

P2P 기반 Interactive VOD를 위한 레벨 그룹 스트리밍 기법

정회원 김 종 경

A Level Group Streaming Technique for Interactive VOD based on P2P

Jong-gyung Kim *Regular Member*

요 약

멀티캐스트 기법은 큰 규모의 팅 서비스에서 비용을 줄이기 위한 방법 중에 하나다. 그러나 멀티캐스트 시스템에서 한정된 서버와 네트워크의 대역폭을 고려하여 VCR 기능을 구현하는 것은 복잡한 문제들을 내포하고 있어 이에 대한 해법이 필요하다.

따라서 본 연구는 P2Patching^[1]을 개선한 논문으로 P2P 환경에서 레벨 그룹을 구성하여 이중 대역폭을 가진 피어들 간에 협력하여 VCR 기능을 지원하는 레벨그룹 스트리밍 기법(LGST : Level Group Streaming Technique)을 제안한다. 이 기법은 서버의 수용성을 향상시키고 네트워크의 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있다. 그리고 본 제안 기법의 평가를 위하여 P2Patching과 비교하여 스트림 전송 토폴로지 성능 및 스트리밍 질을 실험 하였다. 이 실험은 서비스 요청 거부율과 대역폭 감소에 따른 서비스 질에 대한 평가에서는 본 LGST가 P2Patching보다 11~18% 정도의 성능 향상을 보여주었고, 결합확률에 따른 복원지연 실험과 VCR 기능 수행 주기에 따른 영향에서는 미세한 수치에서의 성능 향상을 보여 주었다.

Key Words : VOD, P2P Networking, VCR, Multicasting, Streaming Service

ABSTRACT

Multicast Strategy is one of the cost-saving methods in the large scale VOD environment. However, it does involve complicated problems to implement VCR-like interactions for user's convenience in the multicast streaming system under considering the limited-server and the network's bandwidth in the multicast-transmission system. Therefore, the proper solution of settling such a problem is necessary.

Thus, this paper which revised P2Patching[1] proposes LGST(Level Group Streaming Technique) which supports the VCR's function through cooperation among peers with heterogeneous bandwidth under the environment of P2P. This strategy can reduce latency by improving the acceptance of server and using the bandwidth of network efficiently

And for evaluate the proposed scheme's performance, I simulated the performance of streaming delivery topology and streaming quality in comparison with P2Patching. In evaluation to service request refusal ratio and service quality according to bandwidth decrement, the result of simulation shows that proposed LGST improves about 11~18% of performance than P2Patching. In the test of latency recovery according to fault probability and influence of VCR function operation duration, it shows similar performance.

* 백석대학교 정보통신학부(jokykim@hanmail.net)

논문번호 : KICS2008-09-413, 접수일자 : 2008년 9월 22일, 최종논문접수일자 : 2008년 10월 2일

I. 서 론

많은 사용자에게 VOD 서비스를 하기 위해서는 스트리밍 서버와 네트워크에 높은 부하가 발생한다. 이에 대한 현재의 해결책은 스트리밍 데이터를 효과적으로 전송할 수 있는 멀티캐스트(Multicast) 기법을 사용하여 네트워크와 서버의 과부하를 줄이는 방법이다. 그러나 VOD 스트림 멀티캐스트의 구현은 이종(heterogeneity)과 비동기(Asynchrony)의 어려운 문제가 내포되어 있다. 이종은 서버와 노드들의 상이한 대역폭 및 성능의 문제이고, 비동기는 서로 다른 시간대에 서비스를 요청하는 것으로 전송 스케줄링의 복잡성을 의미한다.

이러한 쟁점들을 해결하기 위한 다수의 논문^{[2][3][4]}들이 발표되었으나, 네트워크 구조 기반의 멀티캐스트는 이러한 문제들을 해결하기엔 비효율적이다. 하나의 대안으로서 응용계층 멀티캐스트^{[5][6][7]}가 제안되었다. 이것은 라우터 대신에 종단 시스템들이 P2P 방식을 이용해 서로 다른 노드에 데이터를 포워딩하기 위하여 하나의 오버레이 네트워크를 구성하는 방식으로 스트림 데이터를 제공하고 소비하는 두 가지 역할을 하게 된다(이후부터는 이러한 노드를 피어라고 한다). 그러나 이 환경에서 대다수의 피어들은 실제적으로 다른 피어들에게 완전한 스트림 전송물을 제공할 수 없다^[8]. 특히, VOD 스트림에서 필요한 Fast-forward/reverse 그리고 Pause, Resume와 같은 VCR 기능을 구현하는 것은 많은 어려움이 따른다.

P2Patching^[1]은 패칭(Patching)과 P2P 기법을 혼용한 것으로 서버의 과부하와 서버 주변에 대역폭 혼잡으로 인한 문제가 발생할 소지가 있다.

