

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2014.14.1.69>

IIBC 2014-1-9

P2P 라이브 스트리밍 시스템을 위한 프리페칭/캐싱 통합 기법

An Integrated Prefetching/Caching Scheme for P2P Live Streaming

김태영*, 김은삼**

Taeyoung Kim*, Eunsam Kim**

요약 본 논문에서는 P2P 라이브 스트리밍 시스템에서 각 피어의 캐싱과 프리페칭 영역 비율을 조절하여 성능을 향상시키는 버퍼링 기법을 제안한다. 이를 위해 재생 시점을 기준으로 피어들을 그룹핑한 후 그룹 내 각 피어의 상대적인 재생 시점에 따라 캐싱과 프리페칭을 적응적으로 결정한다. 즉, 피어의 재생 시점이 최근일수록 캐싱 영역의 비율을 증가시키고 이른 시점일수록 프리페칭 영역을 증가시킴으로써 그룹 내 피어들 간에 버퍼맵 구간의 중복 정도를 크게 높일 수 있다. 마지막으로 시뮬레이션 실험을 통해 본 논문에서 제안하는 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법이 기존 고정 영역 버퍼링 기법보다 평균 지터 비율, 초기 재생 지연 시간 및 공유 가능한 버퍼맵 비율 등에서 우수한 성능을 나타낸다는 것을 보인다.

Abstract In this paper, we propose a buffering scheme to improve the performance in P2P live streaming systems by adjusting the ratio of caching and prefetching portion of each peer. To this end, we assign all the peers into many groups depending on their playback periods. We then determine the ratio of caching and prefetching portion in each peer depending on its playback time position relative to those of other peers within the same group. In other words, as the playback position of a peer gets later, we increase the ratio of its caching portion. On the contrary, as the playback position of a peer gets earlier, we increase the ratio of its prefetching portion. This can significantly increase the degree of data duplication among peers that belong to each specific group. By simulation experiments, we show that our proposed an integrated prefetching/caching scheme can improve the performance considerably in terms of jitter ratio, initial playback delay and shared buffermap ratio when compared to the existing fixed portion buffering scheme.

Key Words : P2P live streaming, Prefetching, Caching, Buffering

1. 서론

최근 네트워크의 기술의 발전으로 IP 네트워크 기반으로 멀티미디어 서비스를 제공하는 IPTV 서비스가 활발히 제공되고 있다^{[1][2]}. 인터넷 환경에서 IPTV 서비스를 제공하기 위해서는 확장성이 높고 낮은 설치비용

으로 구현할 수 있는 P2P 기반의 IPTV 시스템이 주목받고 있다^[3]. 메시 기반의 P2P 스트리밍 시스템에서는 피어들이 각자 저장하고 있는 데이터를 서로 공유함으로써 필요한 데이터를 전송받는다^[4-7]. 다시 말해서 각 피어는 자신이 저장하고 있는 데이터의 가용성을 나타내는 버퍼맵(buffermap) 정보를 다른 피어들과 서로 교

*준회원, 홍익대학교 컴퓨터공학과

**정회원, 홍익대학교 컴퓨터공학과

접수일자 2013년 12월 27일, 수정완료 2014년 1월 23일

게재확정일자 2014년 2월 7일

Received: 27 December, 2013 / Revised: 23 January, 2014

Accepted: 7 February, 2014

**Corresponding Author: eskim@hongik.ac.kr

Dept. of Computer Engineering, Hongik University, Korea

환하여 필요한 데이터가 저장되어 있는 피어 정보를 얻는다.

기존의 VOD 서비스를 지원하는 P2P 스트리밍 시스템에서는 캐싱(caching)과 프리페칭(prefetching)과 같은 버퍼링 기법을 통해 시스템 성능을 향상시켜왔다^{[8]-[11]}. 이러한 시스템에서는 각 피어가 보유한 비디오 파일들을 다른 피어들과 공유함으로써 VOD 서비스를 제공한다. 즉, 각 피어는 자신이 재생하기 원하는 비디오를 이미 저장하고 있는 피어들을 자신의 이웃피어로 선정한다. 이웃 피어들이 해당 비디오 파일 전체를 이미 저장하고 있기 때문에 재생에 필요한 데이터를 미리 요청만 하면 쉽게 확보할 수 있다. 정상 속도 재생뿐만 아니라 빨리 감기, 되감기 등의 VCR 기능이 수행되어 재생 속도가 변경되더라도 필요한 데이터를 미리 예측 가능하기 때문에 버퍼링을 쉽고 효과적으로 수행할 수 있다.

