

논문 2010-6-37

# P2P MMOG<sub>s</sub>에 대한 동적 AOI 관리기법

## Dynamic AOI Management for P2P MMOG<sub>s</sub>

임채균\*, 노경택\*\*

Chae-Gyun Lim, Kyung-Taeg Rho

요 약 MMOG는 네트워크 가상 환경의 다양한 응용 중 하나이며, 수백 명 이상의 사용자들이 동시에 가상 세계에서 상호작용한다. P2P MMOG에서 대역폭 소비를 줄이기 위하여 VON 기법이 제안되었으며, Message Forwarding을 이용하여 성능을 개선한 Vorocast 기법도 있다. 본 논문에서는 Forwarding 모델 상에서 메시지를 발생하는 노드가 더 많은 이웃 노드들에게 위치 갱신 (Position Update) 메시지를 전달하는 방법으로써 적은 일관성이나 높은 지연성과 같은 문제를 개선한 동적 관심영역 (AOI : Area Of Interest) 관리기법을 제안한다. 제안 기법은 Direct-Connection 모델과 Vorocast 모델을 결합함으로써 기존의 기법과 비교해서 보다 높은 일관성을 제공하고 지연성을 감소시킨다. 시뮬레이션을 통하여 제안 기법의 성능을 보였다.

**Abstract** Massively Multiplayer Online Game (MMOG) is one of diverse applications where more than hundreds of users enjoy experiencing virtual worlds. Voronoi-based Overlay Network (VON) is proposed to reduce a bandwidth consumption in P2P MMOG<sub>s</sub> and Vorocast also is made using message forwarding in VON. We propose a dynamic area of interest (AOI) management method that solves problems such as less consistency and high latency due to sending position updates to more neighbor nodes from the message originator in forwarding scheme. Our scheme provides the higher consistency and reduces latency by combining direct connection scheme and Vorocast scheme compared to existing schemes. The proposed model is evaluated through simulations.

**Key Words** : P2P, MMOG, VON, Forwarding, Vorocast, Direct-Connection

### I. 서론

네트워크 가상 환경 (NVEs : Networked Virtual Environments)은 지리적으로 분산된 시스템에서 네트워크 연결을 이용하여 동일 가상 세계로 동시에 다수의 사용자가 접속 가능한 환경이다<sup>[1]</sup>. NVEs에는 교육, 훈련, 회의, 게임 등의 다양한 응용이 존재한다<sup>[2]</sup>. MMOG<sub>s</sub> (Massively Multiplayer Online Games)는 동일한 가상 세계에 수백에서 수천 명 이상의 사용자들이 동시 접속

하고 상호작용이 가능한 NVE의 일종이다<sup>[3]</sup>. 이러한 MMOG에서는 다수의 사용자간 네트워크 연결로부터 대규모 상호작용이 자주 발생한다. 대부분의 MMOG는 관심영역 (AOI : Area Of Interest)을 적용하여 상호작용에서 발생하는 부하를 감소시킨다<sup>[4]</sup>. AOI는 제한된 가시영역으로써, 각 사용자가 정보를 제공받을 필요가 있는 범위를 결정한다. 이는 효과적인 메시지 필터링을 가능하게 하며, 불필요한 네트워크 트래픽 발생을 감소시킨다.

P2P (Peer-to-Peer) 환경에서 네트워크 대역폭 소비를 효과적으로 줄일 수 있는 방안으로 VON (Voronoi-based Overlay Network)가 제안되었다<sup>[5]</sup>. VON은 사용자 노드를 각각의 점으로 취급하여 Voronoi

\*준회원, 을지대학교 의료산업학부

\*\*정회원, 을지대학교 의료산업학부 (교신저자)

접수일자 2010.9.29 수정일자 2010.11.10

게재확정일자 2010.12.15

Diagram을 구성한다. Direct-Connection 방식은 VON에서 가장 기본적인 모델이며, AOI 내부의 모든 사용자에게 직접적으로 네트워크 연결을 한다. 그래서 높은 수준의 일관성을 보장하지만 대역폭 소비가 크다. 반면에 VON-Forwarding 방식은 인접 사용자만 네트워크 연결을 유지한다. Direct-Connection 방식에 비해서 적은 대역폭을 소비하지만, 동일한 메시지가 중복되는 문제를 지닌다. 이 문제는 스페닝 트리를 사용하여 메시지 전달 경로를 설정하도록 제안된 Vorocast 기법에서 해결되었다. 하지만 Vorocast는 인접 이웃에게만 직접 연결하여 메시지를 전달하므로, 실제 거리상 가까운 사용자라도 지연이 발생한다.