이를 해결하기 위하여 서버의 부하와 대역폭을 여러 피어들에게 분산시킬 수 있도록 P2Patching^[1]을 개선한 레벨그룹 스트림 기법(LGST: Level Group Streaming Technique)을 제안한다. 본 제안 기법은 서버가 스트림을 일정한 시간마다 스트림을 제공하는 대신에 멀티캐스트 트리에 레벨을 구성하여 레벨과 레벨사이에서 스트리밍 서비스를 전송하는 방식이다. 이를 구현하기 위한 기본사상은 계층적 피어 그룹을 형성하여 데이터 스트림들을 버퍼링하고 다른 피어들에게 전송하는 것으로, 하나 이상의 부모 피어들이 자신이 허용하는 업로드 대역폭을 협력하여 제공하는 알고리즘이다.

이 기법의 이점은 스트림 서비스를 위하여 다수 피어들의 자원들을 공유하여 서버 부하를 줄이고 사용가능한 업로드 대역폭을 시스템에 기여하게 함으로써, 서버의 수용성을 향상시키고 네트워크 대역폭의 효율성을 증진시켜 스트림 서비스 향상을 꾀할 수 있다.

이 논문의 구성은 제 I장에서는 연구배경의 전반적인 개요를, 제 II장에서는 관련 연구를 언급한다. 제 III장에서 본 논문에서 제안하는 협력 스트리밍 전송 기법을 소개한다. 제 IV장에서는 결합 복원을 논하고 제 V장 실험 및 고찰에서는 본 논문의 제안기법과 P2Patching, DSL^[9], 그리고 P2Cast^[7]에 대하여 비교한 실험결과를 보여준다. 마지막으로 제 VI장에서 결론을 기술한다.

II. 관련 연구

ZIGZAG^[5]은 확장성 있는 클러스터 기반 계층 구조의 P2P 동적 네트워크 특성을 고려하여 멀티캐스트 트리의 제어 트래픽을 감소시키는 방법을 연구하였다. 그러나 네트워크의 유동적인 환경에서 개념적인 대역폭을 다루는 기법으로 VoD 스트리밍 서비스에는 문제가 따른다.

SplitStream^[6]은 스트림 데이터를 분배하기 위하여 참여노드끼리의 협력 체제를 구축하기 위한 구조로, 서버의 부하를 완화시키는데 주안점을 둔 연구이다. 이 연구에서는 MDC로 인코딩된 스트리밍 데이터를 전송하기 위하여 다중 스페닝 분배트리(Multiple Spanning distribution tree)를 구축한다.

P2Cast는 전통적 패칭 기법을 확장하여 P2P 환경에서 VOD 서비스를 위한 응용계층 멀티캐스트 기법으로 VCR 기능은 지원하지 않는다.

DSL은 레이어(Layer)로 구성된 동적 Skip List를 이용하여 VCR 기능을 서비스하는 VOD 시스템을 구축한다. 이 연구는 재생점을 VCR 기능을 위한 키로 구성한다. 동적 Skip List는 병렬 링크 구조로 만들어 피어들 간의 통신을 할 수 있도록 하였다. 병렬구조상에서 네트워크 코딩(Network Coding) 기법을 구현하였는데, 이는 네트워크의 대역폭을 극대화하려는 기법이다. 그러나 이 연구는 동적 Skip List를 유지하기 위하여 고비용을 지불해야하는 문제점이 있다.

P2Patching은 P2P 개념과 패칭을 혼합 적용한 기법으로서 VCR 기능 수행 주기 동안에 빈번한

멀티 캐스트 트리의 참여와 떠남의 문제를 개선하기 위하여 다수의 피어들이 협력적으로 VCR 기능 스트림을 VCR 기능을 수행하는 클라이언트에게 전송하고, VCR 기능 수행 후에는 이 클라이언트가 원하는 위치의 멀티 캐스트 세션으로 점프를 시도하는 기법이다. 그러나 이것은 패칭 스트림과 정규 스트림을 제공하기 위하여 서버의 부하 및 서버주변의 네트워크 혼잡이 발생하는 문제점을 가지고 있다.

III. 레벨그룹 스트리밍 기법(LGST : Level Group Streaming Technique)

3.1 개요

P2Patching에서는 일정한 시간마다 서버가 멀티캐스트 트리를 구성하여 피어들에게 스트림을 제공한 개념으로 서버의 과부하 및 네트워크 대역폭의 혼잡이 발생하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 세션과 레벨그룹으로 구성하는 레벨그룹 스트리밍 기법을 제안한다.

레벨그룹 스트리밍 기법은 서버의 과부하 및 서버 부근에 트래픽이 집중되는 문제점을 해결하기 위하여 서비스를 원하는 피어에게 이중 피어들이 협력하여 업로드 대역폭을 제공하여 네트워크 전역에 분산시키는 기법이다. 이것은 서버가 스트림을 일정한 시간마다 스트림을 제공하는 대신에 멀티캐스트 트리에 레벨을 구성하여 레벨과 레벨사이에서 스트리밍 서비스를 전송하는 방식이다.

