

# 다수의 콘텐츠서버를 이용한 포워드캐스트(ForwardCast)스트리밍 방법

윤수미\*, 김상철\*

\*한국의외국어대학교 컴퓨터공학과  
e-mail:yoonsm98@hanmail.net

## ForwardCast Streaming Method based on Multi-VOD Contents Servers

Soo-Mi Yoon\*, Sang-Chul Kim\*

\*Dept of Computer Science, Han-Kook University of Foreign Studies

### 요 약

우리는 P2P 네트워크 환경하에서 멀티캐스팅 스트리밍 전송방법으로서 포워딩 스트림(forwarding stream)전송 방법을 사용한다. 일명 포워드캐스트(forwardcast)는 P2P 네트워크 환경과 멀티캐스팅 전송에 바탕을 두고, 클라이언트들의 자원을 효율적으로 이용함으로써 초기 클라이언트의 요청 기각률을 낮출 수 있었다. 본 연구에서는 이를 다수의 콘텐츠 서버 환경에 적용시킴으로서 하나의 서버에 집중되는 부하를 분산시킴과 동시에 초기 클라이언트의 기각률을 보다 낮추고자 한다. 실험결과 그 성능을 확인할 수 있었다.

### 1. 서론

디지털 콘텐츠를 네트워크상에서 제공하는 서비스는 여러 가지가 있으나, 이중 인터넷을 통한 가장 일반적인 전송 요청은 VOD(Video on demand) 서비스라고 할 수 있다. VOD 서비스는 일반 웹 서비스와는 다른 몇가지 특징을 갖는데, 첫째로 VOD 전송은 높은 대역폭을 비교적 오랜시간 제공하여야 하는 서비스라는 점이다. 이것은 서버와 네트워크 모두에게 부담을 주게 된다. 두 번째 특성으로서 VOD 서비스는 인기도에 많은 영향을 받는다. 특히 인기도가 높은 VOD 콘텐츠의 경우, 동시에 많은 클라이언트에게 서비스를 제공해야 한다는 부담이 크다. 따라서 VOD 서비스는 제한된 서버의 능력과 네트워크의 자원을 최대한 이용함으로써 많은 사용자에게 서비스를 제공할 수 있어야 한다.

VOD 서비스의 이러한 특징적인 부담을 극복하려는 여러 가지 노력들이 진행되어 왔다. 과거에는 서버

와 클라이언트간의 1:1 유니캐스트 채널을 통한 전송 모델이 전통적이었으나, 이 전송방법은 서버가 제공할 수 있는 제한된 요청 처리능력 때문에 클라이언트의 기각률(rejection rate)을 높일 수 밖에 없었다. 클라이언트의 기각률을 낮추고 접근시간(slow access time)을 줄이기 위해서는 서버에 집중된 오버로딩(overload)과 링크의 혼잡성, 그리고 낮은 대역폭의 문제점을 해결하여야 한다.

서버에 집중되는 부하를 줄이기 위한 방안으로서 콘텐츠를 분산 배치하는 방법들이 연구되어 왔다. 이중에서 피어들의 네트워크라고 할 수 있는 P2P 환경은 피어들의 자원을 최대한 활용하여 서버에 집중되는 과부하를 줄일 수 있다. P2P 네트워크를 구성하는 피어들은 데이터 전송을 요청하는 클라이언트 이면서 동시에 또다른 피어에게 데이터를 전송할 수 있는 서버가 될 수 있다. 과거에는 주로 P2P 네트워크가 파일의 공유와 전송에 사용되었으나 최근에

는 스트림 서비스에 이용하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 연구에서는 다수의 콘텐츠 서버 환경하에서 P2P 네트워크를 이용하여 서버에 집중된 부하를 분산시키고자 한다. 한편, 비디오 스트림의 전송 방법에 있어서 동시에 많은 클라이언트에게 스트림을 전송할 수 있는 가장 효율적인 방법으로서 제안되고 있는 방법이 멀티캐스팅(multicasting)이다. 멀티캐스팅은 하나의 데이터를 복사하여 멀티캐스팅 트리라는 가상의 데이터 구조를 이용하여 전송하는 방법으로서 많은 연구가 진행되어 왔다. 그리고 최근에는 P2P(Peer-to-Peer) 환경하에서 멀티캐스팅을 이용한 비디오 스트림 전송 방법이 새롭게 소개되고 있다. P2P 네트워크를 이용한 멀티캐스팅은 네트워크를 구성하는 피어들이 동적으로 비디오 스트림을 저장하고 전송함으로써 피어들의 네트워크 자원을 최대한 활용하며 서버의 부담을 줄여준다는 장점을 가지고 있다.