반면 실시간 방송을 지원하는 것을 목적으로 하는 P2P 라이브 스트리밍 시스템은 라이브 방송 시점 전후의 원활한 재생을 위한 최소한의 데이터만을 메인 메모리에 버퍼링한다. 따라서 피어들이 서로 원하는 데이터를 원활하게 공유하기 위해서는 피어들의 메인 메모리에 버퍼링되는 구간들이 서로 최대한 중복되는 것이 필요하다. 하지만 P2P 시스템의 특성상 채널을 전환한 시점에 따라 각 피어의 서버와의 재생 시간 차(lag time)가 발생하기 때문에 피어들이 모두 라이브 시점을 재생하고 있다고 생각하더라도 버퍼링 구간이 크게 분산될 수 있다. 더구나 VCR 기능을 지원하게 되면 피어들의 재생 시점이 더욱 분산되게 된다. 또한 일반적으로 라이브 시점에 재생이 집중되는 경향이 있기 때문에^[12] 라이브 방송 시점에서 멀어질수록 피어들의 수가 급격히 감소하여 버퍼링 구간들이 서로 중복될 가능성이 감소하게 된다. 이와 같이 피어들이 메인 메모리에서 짧은 구간에 대해서만 버퍼링을 수행하고 피어들의 버퍼링 구간도 분산되는 P2P 라이브 스트리밍 서비스의 특성으로 인해 기존의 VOD 시스템을 위한 버퍼링 기법을 그대로 사용하는 것이 힘들다^[13].

따라서 본 논문에서는 P2P 라이브 스트리밍 시스템에서 각 피어 버퍼맵의 캐싱과 프리페칭 영역의 비율을 적응적으로 조절하여 성능을 향상시키는 기법을 제안한다. 이를 위해 재생 시점을 기준으로 피어들을 그룹핑 한 후 해당 그룹마다 수퍼 피어를 선정하여 해당 그룹 내 피어들의 재생 시점 정보를 주기적으로 수집하게 한다. 각 피

어는 자신의 재생 시점보다 재생 시점이 최근인 피어들의 데이터를 전송받아 재생하게 된다. 따라서 특정 그룹 내의 재생 시점이 가장 이른 피어의 입장에서는 자신이 이미 재생을 완료한 데이터를 필요로 하는 피어가 존재하지 않기 때문에 이런 데이터를 캐싱할 필요가 없다. 반면 재생 시점이 가장 최근인 피어는 그룹 내 모든 피어들이 자신의 재생 시점보다 이르기 때문에 자신의 버퍼맵과 중복되는 피어들에게 캐싱하고 있는 데이터를 상대적으로 더 많이 전송해 줄 수 있다. 이러한 사실을 바탕으로 본 논문에서 제안하는 버퍼링 기법에서는 그룹 내 각 피어의 상대적인 재생 시점에 따라 캐싱과 프리페칭을 적응적으로 결정한다. 즉, 피어의 재생 시점이 최근일수록 캐싱 영역의 비율을 증가시키고 이른 시점일수록 프리페칭 영역을 증가시킴으로써 그룹 내 피어들 간에 버퍼맵 구간의 중복 정도를 크게 높일 수 있다.

마지막으로 시뮬레이션 실험을 통해 본 논문에서 제안한 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법과 고정 영역 버퍼링 기법의 성능을 평균 지터 비율, 초기 재생 지연 시간 및 공유 버퍼맵 비율을 통해 비교한다. 또한 이러한 실험 결과를 통해 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법이 고정 영역 버퍼링 기법보다 우수한 성능을 나타낸다는 것을 보인다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 P2P 스트리밍 시스템에서 버퍼링 기법 관련된 기존 연구들을 기술한다. 3장에서는 기존의 메시 기반의 P2P 시스템에서 사용하는 고정 영역 버퍼링 기법의 문제점과 본 논문에서 제안하는 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법에 대해 설명한다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법과 기존의 고정 영역 버퍼링 기법의 성능 차이를 실험을 통해 분석한다. 마지막으로 5장에서 결론을 서술한다.

II. 관련 연구

PPLive^[6]와 같은 메시 기반의 P2P 스트리밍 기법에서는 각 피어가 그림 1과 같은 버퍼맵을 서로 공유하여 자신에게 필요한 데이터를 파악하여 전송 받는 구조를 제공한다^[7]. 그림 1에서 재생이 완료된 청크들이 있는 영역은 차후 새로 전송받은 데이터로 덮어 써지기 때문에 이웃 피어들이 실제 요청하는 시점에서 유효하지 않게 될

수 있는 문제점이 있다. 버퍼맵에서 전송받은 데이터가 있는 청크는 '1'로 표시되고 데이터가 없는 영역은 '0'으로 표시된다.