트리 구성하는데 있어서 레벨을 구성하는 것은 서버의 주변의 트래픽을 여러 노드 피어에게 분산 시켜 스트리밍 질의 저하를 완화시킬 수 있기 때문이다, 또한, 사용가능한 업로드 대역폭을 가진 피어들이 협력하여 재생을 위한 완전한 스트림을 수신 피어에게 제공한다.

레벨그룹 스트리밍 기법의 개요는 다음과 같다. VOD서비스를 원하는 피어는 가장 최근에 개설한 세션의 레벨그룹을 참여해야 한다. 참여방법의 기본 개념은 다음과 같다. 새로운 세션은 새로이 참여하려는 피어의 시간과 바로 이전에 참여한 피어의 시간의 차이가 일정한 버퍼크기를 초과할 때는 새로 참여한 피어를 루트 피어로 개설되고, 그렇지 않을 경우는 기존 세션에 참여시킨다. 레벨은 같은 세션 안에서 일정한 버퍼 크기 시간마다 체인 형태로 피어 그룹을 구성하여 자식피어에게 동일한 스트림 데이터 블록을 전송하

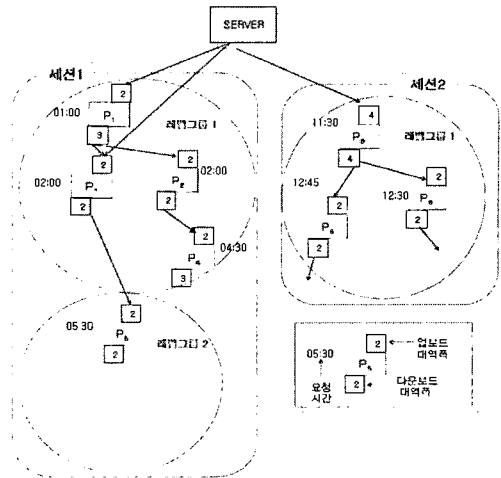


그림 1. 레벨그룹 멀티캐스트 트리의 예

기 위한 피어들의 그룹 단위이다.

[그림. 1]은 버퍼의 크기가 5일 경우에 VOD 스트림을 레벨을 이용하여 멀티캐스트 전송의 예를 보여 주고 있다. 피어 P_1 이 처음으로 01:00 시간에 스트림 서비스를 받기 위하여 세션1의 루트 피어로 참여하여 새로운 레벨 1에 소속이 된다. 02:00 시간에 각각 다운로드 대역폭이 2인 두 피어 P_2, P_3 가 참여하였다고 가정할 때, P_1 의 업로드 대역폭이 3으로써 이들에게 완전한 스트림을 제공할 수가 없어 다른 피어와 협력하여(여기서는 서버가 지원)의 지원을 받는다. 따라서 P_2 는 P_1 으로부터 완전 스트림을 전송 받고, P_3 는 P_1 의 업로드 대역폭이 부족하여 P_1 과 서버로부터 완전 스트림을 전송 받는다.

한편, 05:30 시간에 참여한 P_5 는 버퍼의 크기가 벗어나 새로운 그룹인 레벨 2로 구성이 된다. 그리고 P_6 는 P_5 와의 요청시간의 차이가 버퍼 크기를 벗어나 새로운 세션인 세션 2를 개설하여 새 트리로 구성된다.

트리를 구성하는 방식은 레벨에서 가장 낮은 깊이를 가진 피어를 우선적으로, 그리고 사용 가능한 큰 대역폭을 가진 피어를 차선으로 선택한다.

또한, 한 피어들은 실제적으로 다른 피어에게 완전한 스트림 전송률을 제공할 수 없을 경우에는 여러 피어들이 업로드 대역폭을 제공하여 새 참여피어에게 스트림을 전송한다. 시스템에 참여하는 피어들은 표준재생을 위한 스트림인 재생

1) 업로드 대역폭 숫자의 의미는 표준재생을 위한 최소의 전송률이 "2" 라고 가정한 것임

스트림과 VCR 기능 수행을 위한 스트림인 VCR 스트림을 수신 또는 전송할 수 있는데, 이를 위하여 일정량을 저장할 수 있는 공간이 있어야 한다.

다음은 본 연구에서 사용하는 용어의 정의이다. $S_n = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ 은 클라이언트가 스트림을 요청하는 시간에 스트림을 제공해 줄 수 있는 후보 피어의 집합으로 트리의 레벨그룹, 대역폭 순으로 정렬되어 있다. 그리고 피어 P_j 의 업로드의 대역폭을 O_j 으로 정의한다. Δ_b 는 피어의 버퍼 크기이며, 모든 피어는 같은 크기의 버퍼를 가지고 있다. 팽 스트림 파일은 L seconds 길이의 N개 세그먼트로 나누어져 있으며, R kb/s 전송률로 저장되어 있다고 가정한다. T_j 는 P_j 가 스트림을 재생하는 시작시간을 의미하는 것으로 두 피어 P_{j-1} 와 P_j 사이에 시간 차이를 가지고 새로운 세션을 설정한다.

