위를 제한하는 경우에도 두 개의 셀에서 밀집도가 높았던 시스템 B의 경우가 A보다 3.6배의 메시지를 더 전송해주어야 한다. 이것은 전체 참여자의 수보다는 AOI 내에서의 참여자의 수가 시스템의 자원 소비에 더 많은 영향을 미친다는 것을 말해주고 있다.

3. 셀 기반 혼잡도 조절모델

제한된 셀 기반 혼잡도 조절모델(cell-based crowdedness control model)의 기능은 첫째, DVE를

적절한 크기의 셀로 분할한다. 둘째, 분할된 셀 단위로 혼잡도를 측정한다. 셋째, 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 normal(N), warning(W), locking(L)의 세 단계의 혼잡도 상태를 갖는다. normal은 75% 이하의 혼잡도 상태를 말하며 참여자는 정상적으로 환경정보를 공유할 수 있다(GA). 혼잡도 80 ~ 100%는 warning level로 갑자기 상호작용이 제한되는 것을 방지하기 위한 완충단계이다(GB). 셀의 최대수용치를 넘게 되면 셀의 혼잡도는 locking level이 되고 이 레벨 이후에 도착하는 참여자(GC)는 정상치의 10%의 충실도로 상호작용 서비스를 제공 받게 된다. 즉, 정상단계에서 10 fps로 메시지를 전송받던 locking level에서는 1 fps로 상태갱신 메시지를 수신하게 된다.

3.1 다중 상호작용

다중 상호작용(multi-level interaction)의 기본 원리는 환경의 혼잡정도를 고려하여 제공할 서비스를 차등화하는 것으로 시스템 자원비용의 절약뿐만 아니라 참여자의 분산에 효과가 있다. 즉, 참여자들은 응답속도가 떨어지는 혼잡공간에 오래 머물려고 하지 않을 것이다. AOI 내의 참여자는 셀 도착순서에 따라서 GA, GB, GC로 분류되며 C→B→A 방향으로 멤버의 이동이 가능하다. 즉 GA내의 한 멤버가 다른 셀로 이동한다면 GB에서 가장 오래 그 셀에 있었던 멤버가 GA로 편입되고 GC의 최고 멤버가 GB로 들어가게 된다. 멤버이동의 우선순위는 체류시간이 긴 멤버에게 먼저 주어진다. 셀 내부 상호작용(intra-cell interaction)은 셀 i에 속하는 GA, GB, GC간에 발생하는 상호작용을 말한다. GA가 상호작용에서 가장 높은 우선순위를 가지며, 그룹 간 상호작용의 수준은 우선순위가 낮은 그룹에 맞추어진다. 셀 외부 상호작용(inter-cell interaction)은 두 셀 중 혼잡도가 높은 셀에 맞추어 결정된다.

3.2 자원 비용모델

AOI가 혼잡한지 아닌지를 판단하기 위한 측정 요소로는 참여자의 수, 메시지 트래픽, 아바타의 활동성, AOI의 충돌횟수(collision times) 등이 있다. 이와같은 요소의 값이 증가하게 되면 메시지의 전달이 지연되고 응답성이 떨어져서 원활한 상호작용이 어려워지게 된다. 본 연구는 참여자의 수를 주된 혼잡 측정요소로 사용하였다. 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 2와 같이 GA, GB, GC 간의 상호작용에 의하여 발생된다.

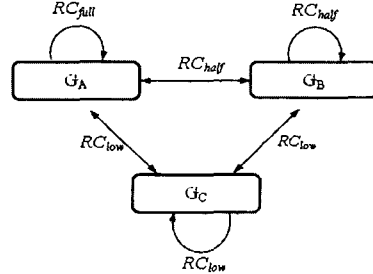


그림 2. 셀 내부 상호작용에 대한 자원비용모델

GA의 자원비용을 다음과 같이 계산된다. GA, GB, GC의 멤버의 수를 각각 a, b, c라고 가정하자. GA 중 두 참여자를 뽑는 경우의 수가

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

이고,

GA에서 최고 수준의 서비스가 제공된다면 GA의 자원비용은

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

이다. 양방향 상호작용이 가능하므로 비용값을 2배로 해준다.

