VoD 서버를 위한 P2P 기반의 프리픽스 패칭 기법

이치훈*, 이근정*, 최창열*,최황규*
*강원대학교 전기전자정보통신공학부

e-mail:{chihun80,phinex93,cychoi,hkchoi}@mail.kangwon.ac.kr

A Peer to Peer Prefix Patching Scheme for VoD Servers

Chi-Hun Lee*, Keun Jeong Lee*, Chang Yeol Choi*, Hwang Kyu Choi*
*Dept of Electrical and Computer Engineering, Kangwon National University

요 약

VoD 시스템의 병목현상의 주요원인은 저장장치 또는 네트워크 입출력으로 인한 대역폭 요구량과 디지털 비디오의 장시간 서비스로 인한 높은 대역폭 요구량 때문이다. 패칭은 멀티캐스트 사용하여 VoD 시스템의 병목 현상을 극복한 가장 효과적인 기술 중 하나이다. 본 논문에서는 클라이언트를 이용한 프리픽스 패칭 사용과 함께 서버로부터 정규 멀티캐스트 스트림을 사용하여 기존의 패칭 기법을 개선하기 위한 P2Prefix 패칭 기법을 제안한다. 제안된 기법에서 각 클라이언트는 동일한 비디오 스트림을 요청하는 다른 클라이언트에게 프리픽스 스트림을 제공하기 위한 패칭 서버로서의 역할을 한다. 그 결과, 서버 대역폭 요구량은 서버로부터 패칭 채널을 제거하는 것으로 줄일 수 있다. 성능 평가에서 본 논문에서 제안한 패칭 기법이 기존의 패칭 기법과 비교해 볼 때 서버 대역폭 요구를 줄일 수 있음을 보인다.

1. 서론

VoD 서비스는 홈 엔터테인먼트, 디지털 비디오 라이브러리, 원거리 학습, 전자 상거래 등 많은 멀티미디어 응용의 가장 중요한 기술 중 하나이다. 기존의 VoD 서비스는 많은 원격 클라이언트들이 하나 또는 그 이상의 비디오 서버에 저장된 대량의 비디오로부터 원하는 비디오를 재생하도록 한다. VoD 시스템의 병목현상의 주요 원인은 VoD 서버의 저장장치 대역폭과 장시간 서비스로 인한 높은 네트워크 대역폭 요구량 때문이다. 이전의 많은 연구는 멀티캐스트나 브로드캐스트 기법을 통해 VoD 서버가 개선될 수 있음을 보여준다. 패칭은 멀티캐스트를 통한 VoD 서비스의 장점을 가장 효과적으로 사용한 기법중 하나이다[1]. 패칭은 새로운 사용자의 요청에 대해 기존의 멀티캐스트 스트림을 이용하게 함으로써 표준 멀티캐스트의 실시간 VoD 서비스의 가능성을 확장한 동적인 멀티캐스트 기법이다. 이 기법은 클라이언트에게 프리픽스 스트림을 전송하기 위한 추가적인 채널을 생성하게 함으로써 다음의 멀티캐스트를 기다리지 않고 즉시 서비스되도록 요청을 허락한다. 패칭 기법은 같은 패칭 윈도우 내의 모든 클라이언트는 하나의 정규 멀티캐스트 스트림과 모든 클라이언트를 위한 추가적인 패칭 스트림을 서버로부터 전송 받는다. 특히 인기 있는 비디오의 경우에 추가적인 패칭 스트림은 서버 대역폭 요구가 증가하기 때문에 패칭 윈도우 사이즈가 증가하더라도 기존 패칭의 성능은 제한된다. 최근에는 여러 논문에서 P2P 미디어 스트리밍 기법이 소개되었다[6][8]. P2P 미디어 스트리밍의 주요 장점은 많은 클라이언트의 스트림을 공유할 수 있어 시스템의 확장성이 좋다는 것이다. 그러나 P2P 네트워크에서 클라이언트의 행동을 예측할 수 없기 때문에 클라이언트의 이탈에 따른 복구 메커니즘이 요구된다.