3.2 레벨그룹 스트리밍 멀티캐스트 트리

시간 T_j 에 피어 P_j 가 VOD 스트림을 요청했다고 가정하고, 해당 세션의 레벨에 처음 참여한 시간을 t_0 와 레벨의 마지막으로 참여한 시간을 t_n 이라고 했을 때 다음 방법에 의해 세션의 레벨그룹을 형성한다.

우선 레벨 그룹의 형성은 조건식 $T_j - t_0 \leq \Delta_b$ 에 만족할 경우는 P_j 를 기존 세션의 레벨에 참여시키고, 아닐 경우는 새 레벨을 형성하여 참여시킨다. Δ_b 시간마다 새로운 레벨을 형성하여 지식 노드들에게 연속적 비디오 스트림을 전송하는 멀티캐스트 트리를 구성한다.

그리고 세션의 형성은 참여피어 P_j 가 조건식 $T_j - t_n > \Delta_b$ 이 만족하였을 경우는 새 세션을 설정하여 P_j 를 루트 피어로 참여시켜 서버로부터 스트림의 처음 부분부터 전송받게 한다.

해당 세션의 레벨을 선택한 다음 스트림을 제공하는 피어들을 선택하는데, 그 알고리즘은 다음과 같다.

단계 1: 해당 세션에서 가장 최근에 생성된 레벨에서 트리의 깊이가 가장 적은 리프 피어에 우선 접근한다.

단계 2: 리프노드의 부모피어나 리프노드의 P_x 의 업로드 대역폭이 $O_x \geq R$ 이면 P_x 의 부모피어가 되지만, 그렇지 않을 경우는 라운드 로빈 방식으로 식 (1)이 만족되도록 여러 피어들이 협력하여 전송할 수 있도록 트리를 구성한다.

$$\sum_{n=1}^{|P_j|} O_n \geq R \dots\dots (1)$$

3.3 VCR 기능 구현

3.3.1 VCR 기능과 버퍼 역할

VOD 스트림 서비스에서 VCR의 N 배속 표현은 MPEG 구조에서 N개의 GOPs(Group of Pictures) 중에서 하나의 GOP을 재생하여 구현할 수 있다^[10]. VCR 기능의 구현은 많은 양의 서버 부하와 네트워크의 대역폭을 요구하기 때문에 이러한 자원들을 최소화할 수 있는 알고리즘과 버퍼 구조가 필요하다. 본 연구에서는 위에서 언급한 두 가지의 쟁점들을 개선하기 위하여 다음의 알고리즘을 제안한다.

첫째, VCR 기능수행을 위하여 해당 세션 및 레벨그룹들을 찾아 VCR 스트림을 제공할 피어를 선택하는 과정이 필요하다. 선택된 피어들은 VCR 스트림을 생성하여 VCR 기능 수행 피어에게 전송한다. 둘째, 그리고 VCR 기능 수행 피어는 표준 재생을 위한 해당 세션 및 레벨그룹으로 점프를 수행해야 한다. 이 과정에서 점프를 해야 하는 트리 위치는 VCR 기능을 중요한 위치에 해당된다. 이 알고리즘은 P2Patching과 유사한 점이 많으나 세션과 레벨그룹을 구성하여 서버의 수용성을 확장하는 알고리즘을 사용하는 측면에서는 다르다.

각 피어들은 특정 레벨에서 자신이 수신한 표준재생 스트림들을 지식 노드들에게 전송해야 하는 가정 때문에 재생 스트림 버퍼 용량은 최대 $2 \Delta_b$ 가 필요하다. 그리고 특정 레벨에서 P_j 가 시간 t에서 멀티캐스트 스트림을 전송받을 때의 위치가 ρ 라고 할 때 필요한 버퍼 구간은 $[(\rho - \Delta_b), \rho]$ 와 같다. 같은 레벨그룹을 구성하고 있는 피어들의 재생점 구간 τ 은 식 (2)과 같다.

$$\rho - \Delta_b < \tau < \rho \dots\dots (2)$$

$[(\rho - \Delta_b), \rho]$ 구간의 스트림들을 가진 레벨 그룹의 피어들은 다른 피어들에게 포워딩을 하거나 결함이 발생하였을 경우에 부모 피어로서 역할을 하게 된다. 또한, VCR 스트림을 제공하는 피어로서 역할도 하게 된다.

3.3.2 VCR 알고리즘 구현

VCR 기능 수행과정은 이 기능을 수행하는 P_j 가 해당 세션과 레벨그룹에서 하나 이상의 피어

를 선택하여 VCR 스트림을 요청함으로써 이루어 지는데 그 과정은 다음과 같다.