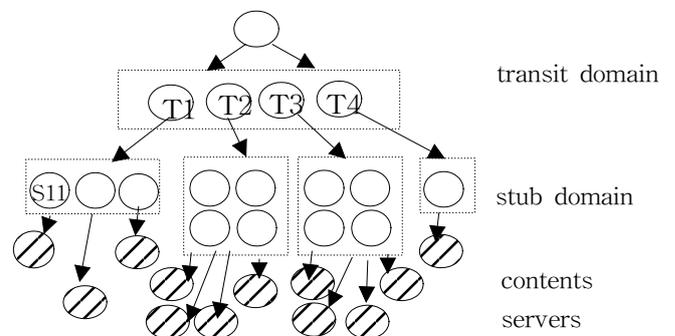
본 연구에서는 P2P 네트워크 환경하에서 멀티캐스팅 스트리밍 전송방법으로서 포워딩 스트림(forwarding stream)전송 방법을 사용한다.[1]. 일명 포워드캐스트(forwardcast)는 P2P 네트워크 환경과 멀티캐스팅 전송에 바탕을 두고, 클라이언트들의 자원을 효율적으로 이용함으로써 초기 클라이언트의 요청 기각률을 낮출 수 있었다. 우리는 이를 다수의 콘텐츠 서버 환경에 적용시킴으로써 하나의 서버에 집중되는 부하를 분산시킴과 동시에 초기 클라이언트의 기각률을 보다 낮추고자 한다. 실험결과 그 성능을 확인할 수 있었다.

## 2. 다수의 콘텐츠 서버 모델

다수의 콘텐츠 서버 환경에서 사용자의 기각률을 최소화하고, 효율적으로 네트워크 대역폭을 사용하기 위해서는 서버의 개수를 몇 개로 할 것인가 외에 어디에 배치할 것인가 등에 관한 연구가 필요하다. 다수개 서버의 개수와 배치 문제는 주로 CDN과 프록시 서버등에서 많은 연구가 이루어져 있는데, 최근에는 P2P 네트워크와 오버레이 네트워크상에서의 연구도 활발하게 진행되고 있다. 그러나 대부분, 스트림 서비스에 적합하지 않은 배치방법이며, [5][6]은 AS(Autonomous System)에 기반을 둔 배치 방법으로, 다양한 크기의 AS를 고려하지 않는등 적지 않은 문제점을 가지고 있다. 한편, 다수의 서버환경에서는 클라이언트의 요청에 응답할 적절한 콘텐츠 서버를 선택하여 해당 서버로 요청을 연결하기 위한 서버 선택

정책이 필요하다. 서버 선택 정책은 클라이언트의 요청이 다수의 서버중 누구를 선택할 것인가 하는 것인데, 이를 선택하는 방법은 크게 정적 서버 선택과 동적 서버 선택으로 나눌수 있다. 정적 서버 선택방법은 시스템의 변하는 상태를 고려하지 않고 클라이언트의 요청을 정책적으로 미리 설정한 하나의 서버로 대응시키는 것이고, 동적 서버 선택은 클라이언트가 요청한 시점에서 시스템의 상태를 고려하여 서버를 선택하는 것으로 구현이 복잡하지만 더 좋은 기능을 제공할 수 있다. 그러나, 대부분의 경우, 자신의 LAN 네트워크 환경이나 라우터등을 고려하여 서버의 배치와 선택을 하는 것이 공통적인 추세이다.