본 논문에서는 서버로부터 전송되는 정규 멀티캐스트 스트림과 클라이언트로부터 전송되는 프리픽스 패칭을 사용하는 것으로 기존 패칭 기법의 성능 개선을 위한 새로운 패칭 기법인 P2Prefix 패칭 기법을 제안한다. 이 시스템에서 패칭 윈도우 사이즈 내에 도착하는 클라이언트들을 그룹으로 형성한다. 서버는 그룹 내에 있는 클라이언트를 위해 멀티캐스트를 수행한다. 그룹에서 서버로부터 전체 스트림을 받는 첫 번째 클라이언트를 제외한 다른 모든 클라이언트들은 스트림의 초기 부분을 전송받지 못하게 되어 패칭을 요청하게 되고, 그룹 내의 각 클라이언트들은 패칭을 요청하는 다른 클라이언트들을 위해 프리픽스를 서비스하게 된다. 그룹에서 첫 번째 클라이언트는

* 본 논문은 2005년 정보통신기초기술연구지원사업 연구결과의 일부임

비디오 스트림의 재생을 시작하고, 그 클라이언트는 자신의 버퍼에 비디오 스트림의 최근 부분을 캐시한다. 캐시된 스트림의 크기는 시간 내에 다음 클라이언트가 요청한 시간 간격과 동일하다. 다음 클라이언트가 도착 하자마자 이전 클라이언트에서 캐싱 처리는 종료되고 캐시된 스트림은 프리픽스 패칭을 위한 다음 클라이언트로 보내진다. 동시에 다음 클라이언트는 멀티캐스트 방법에서 서버로부터 정규 스트림을 받기 시작한다. 각 클라이언트는 후에 요청하는 클라이언트를 위해 프리픽스를 제공하기 위한 패칭 서버로서의 역할을 한다. 그 결과, 서버 대역폭 사용량은 서버로부터 패칭 채널을 제거함으로써 줄일 수 있다. 수행 평가에서, 제안된 패칭 기법이 기존의 패칭 기법과 비교해 볼 때 서버 대역폭 요구량을 줄일 수 있음을 보인다. 2장은 관련 연구로써 패칭 기법과 P2P 접근 기법으로 구성되어 있고, 3장은 본 논문에서 제안한 P2Prefix 패칭 기법에 대해서 설명한다. 4장에서는 제안된 패칭 기법의 성능을 분석하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺도록 한다.

2. 관련연구

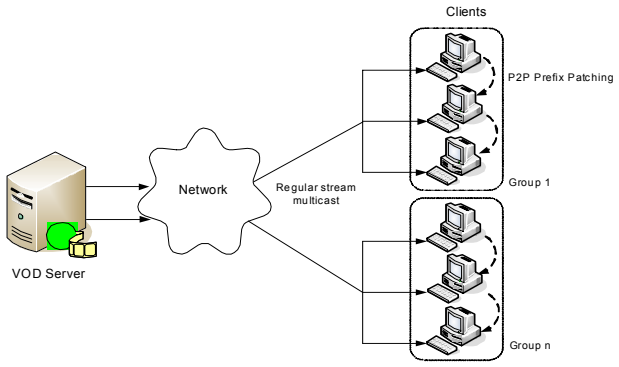
지난 10년 동안 VOD 시스템에 대해 많은 연구가 진행되어 왔다. 먼저 VOD 시스템의 관련 연구 중에서 서버의 대역폭을 줄이는 기법들에 대해 살펴본다. 비록 VOD 서버의 저장 공간이나 성능이 뛰어나도 해도 클라이언트가 증가하게 되면 성능은 제한된다. 서버의 한정된 대역폭으로 인해 생기는 문제점들을 극복하기 위해 멀티캐스트 기법을 기반으로 한 Patching, Batching 등이 제안되었다[6]. 최근에는 서버의 부하를 줄이기 위해 각각의 클라이언트들의 자원이나 성능을 이용하는 P2P 기법이 연구되고 있다[5][7]. 표준 멀티캐스트 기법을 사용하는 VOD 시스템은 초기 지연시간이 있다. 표준 멀티캐스트 기법을 확장한 Patching 기법은 새로운 서비스를 요청한 클라이언트에 대해 추가적인 Patching 채널을 사용하여 기존의 멀티캐스트 스트림을 전송받을 수 있도록 함으로써 True VOD 서비스를 지원한다[1]. 이 기술은 클라이언트에게 프리픽스 부분을 전송하기 위해 추가적인 멀티캐스트 채널을 생성하기 위한 지연시간이 없으므로 서비스를 즉시 할 수 있다. Greedy Patching 기법은 한 개 이상의 regular channel 이 생성되는 반면 Grace Patching 기법은 클라이언트가 B 시간 후에 요청해야만 새로운 regular channel 이 생성된다. 여기서 B 는 클라이언트의 버퍼 사이즈를 말하며 이로 인해 Patching 윈도우의 사이즈는 클라이언트의 버퍼크기의 제약을 받는다[2]. patching 채널은 오직 받지 못한 서비스의 앞부분만을 전송한다. 이와 같이 서버의 부하를 줄이기 두 개의 채널만을 사용함으로써 성능이 좋다. 하지만 patching 스트림의 증가 또한 서버 대역폭의 요구를 증가시키므로, 특히 인기 있는 비디오의 경우 patching 윈도우의 크기가 증가할지라도 성능은 낮아지게 된다[1].