단계 1: 이 단계는 VCR 기능 구현해야 할 위치에 해당하는 세션과 레벨그룹을 찾는다.

P_j 가 현재의 위치인 세션 i 즉 $s(i)$ 에서 비디오 위치 T까지 X배속으로 Fast-Forward를 수행한다고 가정할 때, VCR 기능을 수행해야 할 위치까지의 세션과 레벨그룹을 결정하는데 그 알고리즘은 [그림. 2]와 같다. 이에 해당되는 세션은 $s(i), s(i-1), \dots, s(sn_no)$ 이고, 세션의 시작시간과 종료시간을 각각 $ts[k][1], ts[k][2]$ 이라고 할 때 전송해야 할 피어의 최소 개수와 스트림 총량은 각각 식 (2)와 식 (3)으로 표현할 수 있다.

$$\sum_{k=i}^{ses-no} [(ts[k][2]-ts[k][1])/\Delta_b] \quad \dots \quad (2)$$

$$\sum_{k=i}^{ses-no} [(ts[k][2]-ts[k][1])/X] \times R \quad \dots \quad (3)$$

단계 2: 최종 목적지점의 해당 세션의 레벨로 이동하려고 할 때, VCR 스트림을 제공할 수 있는 서버를 선택한다. 해당 레벨에서 피어들 중에서 거리와 업로드 대역폭의 비가 최소값을 가진 피어를 VCR 스트림을 제공할 서버로 선택한다.

단계 3 : 식 (2)와 식(3)에 의해 선택된 피어들은 해당되는 스트림을 VCR 기능을 수행하는 P_j 에게 전송한다. P_j 는 자신의 버퍼에 있는 스트림들을 재생함으로써 VCR 기능을 수행한다.

단계 4: VCR 기능을 수행한 후에는 표준 재생을 하기 위하여 재생점에 가장 가까운 세션의 레벨로 점프를 수행하고 표준재생을 위한 스트림을 받는다.

그러나 VCR 기능을 수행하는 과정에서 해당

```

VServerSelect(tree_num, jum_pos, ts[n][2])
/* tree_num : the number of session */
/* jum_pos : the jumping point of wanting position */
/* ts[][] : session's start time and finish time */

gp_num, sn_no ← 0
for j ← 1 to tree_num
if (jum_pos ≥ ts(j,1) and
    jum_pos ≤ ts(j,2) then
    gp_no ← [(ts(j,2)-ts(j,1))/Δb]
    sn_no ← j
end if
end for
return(sn_no, gp_no)
    
```

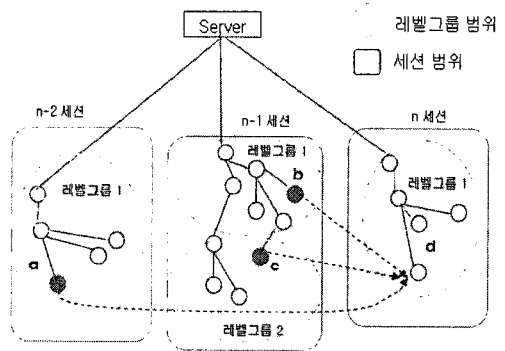
그림 2. 세션 및 레벨그룹 선택 알고리즘

세션과 레벨그룹이 존재하지 않을 경우는 서버가 이를 P_j 에게 전송한다.

[그림. 3]은 VCR 기능을 수행하는 예를 보여주고 있다. n번째 세션의 레벨1의 클라이언트 d가 4배속 Fast Forward를 수행한다고 가정할 때, n-1번째 세션에서 레벨1에 있는 피어 c는 [그림. 3]에서와 같이 레벨의 저장된 GOPs 중에서 1041, 1045, 1049, 1053, 1057번째 GOP의 스트림들을 전송하고, 레벨2에 있는 피어 b는 1061, 1065, 1069, 1073, 1077번째 GOP의 스트림들을 전송한다. 한편, 표준 MPEG 스트림을 사용하는 것은 네트워크의 트래픽을 줄여줄 수 있지만 Fast Reverse와 같은 VCR 기능을 수행할 경우는 Decoding의 문제가 발생한다. 이것은 Predictive Processing 기법을 사용하여 Forward Play에 적합하게 설계되어 있기 때문이다. 그러나 Decoding 기법들^[11]을 통하여 이를 해결하여 원활한 Reverse Play를 할 수 있다.

VCR 기능을 수행하는 P_j 가 VCR 기능행위의 종료나 중도에서 해지를 하기 위해서 VCR 스트림을 제공하는 피어에게 VCR 기능 해지 메시지를 보낸다. 이에 따라 VCR 기능은 종료가 되고 VCR 수행 클라이언트는 재생점에 가장 가까운 세션의 레벨로 점프를 수행한다.