따라서, 본 연구에서는 실험에 사용될 네트워크 GT-ITM[6]를 사용하여 다수의 서버 모델링을 하였다. 우리는 이 네트워크 모델을 이용하여 콘텐츠 서버의 기본적인 할당과 배치 그리고 서버의 선택 알고리즘을 설명한다. 즉, 네트워크 GT-ITM를 이용하여 새로운 서비스를 요청하는 클라이언트의 위치로부터 가장 위치의 콘텐츠 서버를 선택하고 해당 서버로부터 시작되는 멀티캐스팅 트리를 이용하여 서비스를 전송받도록 하였다. 따라서, 추가적인 서버의 부하나 트래픽 부담없이 초기 지연없는 포워드캐스트 스트리밍 전송이 가능하도록 하였다.



<그림1> GT-ITM을 이용한 다수의 콘텐츠 서버 모델

실험에 사용될 네트워크 GT-ITM은 3단계 구조를 가진다. 중심부는 4개 노드로 구성되는 트랜짓(transit) 네트워크와 12개로 구성되는 스텝(stub) 도메인이 있고, 트랜짓 네트워크와 스텝 도메인의 노드들은 120여개로 구성된다. GT-ITM의 구조는 4장 실험 및 결과의 <그림4>과 같다.<그림1>에서 T1, T2, T3, T4는 트랜짓 노드이다. 트랜짓 노드는 각기 몇 개의 스텝 도메인과 연결되어 있다. 본 실험에서 콘텐츠 서버는 기본적으로 각 스텝 도메인내의 한개씩 존재한다.

따라서 12개의 다수개 콘텐츠 서버를 가진다. 새로운 클라이언트는 다수개의 콘텐츠 서버중 가장 근접한 스텝도메인의 콘텐츠 서버를 먼저 선택한다. 그리고 연결이 불가능한 경우, 같은 트랜짓 노드와 연결되는 다른 스텝도메인내의 콘텐츠 서버를 선택한다. 만약 이 과정에서 실패한 경우, 다른 트랜짓 노드의 콘텐츠 서버들중 하나를 선택한다.

### 3. 다수의 콘텐츠 서버 환경에서의 포워드캐스트 모델

포워드캐스트는 P2P네트워크에서 멀티캐스트 트리를 이용한 전송방법이다[1]. 새로운 클라이언트가 2장에서와 같이 어떤 특정한 콘텐츠 서버를 선택하여 VOD 서비스를 받게 되면 그 클라이언트 즉 새로운 노드는 멀티캐스팅 트리를 형성하게 된다. 그 트리의 루트 노드는 콘텐츠서버가 되며, 루트가 아닌 각 노드는 부모 노드로부터 비디오 스트림을 전송받으면서 동시에 자식 노드들에게 자신의 버퍼에 캐싱된 비디오 데이터를 스트리밍하는 일을 수행한다. 각 노드는 자신이 수신했던 비디오 데이터를 FIFO 방식으로 버퍼링한다. 어떤 멀티캐스팅 트리에 새롭게 도착한 클라이언트는 멀티캐스팅 트리상의 한 노드를 부모 노드로 선택하여 그 노드로부터 비디오를 처음부터 전송받게 된다. 부모 노드가 비디오 서버가 아닌 경우에는, 자신이 이미 전송받았던 비디오를 다시 자식노드에게 전달하기 때문에 그런 부모노드를 자식 노드의 포워딩 서버(fowrading server)라고도 부른다. 각 노드의 부모 노드가 비디오 서버일 수도 있지만, 대부분 자신보다 앞서 도착한 클라이언트들 중의 하나이다. [그림6]은 어떤 클라이언트  $C_{new}$ 에 대해서, 전에 도착했던 노드  $C_p$ 가  $C_{new}$ 의 부모 노드가 되기 위한 세가지 조건이다.