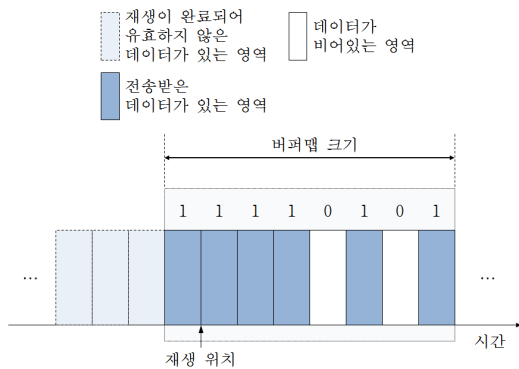


그림 1. 피어의 버퍼맵 구조
Fig. 1. Peers 's buffermap structure

VOD 서비스를 위한 P2P 스트리밍 시스템에서는 성능 향상을 위해 다양한 캐싱 및 프리페칭 기법들이 제안되었다. VOD 서비스가 비디오 파일들을 자신의 저장 장치에 저장한 후에 그 비디오 데이터를 다른 피어들과 공유할 수 있다는 점을 이용하여 파일 전체를 다운 받아서 협업 캐싱을 가능케 하는 GridCast^[8] 기법이 제안되었다. COCONET^[9]는 피어의 저장 공간 일부를 캐싱 용도로 따로 할당하고 VOD 영상의 일부분을 해당 영역에 저장하여 저장된 데이터만을 이웃피어와 교환하여 피어들 간의 협업 캐싱이 가능하게 하였다. 또한 요청 순서로 캐싱할 데이터를 결정하는 기존의 FIFO 협업 캐싱과 달리 주변 피어에게 자주 전송한 비디오 패킷 위주로 캐싱을 수행하는 Video-Popularity Based Caching^[10] 기법도 제안되었다. 인기를 고려한 캐싱 기법은 ISP에 대한 부하를 줄이기 위해 복제본의 비용을 결정할 때에도 사용되었다. 대표적으로 P2P VOD-Suboptimal^[11]이 복제본의 비용에 대한 최적화 알고리즘을 제안하였다. 하지만 이 기법들은 모두 VOD 중심의 P2P 스트리밍 시스템을 기반으로 동작한다. 즉, 피어들이 비디오 파일 전체를 재생 시작 이전에 이미 저장하고 있기 때문에 필요한 데이터를 미리 예측하여 프리페칭하는 방식으로 수행된다.

한편 P2P 라이브 스트리밍 서비스에서의 캐싱 및 프리페칭 기법 연구는 주로 초기 재생 지연 시간을 줄이거나 재생 연속성을 증가시키기 위해 효율적인 오버레이

구조를 개발하는데 집중되어 왔다. PPLive를 이용하여 피어들의 재생 시점을 미디어서버와 최대한 동기화시켜서 중복되는 버퍼의 양을 증가시키는 기법도 제안되었다^[14]. 하지만 현재 P2P 라이브 스트리밍 구조에서는 VCR 기능을 지원하는 연구도 거의 진행되지 않았기 때문에 각 피어의 재생 시점에 따른 버퍼링 기법에 대한 연구도 거의 없다. 본 논문에서는 P2P 라이브 스트리밍 서비스의 특성을 고려하여 각 구간에서 재생 중인 피어들의 재생 시점에 따라 버퍼맵의 캐싱 영역과 프리페칭 영역을 적응적으로 조정하는 새로운 버퍼링 기법을 제안한다.

III. 프리페칭/캐싱 통합 기법

본 장에서는 기존의 P2P 메시 구조의 고정 영역 버퍼링 기법의 문제점에 대해서 기술하고 이러한 문제점을 극복할 수 있는 본 논문에서 제안하는 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법에 대해 상세히 기술한다.