따라서 본 논문에서는 AOI 내에서 중앙 부분의 주요 영역의 사용자는 모두 Direct-Connection 방식, 나머지 사용자에게는 Forwarding 방식을 적용하는 동적 부하 균등화 기법을 제안한다. 또한 실제 네트워크의 환경요인을 반영한 시뮬레이션을 통하여 제안 기법의 성능을 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존에 연구가 진행되었던 Direct-Connection, VON-Forwarding, Vorocast에 대하여 설명하며, 3장에서는 본 논문에서 제안한 기법을 기술하고, 4장에서 성능평가를 수행하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

MMOG에서 각 사용자는 가상의 자신을 표현하는 아바타 (Avatar)를 매개체로 다른 사용자와 메시지 교환을 통한 교류가 가능하다. 하나의 가상 세계에 대규모의 사용자가 집중되어 다량의 부하가 발생하는 MMOGs는 확장성 (Scalability) 보장이 가능한 P2P (Peer-to-Peer) 구조를 적용한다.

### 1. Direct-Connection

VON에서 Direct-Connection 방식은 AOI 내부에 존재하는 사용자인 AOI Neighbors (ANs)에 대하여 직접적으로 네트워크 연결을 유지한다<sup>[5]</sup>. 이 방식을 적용하면 AOI에서 발생하는 모든 상호작용에 대하여 메시지 교환을 수행한다. 따라서 AOI 영역에서 높은 일관성 (Consistency)과 낮은 지연성 (Latency)를 보장하지만,

다수의 네트워크 연결을 유지하기 위하여 대역폭 소비량 (Bandwidth Consumption)이 크다.

그림 1은 Direct-Connection의 개념을 나타낸다. 중앙의 원형 노드는 현재 사용자, 삼각형 노드는 AN, 사각형 노드는 나머지 사용자를 표시한다. 현재 사용자는 모든 AN에게 직접적인 네트워크 연결을 유지하고 있다.

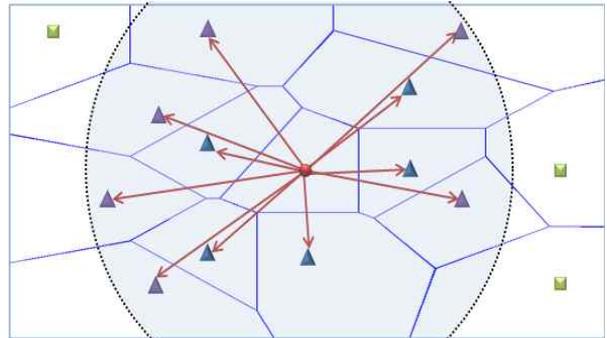


그림 1. Direct-Connection 모델  
Fig 1. Direct-Connection Model

### 2. VON-Forwarding

Forwarding 방식은 Direct-Connection 방식에서 대역폭 소비가 크다는 문제를 개선하였다<sup>[6]</sup>.

그림 2는 Forwarding 방식의 기본적인 개념을 나타내며, 중앙의 성형 노드는 현재 사용자, 삼각형 노드는 Enclosing Neighbors (ENs), 원형 노드는 Boundary Neighbors (BNs), 사각형 노드는 나머지 사용자를 표기한다.

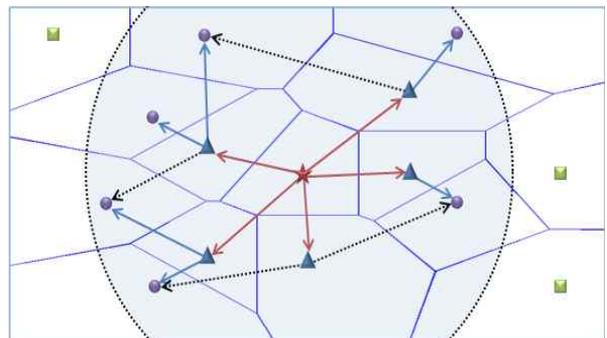


그림 2. VON-Forwarding 모델  
Fig 2. VON-Forwarding Model

VON-Forwarding은 Voronoi diagram을 기반으로 인접한 사용자 노드인 EN만 직접 네트워크로 연결한다. 각 노드가 인접한 다른 노드에게 메시지를 반복적으로 릴레

이하에 전달함으로써 실제 목적지와 메시지를 교환하게 된다.