[조건 1]  $C_p$ 와  $C_{new}$ 사이엔 충분한 네트워크 대역폭이 존재.  
 [조건 2]  $T_0(C_p) \leq B(C_p)$   
 [조건 3]  $T_A(C_p, C_{new}) \leq \Delta FT$

$T_0(C_i)$  = 노드  $C_i$ 에 서비스를 시작한 후 경과된 시간  
 $B(C_i)$  = 노드  $C_i$ 의 버퍼 사이즈(단위는 시간임)  
 $T_A(C_i, C_j) = T_s(C_j) - T_s(C_i)$   
 $C_i$ 의 서비스 시작시점과  $C_j$  서비스 시작시점의 차이(gap)

<그림2> 포워드서버가 되기 위한 조건

다중 콘텐츠 서버 환경에서 새로운 클라이언트는 스트리밍 서비스를 받기 위해서 먼저 멀티캐스팅 트리의 루트가 되는 콘텐츠 서버를 선택하고, 해당 트리내에서 포워딩 서버가 가능한 부모 노드를 정해야 한다. 그 과정은 다음과 같다.

step 1. 콘텐츠 서버를 선택한다.  
 1.1 스텝도메인내의 콘텐츠 서버를 선택한다. 선택 후 step2로 간다.  
 1.2 같은 트랜짓 노드와 연결되는 스텝도메인내에서 reply가 가장 먼저오는 다른 콘텐츠 서버를 선택한다. 선택후 step 2로 간다.  
 1.3 다른 트랜짓 노드내에서 reply가 가장 먼저 오는 콘텐츠 서버를 선택한다. 선택후 step 2로 간다.  
 1.4 선택가능한 콘텐츠 서버가 존재하지 않으므로 새로운 요청은 기각된다.

step 2. 해당 트리내에서 부모노드를 선택한다.  
 2.1 [그림2]와 같은 세가지 조건을 만족하는 기존 노드들중에서 버퍼의 사용되지 않는 여유공간이 가장 작은 노드를 부모노드로 선택한다.  
 선택후 step 3로 간다.  
 2.2. 콘텐츠 서버와 새로운 클라이언트간의 충분한 대역폭이 존재하면 콘텐츠 서버를 부모노드로 선택한다. 선택후 step 3로 간다.  
 2.3 [그림2]의 [조건3]을 만족하지 못하는 기존 노드들중에서 버퍼의 사용되지 않은 공간이 가장 적은 노드를 부모노드로 선택한다. 또한, 그 부모노드가 전송하지 못한 뒷부분(suffix)를 전송할수 있는 다른 노드도 선택한다. 선택후 step 3으로 간다.  
 2.4 선택가능한 부모노드가 존재하지 않으므로 새로운 요청은 기각된다.

step 3. 해당 콘텐츠 서버로부터 시작된 멀티캐스팅 트리에 참여하여 선택한 부모노드로부터 스트림을 전송받는다.

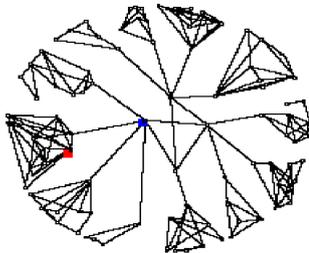
<그림3> 다수 콘텐츠 서버환경에서 새로운 클라이언트가 스트림을 전송받는 과정

step 2.3은, 만일 선택하고자 하는 부모 노드  $C_p$ 가 [조건 3]을 만족하지 않는 경우, 새 클라이언트  $C_{new}$ 가 포워드 서버외에 서픽싱 서버를 선택하여 동시에 스트리밍 서비스를 받을 수 있음을 설명하고 있다. 이때, 포워드 서버로부터는 처음부터 ' $T_s(C_p) + V_L - \Delta FT$ ' 시점까지만 비디오를 전송받고,  $\tau = V_L + \Delta FT - T_A(C_p, C_{new})$ ' 이

라고 할 때, 비디오의 뒷 부분인  $V[\tau, V_L]$ 은 서픽싱 서버로부터 전송받게 된다[1].