이러한 알고리즘은 참여와 떠남을 처리하기 위한 과부하를 완화시키기 위한 방법이다.



세션번호	레벨그룹 번호	레벨그룹의 GOPs 번호
:	:	:
n-2	0	1081 ~ 1100
n-1	0	1061 ~ 1080
	1	1041 ~ 1060
n	0	1021 ~ 1040
:	:	:

그림 3. VCR 스트림 전송의 예

IV. 결함 복원(Failure Recovery)

네트워크의 혼잡 및 결함으로 인하여 전송율이 저하되거나 스트림 전송이 단절될 경우에는 이를 복원하기 위하여 다음과 같은 복원 처리 절차를 수행한다. 하나는 빠른 시간에 새로운 부모 피어를 선택하여 점프하는 것이고, 또 하나의 다른 문제는 장애 발생동안에 수신하지 못한 스트림을 복원하는 일이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 멀티캐스트 트리의 결함 복원할 때 서버가 개입하지 않고 조부모 피어들이나 혹은 형제 피어들 중에서 가장 가까운 피어를 선택하는 방법을 사용하는데 그것은 3.2절에 제시된 기법과 같다.

V. 실험 및 고찰

P2P 스트리밍 시스템의 성능 실험을 위해서 프로세스 기반 이산 사건 중심 시뮬레이션 커널(Process-based Discrete Event Oriented Kernel)인 SSFNet^[12] 시뮬레이션을 사용하였다. 또한 본 연구에서 평가결과를 위하여 P2Patching과 같은 환경^[11]에서 실험하였다.

5.1 성능 실험 방법

본 논문의 성능 시험을 위하여 다음과 같은 방법으로 실험을 하였다.

첫째, 전송 토폴로지의 성능 실험으로 1) 서비스 요청 거부율(Rejection Probability)은 스트림 서비스를 받기 위하여 서버에 접속을 시도하였으나 거부된 서비스로, 총 요청된 회수와 거부된 서비스 횟수의 비로 나타낸다. 2) 결함확률에 따른 복원 지연은 부모 노드들이 결함이 발생할 때 자식노드가 새로운 부모노드를 찾기 위한 평균 접속 횟수를 표현한 것이다.

둘째, 스트리밍 질을 평가하는 실험으로 네트워크 대역폭의 감소시켰을 때와 VCR 기능을 수행했을 때의 서비스 질을 측정하기 위하여 재생시간에 필요한 스트림을 재생할 수 없을 때를 Missing이라고 정의하고 전체 Missing GOPs 수와 실험주기 동안에 참여한 클라이언트 수를 비율로 표시한 GMR (GOPs Missing Rate)을 측정하였다.

5.2 성능 실험

[그림. 4]의 실험은 서비스 요청 거부율을 나타낸 것으로서 서버의 수용성을 표시한 항목이다.

LGST 기법이 P2Patching 보다 평균적으로 약

8~11% 정도의 성능 우수성을 보이고 있다. 그 이유는 서버가 해야 할 역할을 피어들이 담당할 결과가 서버의 요청거부율이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 서버의 수용성의 향상을 의미한다. 그 다음으로 P2Patching, P2Cast 그리고 DSL의 순서로 성능의 우수성을 보여준다. 특히, DSL 경우는 서버의 normalized workload가 높아지면 질수록 서비스 요청 거부율이 기하급수적으로 상승하는 가장 나쁜 결과를 보여 주었다. 그 원인은 다음과 같이 판단된다. 재생점을 키로 Skip List를 운영하기 위하여 주기적으로 키 값을 변경해야 하는 과부하가 서버의 요청 거부율을 증가시킨 원인으로 분석된다. 그리고 P2Cast는 서버가 개입하여 트리의 결함 등과 같은 문제를 해결함으로써 복원에 필요한 자원들을 소모시킨 결과가 서비스 요청 거부율이 상승한 결과이다.

[그림. 5]는 결함확률에 따른 복원 지연에 관한 실험이다. LGST와 P2Patching은 결함복원 알고리즘은 유사하다. 그러나 LGST이 P2Patching과 다