1. 기존 고정 영역 버퍼링 기법의 문제점

기존의 메시 기반의 P2P 스트리밍 구조에서는 피어들이 자신의 이웃 피어들과 주기적으로 교환하는 버퍼맵을 통해 자신이 필요한 비디오 청크를 어느 피어가 저장하고 있는지 파악하여 전송을 요청한다. 하지만 이때 각 피어는 자신이 필요한 데이터가 다른 피어들이 현재 버퍼링하고 있는 데이터와 전혀 중복되지 않는다면 현재 재생에 필요한 데이터를 전송받을 수 없게 된다. 이런 경우에는 트래커 서버가 재생 시점이 다른 새로운 이웃 피어들을 선정하여 해당 피어에게 알린다. 해당 피어는 새로운 이웃 피어들로부터 데이터를 전송받기 위해 현재 재생 시점으로부터 일정 구간을 건너뛰으로써 다른 피어들과 버퍼링 구간을 동기화하게 된다. 더구나 피어들 간의 서버와의 재생 시간 차이가 커지거나 VCR 연산 지원으로 인해 피어들의 재생 시점이 분산되는 정도가 커질수록 피어들의 버퍼링 구간이 중복되는 정도가 더욱 감소하게 된다. 이것은 동기화를 위해 재생 구간을 건너뛰는 경우를 빈번하게 발생시켜서 P2P 스트리밍 성능을 전체적으로 저하시키게 된다.

한편 기존 P2P 메시 구조에서는 이웃피어와 교환할 버퍼맵의 대부분의 영역은 향후 재생에 필요한 부분으로 구성된다. 이미 재생되어 현재 재생 시점보다 오래된 부

분은 현재 재생 시점 이후의 데이터로 채워질 것이므로 곧 유효하지 않게 된다. 다시 말해서 각 피어의 버퍼에는 사실상 거의 활용하기 힘든 제한된 크기의 고정 캐싱 영역만 존재하고 거의 모든 부분이 프리페칭 해야 할 영역으로 사용된다는 것이다. 이와 같은 기존 P2P 구조에서는 다른 피어들의 버퍼링 상태를 전혀 참고하지 않기 때문에 피어들 간에 버퍼맵 중복 정도를 동적으로 높일 수 있는 방법이 없다.

2. 프리페칭 캐싱 통합 버퍼링 기법

본 논문에서는 P2P 라이브 스트리밍 시스템에서 그룹 내 각 피어의 재생 시점에 따라 버퍼맵의 캐싱과 프리페칭 영역을 조절하여 피어들 간의 데이터 중복 정도를 높이는 통합 버퍼링 기법을 제안한다.

가. 재생 구간에 따른 피어 그룹 관리 구조

본 논문에서 제안하는 P2P 라이브 스트리밍 시스템에서는 트래커 서버가 해당 비디오 재생 구간을 일정한 간격으로 나눈 후 각 구간을 하나의 그룹으로 할당한다. 이때 트래커 서버는 동적으로 변화하는 그룹 내 피어들의 재생 시점 정보를 주기적으로 전송받아서 관리한다.

각 피어가 처음으로 접속하거나 VCR 기능으로 인해 재생 시점이 변경되어 특정 그룹에 새롭게 조인하는 경우에는 트래커 서버에게 자신의 이웃피어들을 선�택해 줄 것을 요청한다. 이때 트래커 서버는 해당 그룹 내의 피어들을 우선적으로 고려한다. 하지만 해당 그룹 내에서 필요한 데이터를 전송할 수 있는 피어의 수가 충분하지 않은 경우에는 재생 시점을 기준으로 인접한 다른 그룹에 속한 피어를 이웃피어로 선정할 수 있다. 또한 특정 피어가 자신이 필요한 데이터를 전송받을 수 있는 이웃피어의 수가 그룹 내외에서 모두 부족한 경우에는 직접 소스 서버에게서 데이터를 전송받을 수 있다.

나. 캐싱 및 프리페칭 영역 결정

이러한 P2P 구조에서 수퍼피어는 해당 그룹 내의 모든 피어들의 재생 시점을 지속적으로 수집하여 각 피어의 캐싱 및 프리페칭 영역 비율을 결정하는데 사용한다. 그림 2에서는 그룹 j 에 속한 피어들의 버퍼맵 정보를 재생 시점을 기준으로 표시하였다. 여기서 IS_j , IL_j 는 각각 그룹 j 가 시작하는 시점과 이 그룹의 구간 길이를 나타낸다.

각 피어는 재생이 끊기지 않기 위해 현재 재생 시점 이후의 청크들을 마감 시간 내에 이웃피어들로부터 전송받아야 한다. 예를 들어 그림 2에서 P_{i+1} 은 자신의 재생 시점 이후에서 버퍼맵 구간이 겹치는 부분이 있는 P_i , P_{i+2} 및 P_{i+3} 으로부터 필요한 청크들을 요청해서 전송받거나 다른 피어들로부터 요청받은 청크들을 전송해 준다. 이때 그룹에서 재생 시점이 가장 이른 피어인 P_i 가 이미 재생을 완료한 데이터를 필요로 하는 피어는 그룹 내에서 존재하지 않는다. 따라서 그룹 내의 다른 피어들을 위해서 자신의 현재 재생 시점 이전의 데이터는 더 이상 저장하고 있을 필요가 없게 된다. 즉, 그룹 내에서 재생 시점이 가장 이른 피어는 데이터를 캐싱할 필요가 없는 것이다.