Forwarding에서는 네트워크 연결의 수가 EN 수와 동일하므로, Direct-Connection보다 상대적으로 적은 대역폭을 소비한다. 또한 다수의 메시지를 집합(Aggregation) 및 압축(Compression)하여 하나의 메시지로 전달 가능하여 효율적인 대역폭 이용을 보인다. 그러나 전달 과정에서 이웃 노드로부터 동일 메시지를 중복적(Redundant)으로 수신하는 문제가 발생한다.

### 3. Vorocast

Vorocast는 Forwarding 방식에 스페닝 트리를 적용하여 확장한 기법이다<sup>[7]</sup>. 기본적으로 Forwarding 방식처럼 EN에게 메시지전달을 통하여 최종 목적지까지 메시지 교환을 수행한다. 이 때, Vorocast는 메시지의 전달 경로를 사전에 스페닝 트리로 구성하여 중복 경로를 배제하고, 메시지 전달의 중복성 문제를 개선하였다.

그러나 각 사용자에 대한 거리를 고려하지 않고 인접 이웃만 초점을 두고 있으므로, 실제로 가까운 거리에 있는 사용자에게도 지연이 발생할 가능성이 존재한다. 대개 사용자는 EN이 아니더라도 가까운 다른 사용자에게 높은 관심도를 보인다.

제안 기법은 인접한 주요 영역에 존재하는 사용자와는 Direct-Connection으로 연결하므로 충분한 일관성을 보장한다. 또한 나머지 영역은 중복성이 배제된 Forwarding 으로 메시지를 전달하여 순수한 Direct-Connection 보다 적은 대역폭을 소비한다.

## III. 제안 기법

기존 Direct Connection 방식은 AOI 내부의 모든 이웃과 연결하므로 대역폭 소모량이 크다. 한편 Forwarding 이나 중복전달 문제를 보완한 Vorocast 기법의 경우에는 EN만 네트워크로 연결하게 된다. 그러면 Voronoi diagram에 의해 EN이 아니면 거리상 가까운 노드라도 연결되지 않으므로, 부가적인 지연 발생이 불가피한 문제를 보였다. 실제 응용에서는 보다 높은 관심도를 가지는 대상이 대개 거리상 인접한 사용자라는 사실을 고려해야 한다.

본 논문에서는 P2P 기반 NVE에서 AOI 내 주요 영역

의 사용자들은 Direct- Connection 방식으로 연결하고, AOI에서 나머지 영역의 사용자들은 Forwarding 방식으로 연결하는 동적 부하 균등화 기법을 제안하였다. 그림 3에서는 제안 기법이 노드들을 연결하는 방식을 도식화하였다. 중앙의 원형 노드가 현재 사용자, 삼각형 노드는 EN, 나머지 사각형 노드는 다른 사용자들을 나타내며, 사용자를 중심으로 큰 원형은 AOI, 중간 크기의 원형은 AOI 중에서 주요한 영역의 범위, 점선 화살표는 Direct-Connection 방식, 실선 화살표는 Forwarding 방식을 나타낸다.

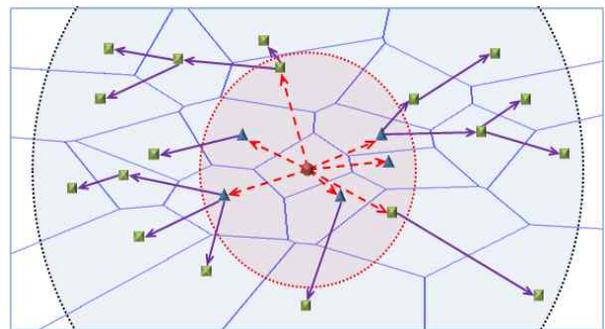


그림 3. 제안 기법의 기본 개념  
Fig. 3. Basic Concept for Proposed Model

사용자는 AOI 내의 주요 영역에 포함된 사용자 노드에 대해서는 EN 뿐만 아니라, 다른 노드까지도 모두 Direct로 연결하고 있다. AOI 영역을 벗어난 나머지 사용자 노드에게는 Forwarding 방식을 사용한다. Forwarding 방식의 패킷 전달 시, 각 노드가 자신의 EN에게 메시지 전달을 한다면 중복 전달이 발생하므로 사전에 스페닝 트리를 구성하여 경로를 설정한다.