VOD 서비스의 성능을 향상을 위한 또 다른 방법으로 Proxy 캐싱 기법이 있다. VOD 서버는 높은 대역폭과 대용량 비디오 데이터에 대한 높은 QoS 를 보장해야 하므로 서버의 부하를 local proxy server사용하여 나눌 필요가 있다. 또한 원격의 서버는 응답시간이 길고 네트워크 jitter가 심할 수 있으므로 프록시 캐싱을 기법을 사용하여 인기 있는 비디오의 초기부분을 proxy에 저장하여 서비스함으로써 네트워크 대역폭 요구량과 재생 지연시간을 줄일 수 있어 높은 질의 서비스를 제공할 수 있는 장점 때문에 proxy prefix caching 기법이 제안되었다[3][4]. 최근에는 다수의 P2P 미디어 스트리밍 기법이 제안되었다[5][6]. P2P는 다른 클라이언트들에게 서비스를 제공하기 위하여 클라이언트의 대역폭을 이용함으로써 효과적으로 피어의 대역폭 자원을 소비한다. P2P 미디어 스트리밍의 중요한 장점은 많은 수의 클라이언트의 스트림을 공유함으로써 규모가 큰 시스템에 사용할 수 있다는 것이다. 하지만 클라이언트는 자유롭게 서비스를 요청하고 이탈하기 때문에 클라이언트의 행동을 예측할 수가 없으며 하위의 피어들도 버려지게 된다. 이러한 단점을 극복하기 위해 클라이언트의 이탈에 따른 복구 과정이 필요하다. 이러한 관점에서 P2CAST 기법이 제안되었다[5]. P2Cast는 P2P 네트워크의 연구에 의해 유니캐스트 네트워크를 이용, IP 멀티캐스트 패칭 기법을 확장했다. P2Cast 기법에서 전체 비디오는 어플리케이션 레벨에서 클라이언트 간에 공유된다. 세션 내에서 첫 번째 클라이언트보다 늦게 도착한 클라이언트를 위해 세션은 시간 내에 도착한 클라이언트들로 구성되고, 그 후에 전송받지 못한 비디오의 초기부분은 다른 클라이언트나 서버로부터 재전송 받을 수 있다. 하지만 이 기법은 매번 요청이 있을 때마다 클라이언트와 서버 간에 정규 채널이 생성되므로 서버에 추가적인 부담이 생긴다.

3. P2Prefix 패칭 기법

3.1 P2Prefix의 개요

이 장에서는 본 논문이 제안한 P2Prefix 패칭 기법을 설명한다. P2Prefix 기법은 클라이언트로부터 프리픽스 패칭을 결합하고 기존의 패칭 기법의 성능을 향상시킬 수 있도록 서버로부터 정규 스트림을 멀티캐스트 한다. 그림 1은 제안된 기법의 전반적인 시스템 구조를 그린 그림이다. VoD 시스템의 구조는 중앙 VoD서버로 구성되고, VoD 서버는 전체 비디오에 대해 서비스하고 다수의 클라이언트들은 다른 클라이언트를 위해 프리픽스 패칭을 제공한다.