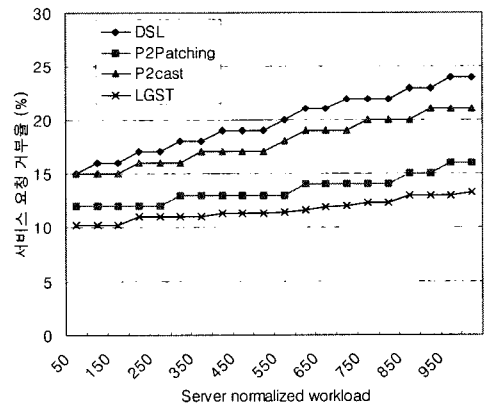


그림 4. 서비스 요청 거부율

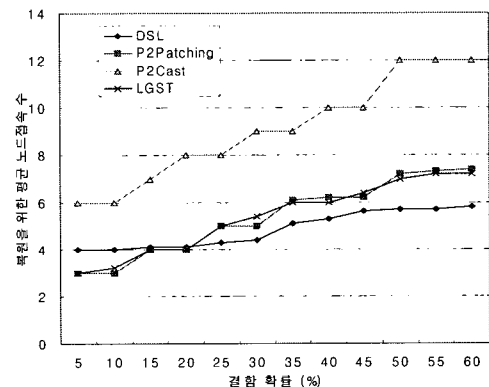


그림 5. 결함 확률에 따른 복원지연

른 점은 업로드 대역폭을 피어들 사이에 협력하여 완전한 스트림을 제공한다는 점이다. 결합확률이 50% 미만일 경우는 P2Patching이 미세한 수치의 우수함을 보이고 있으나 결합확률이 50% 이상 높아지면 그 반대 현상이 발생하였다. 이것의 의미는 LGST의 기법은 레벨로 스트림을 전송하는 방식, 즉 다수 피어들에 의한 복원 기법으로 인하여 노드 접속수가 늘어나기 때문으로 분석된다. 그러나 이러한 수치의 증가는 시스템에 미치는 영향이 그리 크지 않을 것으로 예측된다.

한편, 결합확률이 낮은 경우에는 LGST와 P2Patching이 우수한 결과를 보이나 결합확률이 20% 이상이 되면 Skip List 구조적인 특성으로 인하여 가장 우수함을 보이고 있다. 그러나 DSL은 이러한 구조적인 특성을 유지하기 위한 컨트롤 오버헤드가 많이 발생한다⁸⁾. 그리고 P2Cast는 서버가 가장 많은 대역폭을 가진 노드를 찾아 반복적으로 하향식 프로세스를 수행하는 방법이다. 토폴로지의 참여를 위한 적은 접속 횟수는 노드들에게 서비스를 보다 빠르게 제공할 뿐만 아니라 전체 네트워크 트래픽에 많은 영향을 미치게 된다.

[그림. 6]은 네트워크 대역폭 감소에 따른 실험으로 GMR을 측정된 그림이다. 이 실험에서 LGST 기법은 P2Patching보다는 평균적으로 약 18% 정도의 향상된 GMR 수치를 보이고 있다. 그 이유는 LGST 기법의 적용으로 대역폭이 감소되더라도 완전한 스트림을 제공할 결과라 생각된다. 한편, P2Cast는 트리의 깊이 탐색 기법을 사용하여 패칭 서버와 멀티캐스트 스트림을 제공해 줄 노드를 선택하는 알고리즘을 적용하여 긴 수행시간의 결과이고, P2Patching이 DSL보다 우수

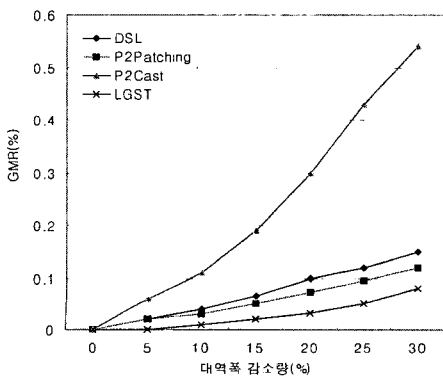


그림 6. 대역폭 감소에 따른 GMR 영향

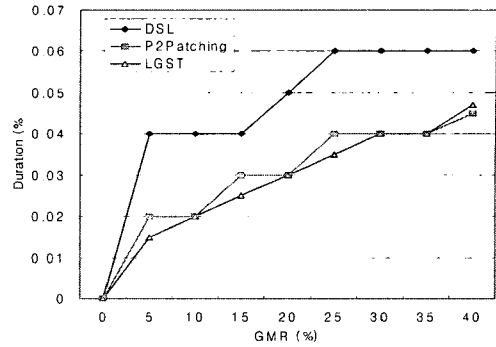


그림 7. VCR 기능 수행주기 동안의 GMR 영향

한 것은 짧은 트리를 구성하여 빠른 시간에 복원 시킨 결과라 판단된다.

[그림. 7]은 4배속으로 VCR 기능 수행주기 동안에 GMR을 측정된 그림이다. DSL은 VCR 기능을 수행하기 위하여 수시로 피어들 사이로 점프를 시도함으로써 서버의 과부하가 발생하여 성능이 떨어지는 것으로 나타났다. 이와 반대로 알고리즘의 개선으로 인하여 LGST 기법이 P2Patching은 보다 미세한 부분에서의 성능 향상되었음을 보여주었다.