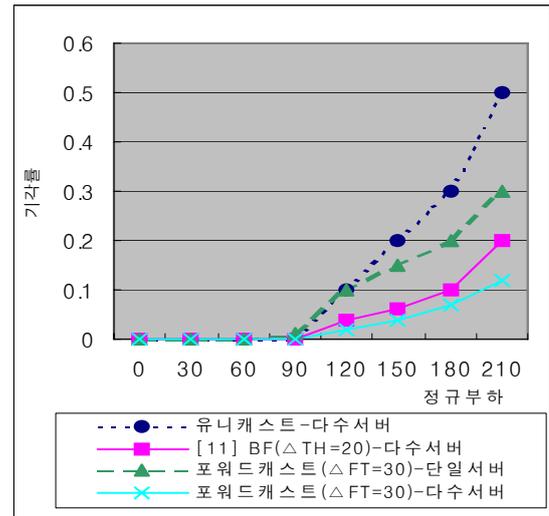
#### 4. 실험과 분석

본 실험에 사용될 네트워크는 GT-ITM[6]를 사용해서 생성하였다. 두 노드간의 채널은 네트워크 대역폭이 허락하는 경로들 중에 가장 작은 홉 수의 것으로 정하였다. 본 연구의 시뮬레이션에서는 2장에서 언급한 바와 같이 각 트랜짓 도메인내에 한 개의 비디오 서버가 존재하는 것으로 가정하였다. 비디오 스트림의 재생률은 CBR(Constant Bit Rate)로 가정하고, 비디오 서비스를 요청하는 클라이언트들의 빈도는 포아송(Poisson)분포를 따른다. 비디오 스트림의 재생 길이는 100(분)으로 설정한다.



<그림4> GT-ITM 구조

<그림5>는 다수의 콘텐츠 서버 환경에서, 유니캐스트(unicast) 전송과 기존 연구 [2], 그리고 포워드캐스트를 사용하였을때의 기각률에 관한 비교 결과이다. 먼저, 유니캐스트란 각 클라이언트의 요구에 대해서 비디오 서버가 개별 스트림을 1:1로 전송하는 방식을 말한다. 기존 연구 [2]는 멀티캐스트를 이용한 스트림 전송방법으로서 서비스를 요청하는 대부분의 클라이언트는 초기에 두 개의 스트림 즉 패칭 스트림과 공유 스트림을 동시에 전송받아야 한다. 포워드캐스트는 기본적으로 한개의 포워드 전송으로 모든 스트림을 전송받지만, 필요시 서픽싱 서버로부터 나머지 뒷부분의 스트림을 전송받을 수 있는 방법이다. 단, 실험에서 세가지 경우 모두 콘텐츠 서버를 선택하는 과정은 <그림2>의 step1.를 따르도록 하였다. 실험결과 다수의 콘텐츠 서버환경에서는 포워드캐스트 전송방법을 사용하였을때가 다른 전송방법보다 기각률이 낮았다. 또한 같은 포워드캐스트 스트림 전송을 이용할 경우, 다수 서버 환경이 단일 서버환경보다 기각률이 훨씬 낮았다.



(a) 유니캐스트와 [2], 포워드캐스트의 기각률 비교

<그림5> 기각률의 비교

#### 참고문헌

- [1] 윤수미, 김상철, 김중환, "포워드캐스트(ForwardCast) : P2P에서의 새로운 VOD 스트리밍 방법", 정보처리학회 논문지 제 12권 제 7호, p783 2005, 12
- [2] Yang Guo, Kyoungwon Suh, Jim Kurose, "P2Cast : Peer-to-Peer Pathing Scheme for VOD Service", in ACM WWW 2003.
- [3] Yang Guo, Kyoungwon Suh, Jim Kurose, and Don Towsley, "A Peer-to-Peer On-Demand Streaming Service and Its Performance Evaluation", in Proc. of IEEE Int. Conf. on Multimedia Expo(ICME'03), 2003.
- [4] H. Despande, M. Bawan and H. Garcia-Molina, "Streaming live media over a peer-to-peer network", in Work at CS-Stanford. Submitted for publication, 2002.
- [5] Y. Guo, L. Gao, D. Towsley, and S. Sen, "Seamless workload adaptive broadcast", in Proc. of International PacketVideo Workshop, 2003
- [6] San Jose, "A measurement study of peer-to-peer file sharing systems", in Proc. of ACM/SPIE on Multimedia Computing and Networking(MMCN'02), CA, USA, January 2002.