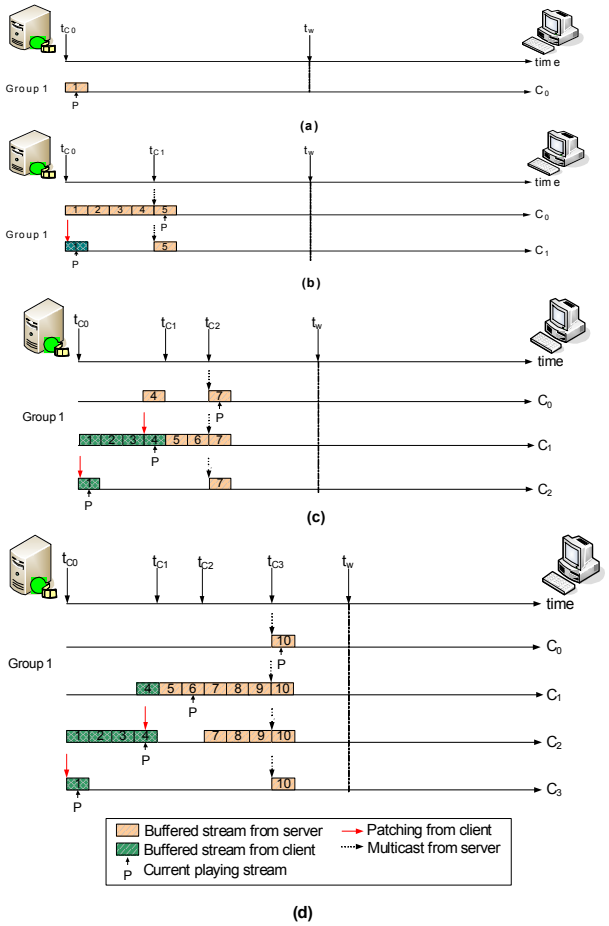
(그림 1) P2Prefix 패칭기법의 전체 시스템 구조

이 시스템에서 패칭 윈도우 사이즈 내에 도착하는 클라이언트들은 그룹을 형성하고 서버로부터 전송되는 멀티캐스트 스트림은 그룹에 속한 클라이언트에 다시 전송된다. 서버로부터 전체 스트림을 받는 그룹의 첫 번째 클라이언트를 제외하고 모든 다른 클라이언트들은 스트림의 초기 부분을 받지 못하며 패치를 요청하게 된다. 각 그룹의 첫 번째 클라이언트는 그룹에서 패치를 요청하는 다른 클라이언트를 위해 프리픽스를 제공한다. 그룹에서 첫 번째 클라이언트가 비디오 스트림을 재생하기 시작할 때 그 클라이언트는 버퍼에서 비디오 스트림의 최근 부분을 캐시한다. 캐시 된 스트림의 크기는 다음 클라이언트 요청시

간의 간격과 같다. 다음 클라이언트가 도착 하자마자 이전의 클라이언트는 캐싱을 중단하고 캐시 된 스트림은 프리픽스를 패칭 하기 위해 다음 클라이언트로 보내진다. 동시에 다음 클라이언트는 멀티캐스트 통해 서버로부터 정규 스트림을 받기 시작한다. 각 클라이언트는 나중에 도착하는 클라이언트에게 프리픽스를 제공하기 위해 패칭 서버로서의 역할을 한다. 그 결과, 서버로부터 패칭 채널을 제거하는 것으로 서버 대역폭 사용량을 줄일 수 있다.

