

논문 2009-6-11

## VON을 기반으로 확장된 Vorocast 기법

### An Extended Vorocast Mechanism based on VON

임채균\*, 강정진\*\*, 노경택\*\*\*

Chae-Gyun Lim, Jeong-Jin Kang, Kyung-Taeg Rho

요 약 네트워크 가상 환경 (NVE : Networked Virtual Environments)은 사용자간의 네트워크 연결을 기반으로 메시지 교환을 통하여 상호작용이 가능한 가상 세계이다. 다수의 사용자간 상호작용으로부터 발생하는 부하를 줄이기 위해 관심영역 (AOI : Area Of Interest)이라고 부르는 제한된 가시영역을 이용한다. P2P 환경에서 네트워크 대역폭 소비를 줄이는 효과적인 방안으로 VON-Forwarding 모델이 제안되었으며, 동일 메시지의 중복전달 문제를 해결한 Vorocast와 Fibocast 기법이 있다. 본 논문에서는 Fibocast가 Fibonacci Sequence를 적용하여 사용자간의 거리를 고려한 기법이지만 소규모 영역만의 일관성을 고려하는 문제점을 개선하여 Extended Vorocast 기법을 제안한다. 제안 기법은 등비수열  $2^x$ 을 적용하여 더 넓은 영역에 대한 일관성 유지가 가능하다. 또한 시뮬레이션을 통하여 제안 기법의 성능이 기존 기법보다 더 향상됨을 보였다.

**Abstract** Network Virtual Environments (NVEs) is a virtual world where users exchanges messages via network connection. A limited visibility sphere called area of interest (AOI) is used to reduce the load created by the interactions between users. VON-Forwarding model is proposed as an effective methods to reduce network bandwidth in P2P network environment. Vorocast and Fibocast originated from Von-forwarding resolves the problems to receive the same messages repeatly. In this paper, We proposed an Extended Volocast scheme to improve the problem not to get consistency except a limited area near to the center of AOI. The proposed scheme maintains the consistency about the broad area into AOI by adjusting geometrical series  $2^x$ . We perform simulation experiments to show that the proposed scheme provide better performance compared to the other schemes.

**Key Words** : Network Virtual Environment, NVE, AOI, VON-Forwarding, P2P

#### I. 서론

지리적으로 분산된 시스템에서 다수의 사용자가 동일한 가상 세계에 네트워크 연결을 통하여 접속이 가능한 환경이 네트워크 가상 환경 (NVE : Networked Virtual Environments)<sup>[1]</sup>이다. 네트워크 가상 환경에서는 네트워크로 연결된 각각의 사용자간 상호작용이 자주 발생한다.

이에 수반되는 부하를 감소시키기 위해서 일반적으로 관심영역 (AOI : Area Of Interest)<sup>[2]</sup>이 이용된다. AOI는 각 사용자가 정보를 제공받을 필요가 있는 범위이며, 효과적인 메시지 필터링이 가능하다.

P2P (Peer-to-Peer) 환경에서 사용자를 각 점으로 하여 구성된 Voronoi Diagram을 기반으로 하는 VON (Voronoi-based Overlay Network)<sup>[3]</sup>이 네트워크 대역폭 소비를 줄이는 효율적인 방안으로 제안되었다. VON에서 Direct-Connection 모델은 AOI 내부의 모든 다른 사용자에게 네트워크 연결을 가지므로 유지관리 비용이 크

\*준회원, 을지대학교 의료산업학부

\*\*중신회원, 동서울대학 정보통신과

\*\*\*정회원, 을지대학교 의료산업학부 (교신저자)

접수일자 2009.9.28, 수정일자 2009.10.26

다.

반면에 VON-Forwarding 모델<sup>[3]</sup>은 사용자간 연결을 최소한으로 유지하며 인접 사용자에게만 메시지를 전달하므로 효율적이다. 그러나 VON-Forwarding 모델에서는 동일 메시지의 중복전달 문제가 발생하며, 이를 해결하기 위해서 제안된 기법으로는 Vorocast<sup>[4]</sup>와 Fibocast<sup>[4]</sup> 기법이 있다.