그림 4에서는 제안 기법에 대한 전반적인 알고리즘을 나타낸다. 모든 노드에 대해서, 각각의 노드를 루트 노드로 하는 AOI를 그린다. AOI의 크기는 상수 AOL\_RADIUS에 의존된다. 그리고, 현재 루트 노드의 Voronoi diagram를 생성하며, AN, EN, BN를 할당한 후에, 루트 노드에 대한 초기 spanning tree를 생성한다.

다음으로 루트 노드와 새로운 인접노드 간의 연결을 추가하는 ConnectNew()를 수행한다. 이 함수는 bandwidth가 허용하는 범위에서 루트 노드의 extended child list를 확장시키고, direct 연결의 수를 증가시킨다.

```

//AOI_RADIUS is radius of circular area for AOI communicating other
users.

for each root ∈ All of nodes do
  Create AOI of node root with AOI_RADIUS;
  Create Voronoi diagram in AOI;
  Construct spanning tree for other user nodes in AOI;

  // Connect new node near to it directly.
  ConnectNew(root);
end for;
    
```

그림 4. 제안 알고리즘  
Fig. 4. Proposed Algorithm

그림 5는 ConnectNew() 함수에 대해서 보다 상세히 나타내고 있다. 루트 노드는 먼저 자신과 가장 근접한 노드를 선택하고 직접적으로 연결한다. 그리고 루트 노드는 네트워크 연결에 소모된 현재 대역폭 소모량, 아직도 최대 대역폭 허용량보다 작은 값인지 확인하기 위해 계산한다. 그 후에는 언급한 방법과 동일하게 새로 연결할 노드를 반복적으로 검색하게 된다.

```

ConnectNew(Node root) {
  if (threshold > current_Bandwidth) then
    Node root searches and connects new node
    near to it directly;
  ConnectNew(); }
    
```

그림 5. 인접노드 연결 알고리즘  
Fig. 5. Algorithm for connecting near node

마지막으로, Vorocast에서 적용된 방법과 같이 루트 노드의 나머지 이웃에게 메시지를 전달한다.

#### IV. 성능 평가

본 논문은 제안 기법과 기존의 Direct- Connection, Vorocast에 대한 대역폭 사용량과 일관성 유지 비율을 비교하였다.

표 1. 실험 환경

Table 1. Experimental Environments

<b>World dimension</b>	1000 x 1000
<b>Simulation steps</b>	1000
<b>AOI-radius</b>	200
<b>Number of users</b>	100 to 1000, with an increment of 100

실험에서 AOI 반경은 200 픽셀로 유지하며, 사용자 수는 100~1000명의 범위에서 100명 단위로 증가시키며 진행하였다. 그림 6은 각 사용자를 기준으로 측정된 대역폭 사용량의 평균을 KBytes/sec 단위로 나타내었으며, 그림 7은 실제 사용자 위치와 관측된 사용자 위치가 다른 경우에 대한 일관성 유지 비율을 보였다.

실험 결과를 통하여 제안 기법의 대역폭 사용량은 사용자 수가 100명일 때 5.64, 500명일 때 31.10, 100명일 때 53.08이며 평균적으로 약 31.14를 보였다. 이는 Direct-Connection 방식보다 약 45% 감소한 효과를 의미한다. 또한 일관성 측면에서 Direct-Connection은 항상 100%, Vorocast는 평균 98.1%인데 비하여, 제안 기법은 평균 99.2%를 나타낸다. 제안 기법은 Vorocast보다 높은 일관성을 보장하면서도 Direct-Connection보다 효과적으로 대역폭 사용량을 감소시켰다.