마찬가지 방법으로 GB, GC의 자원비용은

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

GA와 GB 간의 자원비용은

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

으로 계산된다.

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 3과 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.

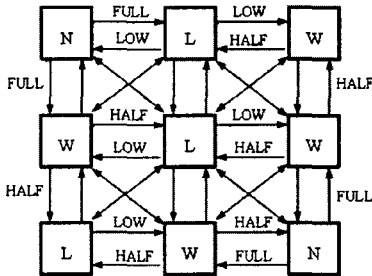
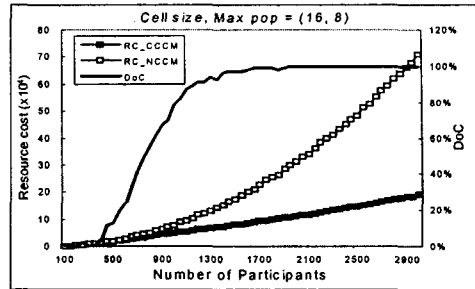


그림 3. 셀 외부 상호작용에 대한 자원비용모델

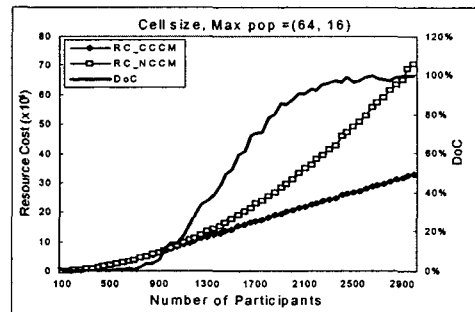
4. 실험 및 성능평가

제안된 모델의 성능평가를 위하여 혼잡조절 기능이 없는 모델과 비교실험을 하였다. 실험을 위한 DVE는 고유한 번호가 붙여진 셀들로 분할된다. 성능비교는 자원비용을 측정하여 이루어진다. 셀의 내부 그룹 G_A, G_B, G_C 에 할당된 자원비용의 비율은 $r : r/2 : r/10$ 이다. 전체 자원비용은 셀 내부비용과 셀 외부비용의 합으로 구한다. DVE는 실험 아바타 인구는 100 ~ 3000명까지 10명씩 증가시키면서 임의로 발생하였으며, 셀 당 최대 아바타 수는 {8, 16, 32, 64}명으로 하였다.

그림 4의 그래프는 실험에서 측정된 데이터를 보여주며, 범례에서 RC_CCAM, RC_NCCM, DoC는 각각 제안된 모델의 평균자원비용, 기존 모델의 평균자원비용, 혼잡도를 의미한다. 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 혼잡조절 기법은 셀의 크기와 혼잡도와 밀접한 관계가 있다는 것을 보여주는 것이다. 제안된 모델의 적용결과 평균 자원비용 감소율은 혼잡도 45.7%일때 23.1% 이었다.



(a) 셀크기 = 16, Pmax = 8



(b) 셀크기 = 64, Pmax = 16
그림 4. 총 자원비용의 측정결과

5. 결론

제안된 혼잡조절 모델은 DVE에서 충분히 일어날 수 있는 혼잡상황으로부터 다수의 참여자 간 공동작업을 안정적으로 유지할 수 있는 기능을 제공해주며, 대규모의 참여자를 수용하는 3차원 가상커뮤니티나 다중사용자 네트워크 게임에서 효과적으로 활용될 수 있다. 그러나 혼잡성회피와 확장성이라는 목적으로 달성하기 위하여 상호작용성을 부분적으로 제한하는 방법을 사용하기 때문에 군사훈련용 시뮬레이션 시스템과 같이 일관성 유지에 민감한 응용시스템에는 적용이 부적절할 수 있다.

참고 문헌

- [1] H. Abrams, K. Watson, 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. Fahren, "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] Cafe9, <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.