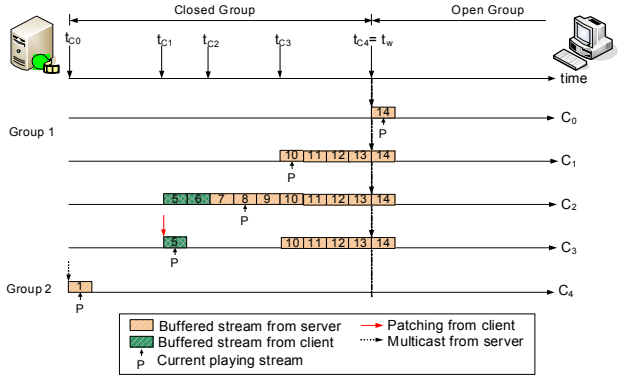
3.2 새로운 클라이언트의 승인

이 장에서는 P2Prefix의 클라이언트 참여과정을 설명한다. 그림 2(a)는 첫 번째 클라이언트 C_0의 도착을 나타내고 있다. 각 그룹의 첫 번째 클라이언트는 정규 채널을 생성하고 전체 스트림은 정규 채널을 통하여 전송된다. 스트림은 다음 클라이언트가 도착할 때까지 버퍼에 캐시된다. 그림. 2(b)는 다음 클라이언트 C_1 도착을 설명한다. C_1이 도착 하자마자 클라이언트 C_0는 캐싱을 마치고 캐시된 프리픽스 스트림을 다음 클라이언트에게 전송하기 시작한다. 클라이언트 C_1은 클라이언트 C_0로부터 프리픽스 부분을 전송받는 동시에 서버로부터 정규스트림을 전송받아 버퍼에 저장한다. 그림 2(c)와 (d)의 클라이언트 C_1같이 클라이언트의 프리픽스 버퍼는 체인으로 연결된 체로 이동되며, 그 스트림은 뒤에 요청한 클라이언트에게 전송된다.



(그림 2) P2Prefix 패칭 시나리오

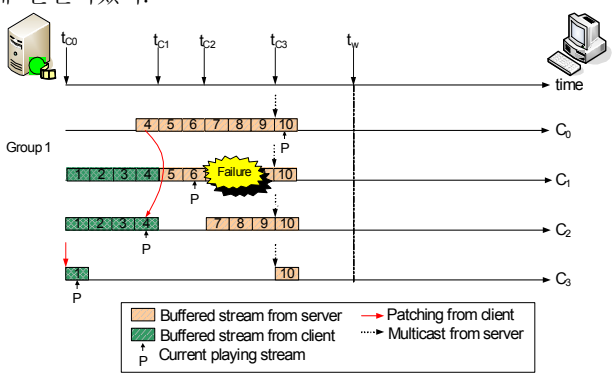
Grace 패칭과 같은 기존의 패칭 기법은 B 시간 이후 도착하는 클라이언트는 새로운 정규 채널을 시작한다. B는 클라이언트 버퍼 크기를 의미한다. 이와 같이 패칭 윈도우 크기는 클라이언트 버퍼의 크기에 의해 제한된다[1]. 제안된 P2Prefix patching 기법은 클라이언트의 사용 가능한 최대 버퍼 크기의 시간 내에 도착한 클라이언트들로 패칭그룹을 형성한다. 그림 3을 예로 들면, 첫 번째 클라이언트 요청 C_0가 tC_0에 도착했을 때 VoD 서버는 패칭 그룹 G_1을 생성하고 정규 채널은 서버와 클라이언트 사이에 위치한다. 채널이 준비되면 클라이언트는 서버로부터 정규 채널을 받기 시작한다. 일정 시간 내에서 다음 요청은 tC_1과 tC_2시간에 도착하고 그 클라이언트들은 첫 번째 패칭 그룹 G_1 에 조인한다. 같은 패칭 그룹 내에서 모든 클라이언트들은 같은 정규 채널을 통해 정규 스트림을 받아 버퍼에 저장한다. 도착시간 tC_4는 클라이언트 버퍼 사이즈와 같은 tw 보다 크기 때문에 클라이언트 C_3로부터 프리픽스 부분을 패치 받을 수 없다. 그러므로 그룹 G_1은 닫히고 새로운 클라이언트 요청을 받기 위해 다음 그룹 G_2가 열린다.