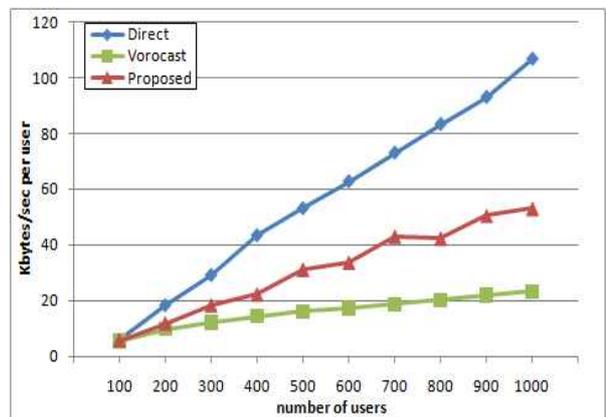


그림 6. 대역폭 사용량  
Fig 6. Bandwidth Consumption

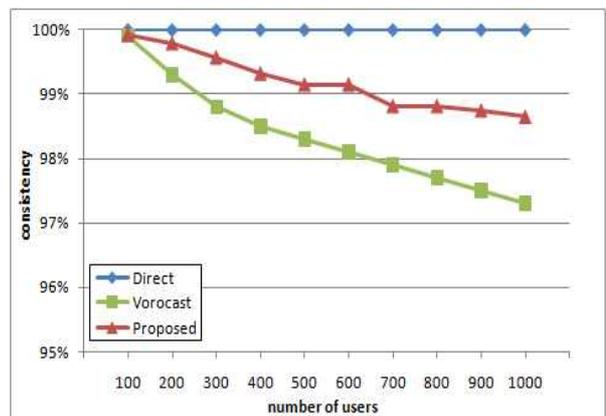


그림 7. 노드 간의 일관성 유지 비율  
Fig 7. Neighborship Consistency

제안 기법은 최대 대역폭 허용량과 현재 대역폭 사용량에 따라서 동적으로 주요 영역의 반지름을 조절해주므로, 각 사용자의 대역폭 활용도를 최대화할 수 있다.

## V. 결론

MMOG에서 대규모 사용자로부터 발생하는 부하를 조절하기 위해 VON, Vorocast 기법이 제안되었다. 그러나 EN에만 직접 연결을 유지하므로, 실제 거리상 가까운 사용자라도 지연이 발생하는 문제가 있다.

따라서 본 논문에서는 Direct-Connection과 Forwarding을 결합하는 동적 AOI 관리기법을 제안하였다. 제안 기법에서는 사용자가 자신의 EN뿐만 아니라, 대역폭이 허용하는 범위내에서 가까운 노드들을 추가적으로 직접 연결을 수행한다. 나머지 영역은 메시지 중복 전달이 없는 Forwarding 기법을 적용하여 목적지까지 메시지를 보낸다. 제안 기법은 두 가지 방식을 복합적으로 사용하여 거리상 가까운 사용자의 높은 일관성을 보장하면서도 부하를 효과적으로 분산 가능하다.

또한 성능 평가를 통하여 제안 기법이 기존 기법에 비해 대역폭 사용량 대비 일관성 유지 비율이 효율적임을 보였다. 향후에는 실제 시스템에 적용하여 그 성능을 확인하고, 보다 효율적인 부하분산 기법을 연구할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] Bouras Ch., Giannaka E., Panagopoulos A., Tsiatsos Th., "Distribution and Partitioning Techniques for NVEs: the case of EVE", in proc. of Challenges of Large Applications in Distributed Environments, Paris, France, 19 June 2006.
- [2] Joslin C., Pandzic I.S. Thalmann N.M., "Trends in Networked Collaborative Virtual Environments", Computer Communication Journal, vol. 26, no. 5, pp. 430-437, 2003.
- [3] A. E. Rhalibi and M. Merabti, "Agents-based Modeling for a Peer-to-Peer MMOG Architecture," ACM CIE, vol. 3, no. 2, pp. 1-19, April 2005.
- [4] D. T. Ahmed, S. Shirmohammadi, "A Dynamic Area of Interest Management and Collaboration Model for P2P MMOGs", in IEEE International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications, 2008.
- [5] Shun-Yun Hu, Guan-Ming Liao, "Scalable Peer-to-Peer Networked Virtual Environment", ACM, SIGCOMM, pp. 129-133, 2004.
- [6] Jui-Fa Chen, et al., "A Forwarding Model for Voronoi-based Overlay Network", 2007.
- [7] Jehn-Ruey Jiang, Yu-Li Huang, Shun-Yun Hu, "Scalable AOI-cast for Peer-to-Peer Networked Virtual Environments", 2008.

## 저자 소개

### 임 채 균(준회원)



• 2007년~현재 을지대학교 의료산업학부 의료전산학전공 학생  
 <주관심분야 : u-Healthcare, 유비쿼터스, 무선 네트워크 >

### 노 경 택(정회원)



• 2009년 고려대학교 컴퓨터학과 이학 박사  
 • 1993~현재 을지대학교 의료산업학부 의료전산학전공 교수  
 <주관심분야 : 모바일 게임, 온라인 게임 서버, 모바일 통신, 모바일 IP>