본 논문에서는 Vorocast의 비용 문제와 Fibocast가 소규모 영역만의 일관성을 고려하는 부분을 개선한 Extended Vorocast를 제안한다. 제안 기법은 Fibonacci Sequence를 사용하는 대신  $2^x$ 의 수열을 적용하므로 더 넓은 영역에 대한 일관성 유지가 가능하다. 또한 실제 네트워크의 환경요인을 반영한 시뮬레이션을 통하여 제안 기법의 성능을 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존에 진행되었던 관련연구에 대하여 설명하며, 3장에서는 본 논문에서 제안한 Extended Vorocast 기법을 기술하고, 4장에서 성능평가를 수행하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련연구

네트워크 가상 환경에서 사용자는 가상 세계에 접속하여 아바타(Avatar)라고 부르는 가상의 매개체로 다른 사용자와 메시지 교환을 통하여 교류할 수 있다. 다수의 사용자로부터 부하가 발생하는 네트워크 가상 환경에서는 확장성 (Scalability)<sup>[5]</sup>을 지원하기 어려운 Client-Server 구조를 사용하기에 적합하지 않으므로, 확장성을 보장하는 P2P (Peer-to-Peer) 구조를 적용하였다.

### 2.1. VON-Forwarding

VON에서 AOI 영역에 포함되어 있는 다른 사용자인 AOI Neighbor (AN)에 대하여 직접적으로 연결하는 Direct-Connection 모델은 높은 일관성 (Consistency)과 낮은 지연성 (Latency)를 보장한다. 그러나 너무 많은 수의 연결이 존재하기 때문에 유지비용이 크고 대역폭 (Bandwidth)의 소비가 많은 문제를 지니고 있다.

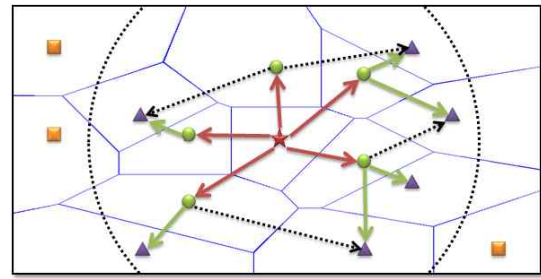


그림 1. VON-Forwarding 모델  
Fig. 1. VON-Forwarding Model

이를 개선한 VON-Forwarding 모델은 그림 1과 같이 인접 사용자에게 메시지를 반복적으로 전달하여 릴레이하는 방식으로 대상에게 도달하도록 한다. 이 모델에서 인접한 사용자는 Enclosing Neighbor (EN)이고, AOI의 경계에 걸친 사용자는 Boundary Neighbor (BN)하고 한다.

VON-Forwarding 모델에서 유지하는 실질적인 연결은 인접한 EN의 수와 동일하므로 Direct-Connection 모델보다 상대적으로 적은 비용을 요구하며, 다수의 메시지를 압축 (Compression)하여 하나의 메시지로 전달이 가능하여 효율적으로 대역폭을 이용한다. 그러나 인접한 이웃으로부터 동일한 메시지를 중복적 (Redundant)으로 수신하게 되는 문제가 발생한다.

### 2.2. Vorocast

기존의 VON-Forwarding에서 동일한 사용자에게 같은 메시지를 전달하는 중복성 문제를 개선하기 위하여 Vorocast 기법이 제안되었다.

VON-Forwarding 기법에서는 루트로부터 인접 이웃으로 메시지를 전달하는 과정에서 중복된 경로가 발생한다. 따라서 Vorocast는 메시지 전달 경로를 Spanning Tree로 구축하여 이러한 문제를 해결하였다. 하지만 각 사용자에 대한 거리를 고려하지 않고 모든 사용자에게 동일한 수준으로 메시지를 전달하므로 일관성 유지비용이 낭비되며 대역폭의 소비량이 크다.

실질적으로 자신과 멀리 떨어진 사용자는 상대적으로 중요도가 낮기 때문에 같은 수준으로 메시지를 보내지 않아도 된다.