(그림 3) 새로운 그룹의 생성과정

3.3 이탈 및 복구

P2Prefix 패칭 기법에서 클라이언트의 이탈이나 대역폭이 불안정하거나 연결이 끊기는 것과 같은 네트워 상의 문제는 그룹 내에서 한 클라이언트로부터 다른 클라이언트들에게 프리픽스 패칭 스트림의 전달에 혼란을 가져올 수 있다. 따라서 실패한 클라이언트를 그룹 내의 다른 클라이언트나 중앙의 VOD 서버로 대체 하여 복구하는 방법을 제공한다. P2Prefix 기법에서 어떤 클라이언트가 실패했을 때 실패한 클라이언트의 다음 클라이언트는 프리픽스를 받기 위하여 실패한 클라이언트의 앞에 있는 클라이언트에게 연결된다. 실패한 클라이언트 없이 클라이언트의 체인을 재편성하기 위해 각 클라이언트는 두 개의 연속적인 요청이 도착할 때 까지 가능한 버퍼 내에 추가적인 스트림을 저장해야 한다. 그림4는 G_1그룹으로부터 C_1이 이탈하는 상황을 묘사하고 있다. 클라이언트 C_1이 이탈하고 C_2는 연속적으로 프리픽스 부분을 받기 위해 C_0에게 연결되었다.



(그림 4) 이탈 및 복구 과정

4. 성능 평가

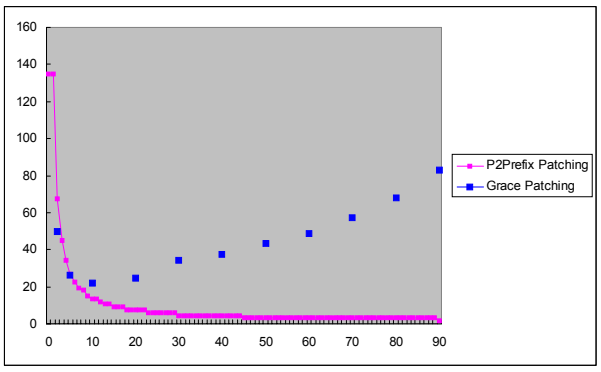
본 논문에서 제안한 P2Prefix 기법에 대한 성능 평가를 위하여 표 1에 나타난 파라미터를 이용하여 기본의 patching 기법과 비교하여 서버 부하량에 대한 성능 평가를 하였다.

(표 1) 성능평가 파라미터

파라미터	기본값	변화량
비디오의 수	100	N/A
비디오 길이 |v|(분)	90	N/A
평균 요청 간격(초)	10	5-10
비디오의 재생률 b(Mbps)	1.5	N/A
편이 개수	0.271	0.0-1
실험시간(시간)	10	N/A

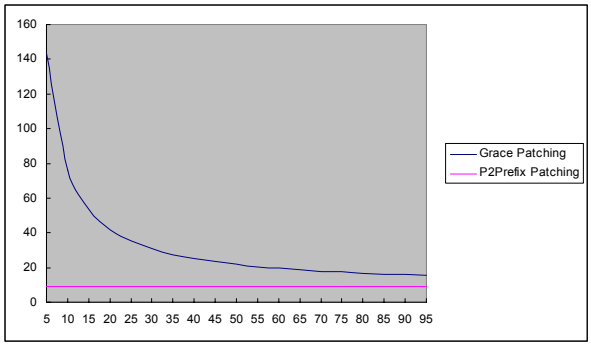
VOD 서버에 대한 클라이언트의 요청은 λ의 발생 빈도를 가지는 포아송 분포를 따른다고 가정한다. 또한 전체 비디오에 대한 요청 패턴이 편이 개수 θ 값을 갖는 Zipf-like 분포를 따른다고 가정할 때, 편이 계수의 기본값은 θ=0.271이라 한다. 편이 개수 값이 0일 때는 급격한 편이(heavy skew) 분포를 갖고, 1일 때는 들어오는 요청이 균등(uniform) 분포를 갖는다. N개의 비디오 중 비디오 i에 대한 요청 확률은 $P_i = \frac{c}{i^{(i-\theta)}}$ 을 갖는다.