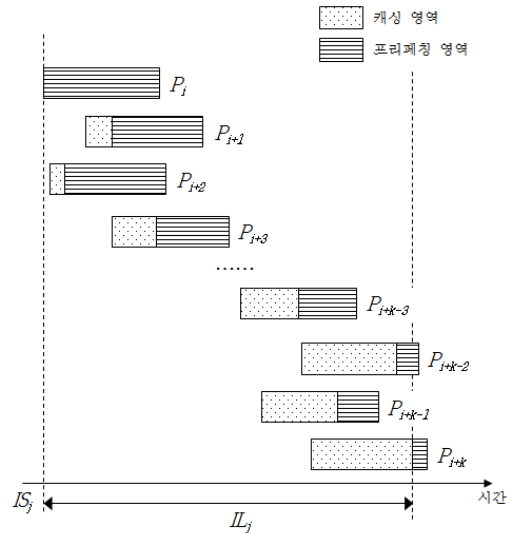


그림 2. 그룹 내 피어 재생 시점 분포
Fig. 2. Distribution of peers' playback time positions within a group

반면 그룹 내에 재생 시점이 가장 최근인 피어인 P_{i+k} 의 경우에는 그룹 내 모든 피어들이 자신의 재생 시점보다 이르기 때문에 자신의 버퍼맵과 중복되는 피어들에게 상대적으로 많은 데이터를 전송할 수 있을 것이다. 따라서 그룹 내 피어들의 성능을 전체적으로 향상시키기 위해서 자신의 재생을 위한 최소한의 프리페칭 영역을 제외한 나머지는 다른 피어들에게 데이터를 제공하기 위한 캐싱 영역으로 사용하는 것이 바람직하다.

이에 따라 각 피어는 같은 그룹 내에서 다른 피어들의

재생 시점과 비교하여 자신의 상대적인 재생 시점에 따라 캐싱과 프리페칭 영역 비율을 (1)을 이용하여 적응적으로 결정한다.

$$CR_i = \left(\frac{PS_i - IS_j}{IL_j} \right) \times CR_{max} \quad (1)$$

피어의 재생 시점이 최근일수록 캐싱 영역의 비율을 증가시키고 이른 시점일수록 프리페칭 영역을 증가시킴으로써 그룹 내 피어들 간에 버퍼맵 구간의 중복 정도를 크게 높일 수 있도록 한다. 이를 위해 먼저 임의의 피어 P_i 에 대해 자신의 재생 시점(PS_i)과 그룹 j 가 시작하는 시점(IS_j)의 차이 값을 통해서 자신의 재생 시점이 그룹 j 전체 구간 중에서 얼마나 최근인지를 구한다. 이 값에 비례해서 P_i 버퍼맵의 캐싱 영역의 비율(CR_i)을 결정하기 위해 그룹 j 의 구간 길이(IL_j) 값으로 나눈다. 이때 그룹에서 재생 시점이 가장 최근인 피어도 최소한의 프리페칭 영역을 확보하기 위해 캐싱 영역 비율이 최대 CR_{max} 로 제한되도록 위에서 구한 값에 이 값을 곱한다. 또한 피어 P_i 버퍼맵의 프리페칭 영역은 캐싱 영역을 제외한 나머지 부분이므로 그 비율은 전체에서 CR_i 값을 뺀 값이 된다.

이와 같이 제안하는 버퍼링 기법은 피어 간 재생 시점의 차이가 상대적으로 커지더라도 프리페칭과 캐싱 영역을 그룹 내에서 각 피어의 상대적인 재생 시점에 따라 결정하여 전체적으로 피어들이 필요로 하는 데이터를 원활하게 공급함으로써 전체 성능을 향상시킬 수 있게 된다.