### 2.3. Fibocast

Vorocast가 실제 사용자와의 거리를 고려하지 않는다

는 점을 기반으로, 이를 확장한 Fibocast 기법이 있다.

Fibocast는 Vorocast와 동일한 방식으로 Spanning Tree를 통하여 중복적인 경로를 배제하고 있으며, 추가적으로 Fibonacci Sequence를 이용하여 메시지 전달주기를 조절한다. Fibonacci Sequence는 {0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, ∞}의 형태를 가지며, 수열의 전반부 값이 천천히 증가하는 특성을 가지고 있다. Fibocast는 이러한 수열을 이용하여 메시지 전달의 hop 수를 조절하기 때문에 AOI 중심에 가까운 hop 수를 가진 소규모 영역에 대하여 고려하게 된다.

따라서 Fibocast는 AOI 내부에 다수의 사용자가 존재하거나 밀집된 지역에서는 중요도가 높은 사용자임에도 불구하고 충분한 수준의 일관성을 유지하기 어렵다.

제안 기법은 {1, 2, 4, 8, 16, ∞} 형태의  $2^x$  수열을 이용하므로, 전반부에서도 증가량이 크므로 더 넓은 영역에 대한 일관성 유지가 가능하다. 실제 네트워크 가상 환경에 제안된 기법을 적용한 경우 기존 Fibocast보다 메시지 전달량이 다소 증가하더라도 Vorocast보다는 적은 메시지 전달량을 지니면서 충분한 일관성 보장이 가능하게 된다.

### III. 제안 기법

#### 3.1. Extended Vorocast

기존 VON-Forwarding 모델의 중복성 문제를 보완한 Vorocast 기법은 사용자와의 거리를 고려하지 않고 모든 사용자에게 동일한 수준으로 메시지를 전달하므로 높은 수준의 일관성을 보장하지만 대역폭의 소비가 많았다.

한편 Fibocast는 Vorocast를 기반으로 Fibonacci Sequence를 이용하여 사용자와의 거리에 따라 메시지 주기를 고려하도록 확장하였다. 하지만 Fibonacci Sequence는 수열 전반부의 증가가 낮은 특성을 가지므로 일관성이 보장되는 영역이 AOI 중심 부근의 작은 영역이다. 실제 환경에서는 사용자가 다수 밀집되는 경우가 자주 발생하기 때문에 실질적인 적용이 어렵다.

따라서 본 논문에서는 기존의 Vorocast를 Fibonacci Sequence를 사용하는 대신  $2^x$ 의 수열을 이용하는 Extended Vorocast 기법을 제안하였다. 이 때 사용되는  $2^x$ 의 수열은 {1, 2, 4, 8, 16, ...}의 형태를 가지며, 기존의 Fibocast에 비하여 수열 사이의 간격이 크므로 AOI 내부

에서 더 넓은 영역에 대한 일관성을 효과적으로 유지할 수 있다.

예를 들어 사용되는 수열을 {1, 2, 4, 8, 16, ∞}이고, 최대값이 18, 최소한의 일관성을 유지하기 위한 최소값이 2라고 하면, Fibocast와 동일한 방식으로 {3, 4, 6, 10, 18, ∞}의 수열을 통해 메시지 주기를 조절하여 전달하는 과정을 반복한다.

만약 ∞일 경우에는 AOI 내부의 전체 사용자를 대상으로 메시지를 전달하게 된다. 각각의 메시지의 전달 가능한 값이 기존의 기법보다 크기 때문에 더 넓은 영역에 대하여 효율적인 일관성 유지가 가능하다. 아래 그림 2는 제안 기법에 따라서 조절되는 메시지 전달 주기를 나타낸다.