그림 5는 클라이언트 버퍼크기의 변화에 대한 서버의 부하 요구량을 기존의 Grace Patching 기법과 비교한 결과이다. 클라이언트의 평균 요청 시간을 50초, 비디오의 길이는 90분으로 하였을 때 클라이언트의 버퍼 크기를 0에서 90으로 변화시키면서 측정하였다. 그림에서 보는 바와 같이 본 논문이 제안한 P2Prefix 기법이 Grace patching 보다 월등한 성능을 나타내는 것을 알 수 있다. Grace patching 기법은 클라이언트 버퍼 크기가 10분을 넘어서게 되면 서버의 요구량이 증가하는 것을 볼 수 있다. 하지만 본 논문에서 제안한 P2Prefix patching 기법은 클라이언트의 버퍼크기가 증가할수록 서버의 요구량이 줄어들게 된다. 이유는 클라이언트의 버퍼크기가 증가할수록 클라이언트간의 패칭 기법을 사용하여 더 많은 데이터를 전송할 수 있으므로 서버의 요구량은 줄어들기 때문이다.



(그림 5) 버퍼크기에 따른 대역폭 요구량

그림 6은 평균 요청 간격의 변화에 대한 서버 부하의 요구량을 기존의 patching 기법인 Grace Patching 기법과 비교한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 Grace patching 기법은 요청 시간의 간격이 증가함에 따라 서버의 요구량이 일정하게 감소하는 것을 알 수 있다. 이유는 요청 시간의 간격이 길어짐에 따라 patching stream의 양이 줄어들기 때문이다. 하지만 본 논문이 제안한 P2Prefix 기법은 초기부분을 서버로부터 전송 받는 것이 아니라 클라이언트로부터 전송 받으므로 서버의 대역폭을 필요로 하지 않는다. 따라서 서버의 대역폭 요구량은 그림과 같이 클라이언트의 요청 평균 요청 간격의 변화에 상관없이 평행한 모양을 하게 된다.



(그림 6) 평균 요청 간격에 따른 대역폭 요구량

5. 결 론

VOD 시스템은 대용량의 미디어를 다수의 사용자에게 실시간으로 전송하는 것을 목적으로 하며 고성능의 서버를 요구하는 시스템이다. 또한 최근 인터넷의 보급과 디지털 미디어 대한 사용자 요구가 증가하면서 이로 인한 부하가 VOD 서버에 집중되어 서버의 병목현상이 문제가 되고 있다. Patching 기법은 멀티캐스트를 사용하여 이러한 문제를 극복하기 위한 기법중의 하나이다. 본 논문에서 제안한 P2Prefix 기법은 클라이언트로부터 Patching 스트림을 전송받고 regular 스트림은 서버로부터 전송받는 방식을 사용하여 VOD 서버의 병목현상을 해결하고자 하였다.

참고문헌

[1] K. A. Hua, Y. Cai, and S. Sheu, "Patching: A Multicast Technique for True Video-on-Demand Services", In Proc. of ACM Multimedia '98, Bristol, U.K., Sep. 1998.

[2] Y. Cai, K. A. Hua and K. Vu, "Optimizing Patching Performance", In Proc. of SPIE's Conference on Multimedia Computing and Networking '99, San Jose, Jan. 1999.

[3] S. Sen, J. Rexford, and D. Towsley, "Proxy Prefix caching for Multimedia Streams", In Proc. of the IEEE Infocom, Vol. 3, 1998.

[4] B. Wang, S. Sen, M. Adler, and D. Towsley, "Optimal Proxy Cache Allocation for Efficient Streaming Media Distribution", In Proc. of the IEEE Infocom, Vol. 3, New York, NY, June 2002.

[5] Y. Guo, K. Suh, J. Kurose, and D. Towsley "P2Cast: Peer-to-peer Patching Scheme for VoD Service", In Proc. of the 12th World Wide Web Conference (WWW-03), Budapest, Hungary, May 2003.

[6] A. Dan, D. Sitaram and P. Shahabuddin. "Dynamic Batching Policies for An On-Demand Video Server", Multimedia Systems, 4(3):112-121, June 1996.

[7] T. Do, K. A. Hua, and M. Tantaoui, "P2VoD: Providing Fault Tolerant Video- on-Demand Streaming in Peer-to-Peer Environment", In Technical Report 2003, SEECS, UCF, http://www.cs.ucf.edu/tdo/.