IV. 실험 및 결과

본 논문에서는 P2P 오버레이 구조를 지원하는 시뮬레이션 프로그램인 PeerSim을 사용하여 메시 기반의 P2P 라이브 스트리밍 구조에 대한 실험을 6000초 동안 수행하였다. 먼저 본 논문에서 제안한 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법과 기존의 고정 영역 버퍼링 기법에서 피어 수에 따른 성능을 보이기 위해 피어 수를 1200개, 1800개, 2400개로 나누어 수행하였다. 버퍼맵의 청크 수를 512개로 설정하였다. 일반 피어와 라우터 사이의 대역폭은 10Mbps부터 100Mbps까지 고르게 분포시켰고 백본 네트워크는 10Gbps로 설정하였다. 서버가 직접 푸시 방식

으로 데이터를 전송하는 최대 일반 피어 수와 각 일반 피어가 연결하는 최대 이웃 피어 수는 각각 25개와 7개로 설정했다. 각 피어는 가입과 탈퇴를 반복하는 동적 환경을 구성하였다. 또한 각 비디오의 재생률은 720Kbps, 청크 크기는 30KB, 값은 0.75로 설정하였다. 자세한 실험 파라미터는 표 1에 제시되어 있다.

표 1. 실험 파라미터
Table 1. Experiment parameters

파라미터	값	
실험 피어 수	2400/1800/1200 (개)	
라우터와 피어간의 대역폭	100Mbps	240/180/120 (개)
	50Mbps	1200/900/600 (개)
	20Mbps	480/360/240 (개)
	10Mbps	480/360/240 (개)
백본 네트워크의 대역폭	10Gbps	
미디어 서버의 최대 피어 수용 능력	25(개)	
일반 피어의 최대 피어 수용 능력	7(개)	
비디오 재생률	720Kbps	
청크 크기	30KB	
버퍼맵 당 청크 수	512 (개)	
시뮬레이션 시간	6000 (초)	

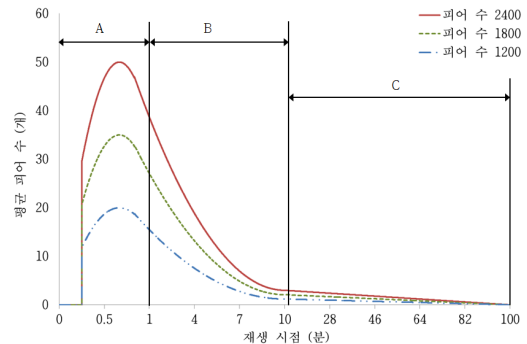


그림 3. 재생 구간과 평균 피어 수
Fig. 3. Playback time interval and the average number of peers

한편 TV 시청 시간 분포에서 일반적으로 피어들의 재생시점이 라이브 방송 시점에 집중되는 경향^[12]을 반영하기 위해 그림 3과 같이 세 가지 구간으로 피어 수를 배분하였다. 즉 전체 6000초를 라이브 시점으로부터 60초 이

내의 구간(구간 A), 60초부터 660초 이내의 구간(구간 B), 660초부터 6000초 이내의 구간(구간 C)에 각각 평균적으로 전체 피어의 50%, 40%, 10%를 배치하였다.

이와 같은 실험 환경에서 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법과 기존의 고정 영역 버퍼링 기법의 성능을 지터 비율, 초기 재생 지연 시간 및 공유 버퍼맵 비율을 통해 비교 분석한다. 여기서 지터 비율이란 피어가 요청한 패킷이 재생 시점까지 도달하지 못한 비율을 의미한다. 초기 재생 지연 시간은 피어가 비디오 시청을 요청한 시점부터 실제 재생이 시작되는 시점 사이의 지연 시간을 의미한다. 또한 공유 버퍼맵 비율은 각 피어가 전송받은 버퍼맵 전체 청크 중에서 실제 필요로 하는 청크들의 비율을 의미한다.

1. 지터 비율

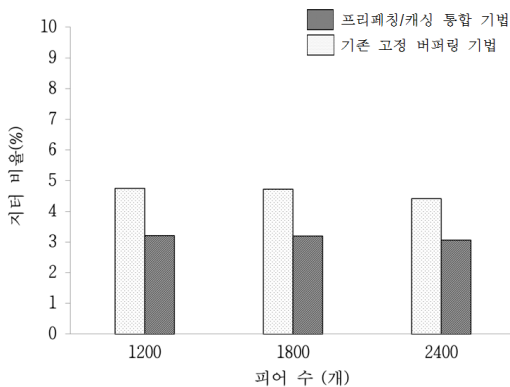


그림 4. 피어 수에 따른 지터 비율
Fig. 4 Jitter ratio according to the number of peers

그림 4는 참여하는 피어 수를 증가시킬 때 본 논문에서 제안한 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법과 기존의 고정 영역 버퍼링 기법의 평균 지터 비율을 나타낸 것이다. 세 실험 환경에서 모두 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법이 모든 피어 수에서 지터 비율이 낮다는 것을 알 수 있다. 즉, 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법이 고정 영역 버퍼링 기법에 비해 피어 수 1200개, 1800개, 2400개에서 각각 지터비율이 각각 32.5%, 32.4%, 30.6% 낮았다. 이것은 본 논문에서 제안한 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법에서 각 피어가 해당 그룹 내의 재생 시점에 따라 캐싱과 프리페칭 영역의 비율을 효과적으로 조절하여 피어들 간에 서로 전송할 수 있는 중복된 데이터 양을 크게 늘렸기 때문이다. 따라서 각 피어는 버퍼링한 데이터 중에서 상