TTL	$2^x$	hop	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	∞
3	1		o	o	o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4	2			o	o	o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6	4				o	o	o	o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10	8					o	o	o	o	o	o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
18	16						o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	x
∞	∞							o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

그림 2. 제안 기법에 따른 메시지 주기

Fig. 2. Message Cycle based on Proposed Model

#### 3.2. 메시지 포워딩 알고리즘

네트워크상에 존재하는  $n$ 명의 전체 사용자 집합을  $U$   $i$ 번째 사용자  $U_i$ 의 인접사용자 집합을  $EN(U_i)$ , 메시지 송신자  $S$ 가 메시지 수신 대상  $D$ 에게 보내는 메시지를  $M_{SD}$ 으로 표기한다. 메시지의 TTL 설정에 이용할  $2^x$  수열은  $x=4$ 인 {1, 2, 4, 8, 16}이며, 최소한의 전송주기  $\alpha=2$ 로, 설정할 TTL의 최대값은  $\Theta=18$ 로 정의하였다.

여기에서 변수  $x$ 는  $2^x$ 수열의 자승을 계산하기 위한 값으로, 각각의 사용자가 현재 보내고 있는 메시지의 주기를 이용한다. 또한 변수  $s$ 는 위에서 구한  $x$ 값을 이용하여 계산한 수열  $2^x$ 의 값을 기억한다. 이렇게 계산된  $s$ 와 최소값  $\alpha$ 를 이용하여 이번에 전송할 메시지의 TTL을 설정한다. 메시지전달 시, 송신자  $S$ 에는 현재 사용자를, 수신자  $D$ 에는 현재 사용자가 전달해야하는 모든 인접 사용자들을 대입하여 전달한다. 이 때, 수신자  $D$ 에는 하나 이상의 인접 사용자를 대상으로 하는 경우도 존재

한다.

이러한 정의를 바탕으로 제안 기법의 알고리즘은 다음과 같다.

```

// 변수 초기화
 $\alpha \leftarrow 2$ ;
 $\Theta \leftarrow 18$ ;
// 전체 사용자에 대해 for 문 수행
for each  $U_c \in U$  then
    // 각 사용자에서 주기 변수 이용
     $x \leftarrow U_c$ 's period count;
    // 주기변수에 따라 수열 계산
     $s \leftarrow 2^x$ ;
    // 사용자 주기 변수를 갱신
    if (  $x + 1 > 5$  ) then
         $x \leftarrow 0$ ;
    else
         $x \leftarrow x + 1$ ;
    end;
     $U_c$ 's period count  $\leftarrow x$ 

// 최소값 더해서 TTL 계산
 $ttk \leftarrow s + \alpha$ ;
// TTL이 최대값을 넘지 않도록 조정
if (  $ttk > \Theta$  ) then
     $ttk \leftarrow \Theta$ ;
end;
// 현재 TTL 적용
SetMsgTTL(  $ttk$  );
// 다음 인접사용자에게 메시지 전송
 $S \leftarrow U_c$ ;
for each  $EN_{next} \in EN(U_c)$  then
     $D \leftarrow EN_{next}$ ;
    SendMsg(  $M_{SD}$  );
end;
end;
    
```

#### IV. 성능 평가

본 논문은 제안 기법과 기존 Vorocast, Fibocast 기법에 대한 대역폭 사용량과 일관성 유지 비율을 비교하였다.

실험에서는 동일한 AOI 반경을 유지하며, 사용자 수는 100~1000명의 범위에서 각 실험에는 100명씩 간격을 주어 측정하였다. 그림 4는 각 사용자를 기준으로 측정한

대역폭 사용량의 평균을 KBytes/sec 단위로 나타내었으며, 그림 5는 실제 사용자 위치와 관측된 사용자 위치가 다른 경우에 대한 일관성 유지 비율을 보였다.