VI. 결론

본 논문은 서버의 수용성 확장과 대역폭의 효율성을 증진하기 위하여 LGST를 제안하였다. 이 기법은 재생과 VCR 기능 수행을 위한 클라이언트에게 완전한 스트림을 제공하기 위하여 하나 이상의 부모 피어들이 자신이 허용하는 업로드 대역폭을 협력하여 제공하고, 이를 위하여 피어들의 계층적인 그룹을 형성하여 데이터 스트림들을 버퍼링하고 다른 피어들에게 전송하는 알고리즘이다.

본 논문의 성능 실험을 위하여 P2Patching, P2Cast, 그리고 DSL과 비교실험을 하였다. 1) 서비스 요청거부를 실험에서는 LGST 기법이 P2Patching 보다 약 11~13% 정도의 성능 우수성을 보여주었고, 2) 결합확률에 따른 복원지연 실험에서는 LGST가 DSL보다는 20~22% 정도의 성능이 저조한 것으로 평가되었다. 3) 또한, 대역폭 감소에 따른 GMR 영향실험에서는 LGST 기법이 안정된 서버의 질을 보여준 것으로 각각 P2Patching보다는 약 18%, DSL보다는 약 30% 정도의 성능의 우수성을 보여 주었다. 4) 그리고, VCR 기능 수행주기 동안의 GMR 영향에서는 LGST과

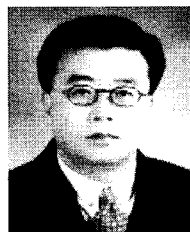
P2Patching이 DSL보다 약 25% 이상의 성능 향상을 보여주었다. LGST과 P2Patching의 비교에서는 LGST이 미세한 수치에서 성능의 우수성을 보여주었다.

이 실험을 통하여 본 연구의 기법이 P2Patching 보다는 성능개선의 결과를 보여주었으나, 결함이 발생하였을 경우 복원을 위한 평균 노드 접속 수에서는 여전히 개선의 여지가 있는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 김종경, 김 진혁, 박승규, “협력 P2P 환경에서 VCR 기능을 위한 멀티캐스트 전송 기법”, 한국통신학회 논문지, 제31권 제7B호, pp.679~ 689, 2006.
- [2] J-M Choi, S-W Lee, K-D Chung, “A Multicast Scheme for VCR Operations in a Large VOD system”, ICPADS pp.555~561, 2001.
- [3] K. A. Hua, Y. Chai, S. Sheu, “Patching: A Multicast Technique for True Video-on-Demand Service”, Proc. of ACM Multimedia 1998, pp.191~200, Bristol, England, September 1998.
- [4] Z. Fei, I. Kamel, S. Mukherjee, and M. Ammar, “Providing interactive functions through active client buffer management in partitioned video broadcast”, Proc. of First International Workshop on Networked Group Communication, (NGC'99)Pisa, Italy, Nov. 1999.
- [5] D. A. Tran, K. A. Hua and T. T. Do, “A Peer-to-Peer Architecture for Media Streaming”, in IEEE journal on Selected Areas in Communications, vol. 22, no. 1, Jan 2004.
- [6] M. Castro, P. Druschel, A. -M. Kermarrec, A. Nandi, A. Rowstron and A. Singh, “SplitStream: High-bandwidth Multicast in Cooperative environments”, in ACM SOSOP, Bolton Landing, NY, USA, October 19~22, 2003.
- [7] Yang Guo, Kyungwon Suh, James F. Kurose, Donald F. Towsley, “P²Cast: peer-to-peer patching scheme for VOD service”, in Proceeding of the twelfth International Conference on WWW, 2003.
- [8] M. Hefeeda, B. Bhargava, and D. Yau, “A hybrid architecture for cost-effective on-demand media streaming”, Computer Networks, pp.353~382, 2004.
- [9] Wang, D and Jiangchuan. Liu, “Peer-to-Peer Asynchronous Video Streaming using Skip List”, Multimedia and Expo, IEEE International Conference July 2006 pp.1397~1400
- [10] B. Wildemuch, G. Marchionini, M. Yang, G. Geisler, T. Wikens, A. Hughes, and R. Gruss, “How Fast is too fast ? Evaluating Fast Forward Surrogates for Digital Video”, in Proc. JCDL'03, Houston, TX, May, 2003.
- [11] David A. Helder, Sugih Jamin, “End-host multicast communication using switch-trees protocols”, Proceedings of the 2nd IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid, pp.419, 2002
- [12] “SSF Simulator implementation”
<http://www.ssfnet.org/ssfImplementations.html>.

김 종 경 (Jong-gyung Kim) 정회원



1990년 2월 호원대학교 컴퓨터 공학과 학사
 1993년 2월 경희대학교 대학원 컴퓨터공학 석사
 1996년 8월 아주대학교 대학원 컴퓨터공학 박사
 1999년~2006년 경기대학교, 인천대학교, 백석대학교 강사

2003년~현재 시립 인천전문대 겸임교수
 <관심분야> 멀티미디어 시스템 응용 및 S/W 시스템 구조, P2P 네트워크, 멀티캐스팅