대적으로 더 많은 양을 다른 피어와 공유할 수 있기 때문에 마감 시간 내에 도착하는 청크의 비율도 높아지게 되는 것이다.

특히 버퍼맵 크기가 가장 작은 실험에서 지터 비율의 차이가 가장 크다는 것을 알 수 있다. 피어 수가 가장 적은 피어 1200개 실험의 경우 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법의 지터비율은 3.1%인 반면 기존 P2P 메시 구조의 고정 영역 버퍼링 기법의 지터 비율은 4.7%로서 32.5%의 성능 향상을 보였다. 이것은 고정 영역 버퍼링 기법에서는 버퍼맵의 크기가 작으면 피어 간 공유되는 데이터 구간이 좁더라도 늘릴 수 없지만 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법은 캐싱 영역을 늘림으로써 이러한 공유 데이터 구간을 큰 폭으로 증가시킬 수 있기 때문이다.

2. 초기 재생 지연 시간

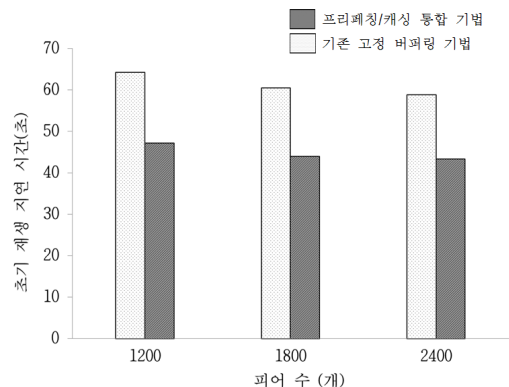


그림 5. 피어 수에 따른 초기 재생 지연 시간
Fig. 5. Startup delay according to the number of peers

그림 5는 시뮬레이션에 참가한 피어 수를 1200개, 1800개, 2400개로 증가시킬 때 두 버퍼링 기법의 초기 재생 지연 시간을 나타낸 것이다. 예상대로 세 실험 환경 모두 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법의 초기 재생 지연 시간이 고정 영역 버퍼링 기법에 비해 짧다는 것을 알 수 있다. 피어 수를 증가시킬 때 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법이 고정 영역 버퍼링 기법에 비해 각각 17.1초, 16.6초, 15.5초 짧은 초기 재생 지연 시간을 보였다. 특히, 피어 수가 가장 적은 피어 1200개 실험의 경우 적응적 버퍼링 기법의 초기 재생 지연 시간은 47.2초인 반면 기존 P2P 메시 구조의 고정 영역 버퍼링 기법의 초기 재생 지연 시간은 64.3초로서 26.6%의 성능 향상을 보였다. 이러한 성능 향상의 이유는 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법

에서 각 피어는 버퍼링한 데이터 중에서 상대적으로 더 많은 양을 다른 피어와 공유할 수 있기 때문에 초기 재생에 필요한 데이터를 상대적으로 짧은 시간 내에 확보할 수 있는 것이다.

반면 고정 영역 버퍼링 기법에서는 캐싱과 프리페칭 영역의 비율이 고정되어 있고 다른 피어들의 상태를 고려하지 않기 때문에 특정 재생 구간에서 피어들 간에 버퍼링된 데이터의 중복 정도를 동적으로 높일 수 있는 방법이 없다. 즉, 다른 피어들이 필요한 데이터를 확보하여 전송해 줄 때까지 기다려야 하므로 초기 재생을 위해서 상대적으로 긴 시간이 필요하다.

또한 그림 5에서 보듯이 참가한 피어 수가 감소함에 따라 두 기법 모두 초기 재생 지연 시간이 길어진다는 것을 알 수 있다. 이것은 참가한 피어 수가 적어지면 각 재생 구간에서 시청하는 피어 수가 감소하여 연결 가능한 이웃 피어 수가 줄게 되어 초기 재생에 필요한 데이터를 확보하는데 더 많은 시간이 필요하기 때문이다.