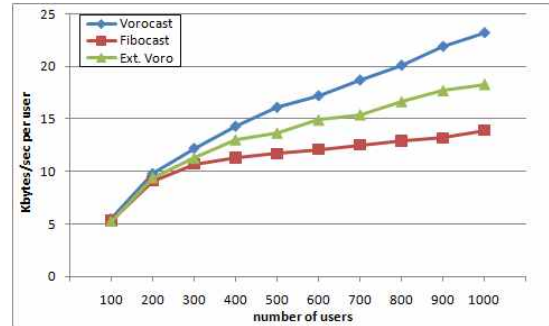


그림 3. 대역폭 사용량  
Fig. 3. Bandwidth Consumption

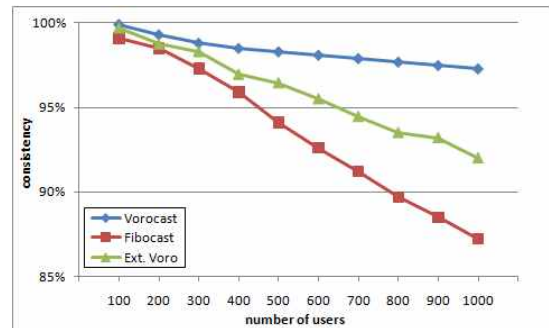


그림 4. 노드 간의 일관성 유지 비율  
Fig. 4. Neighborhood Consistency

실험 결과를 통하여 제안 기법의 대역폭 사용량은 사용자 수가 100명일 때 5.25, 500명일 때 13.65, 1000명일 때 18.30이며 평균적으로 13.55를 보였다. 이는 Fibocast 기법보다 약 17% 정도 높지만, Vorocast 기법보다는 약 15% 정도 감소한 효과를 보인다. 또한 일관성의 유지 비율의 측면에서도 Vorocast 기법이 평균 98%, Fibocast 기법이 평균 93%인데 비하여, 제안 기법은 평균 95%를 나타낸다. 제안 기법은 Vorocast 기법보다 다소 낮은 일관성 유지 비율을 보이지만, 전체적으로 대역폭 사용량을 효과적으로 감소시켰다.

#### V. 결론

네트워크 가상 환경에서 발생하는 부하를 감소시키기 위해 Vorocast, Fibocast 기법이 제안되었다. 하지만

Vorocast는 사용자간의 거리를 고려하지 않아 비효율적이고, Fibo cast는 AOI 중심의 소규모 영역에만 일관성을 보장하는 문제를 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 등비수열 2<sup>x</sup>을 이용해 기존 문제점을 개선한 Extended Vorocast를 제안하였다. 제안 기법은 다음 항이 현재 항에 비해 급격히 커지는 등비수열을 이용하여 메시지 전달 주기를 조절하므로, 기존 기법보다 AOI 중심에서 더 넓은 범위의 일관성을 보장하면서도 부하의 효과적인 감소가 가능한 기법이다.

또한 성능 평가를 통하여 제안 기법이 기존 기법에 비해 대역폭 사용량 대비 일관성 유지 비율이 효율적임을 보였다. 향후에는 시뮬레이션이 아닌 실제 시스템에 적용하여 그 성능을 확인하기 위한 실험을 진행할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] 임정열, 박일규, 정재용, 심광현, “분산 게임서버 기술 동향“, 네트워크가상환경연구팀, ETRI, 2005.
- [2] 유석중, “대규모 가상공간에서 우선순위에 기반한 AOI 관리모델에 관한 연구“, 멀티미디어학회 논문지, 제9권 제2호, pp. 189-196, 2006.
- [3] Jui-Fa Chen, Wei-Chuan Lin, Tsu-Han Chen, Shun-Yun Hu, “A Forwarding Model for Voronoi-based Overlay Network”, 2007.
- [4] Jehn-Ruey Jiang, Yu-Li Huang, Shun-Yun Hu, “Scalable AOI-cast for Peer-to-Peer Networked Virtual Environments”, 2008.
- [5] Shun-Yun Hu, Guan-Ming Liao, “Scalable Peer-to-Peer Networked Virtual Environment”, ACM, SIGCOMM, pp. 129-133, 2004.

## 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>

강 정 진(중신회원)



- Vol. 6 No. 1
- 1991.3~2009 현재 : 동서울대학 정보통신과 교수
- 2007.2~2009 현재 : 미시간주립대학교 전기컴퓨터공학과 교환교수
- <주관심분야 : RFID/USN 기술, 이동무선통신, 안테나 및 전파전파, 통방융합 기술>