3. 공유 버퍼맵 비율

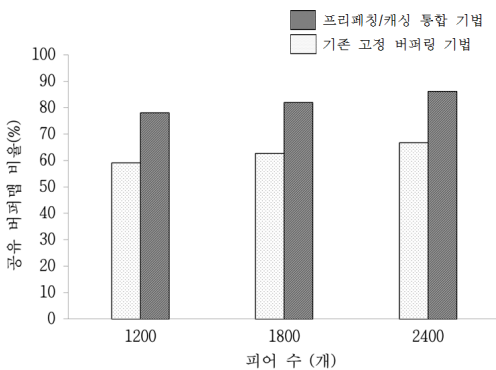


그림 6. 피어 수에 따른 공유 버퍼맵 비율
Fig. 6. Average shared buffermap ratio according to the number of peers

그림 6은 전체 피어 수를 증가시킬 때 두 버퍼링 기법의 공유 버퍼맵 비율을 나타낸 것이다. 버퍼맵의 공유 비율이 높다는 것은 피어들이 자신이 필요한 데이터를 전송 받을 수 있는 가능성이 높다는 것을 의미한다. 따라서 공유 버퍼맵 비율은 지터 비율과 상반되는 결과를 나타내는 것을 알 수 있다. 즉, 모든 실험 환경에서 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법이 상대적으로 높은 공유 버퍼맵 비율을 보인다. 즉, 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법은 피어 수가 증가함에 따라 각각 24.3%, 23.5%, 22.6% 높은

비율을 보였다.

이러한 실험 결과들을 통해 본 논문에서 제안한 프리페칭/캐싱 통합 버퍼링 기법이 모든 실험 환경에서 각 피어 버퍼맵의 캐싱과 프리페칭 영역을 지능적으로 조절함으로써 기존 고정 영역 버퍼링 기법에 비해 성능을 크게 향상시킨다는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 피어들이 짧고 분산된 구간에 대해서 버퍼링을 수행하는 P2P 라이브 스트리밍 서비스의 특성을 고려하여 버퍼맵의 캐싱과 프리페칭 영역을 통합하는 버퍼링 기법을 제안하였다. 이 기법에서는 피어들을 재생 시점에 따라 그룹으로 구분하고 특정 그룹 내에서 각 피어들의 상대적인 재생 시점을 기준으로 캐싱과 프리페칭 영역의 비율을 결정하였다. 이를 통해 피어 간에 공유되는 데이터 범위를 늘임으로써 평균 지터 비율, 초기 재생 지연 시간 및 공유 버퍼맵 비율에서 우수한 성능을 나타낸다는 것을 보였다.

References

- [1] B. Park, "A Study on Next-Generation IPTV Multimedia Transmission Scheme," Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 9, No. 2, pp. 21-28, 2009.
- [2] G. Lee, R. Tolentino, Y. Jeong, Y. Kim and G. Park, "A Distribution Scheme of Media Content using Hash Chain in the IPTV Environment," Journal of Korean Institute of Information Technology, pp.214-217, June 2009.
- [3] A. Sentinelli, G. Marfia, M. Gerla, L. Kleinrock and S. Tewari, "Will IPTV Ride the Peer-to-Peer Stream?," Communications Magazine, IEEE, Vol. 45, No. 6, pp.86-92, 2007.
- [4] S. Kim and E. Kim, "An Energy-Efficient Mobile P2P Streaming Structure Using Agent Peers," Journal of the Korea Society of Computer and

- Information, Vol. 16, No .6, pp.113-120, 2011.
- [5] C. Lee and T. Jeong, "Group Management Structure of Segments for P2P-based On Demand Streaming Services," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol.10, no.7, pp.1621-1630, July 2009.
- [6] X. Hei, C. Liang, J. Liang, Y. Liu and K. Ross, "A Measurement Study of a Large-Scale P2P IPTV System," Proc. IEEE Multimedia, Vol. 9, No. 8, pp.1672-1687, 2007.
- [7] X. Hei, Y. Liu and K. Ross. "IPTV over P2P Streaming Networks: The Mesh-Pull Approach," Journal of IEEE Communications Magazine. Vol.46, No.2, 2008.
- [8] B. Cheng, L. Stein, H. Jin, X. Liao and Z. Zhang, "GridCast: Improving Peer Sharing for P2P VoD," Journal of ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications, Vol. 4, No. 4, 2008.
- [9] N. Bartolini, S. Nikolettseas, P. Sinha, V. Cardellini and A. Mahanti, "COCONET: Co-operative Cache Driven Overlay NETWORK for P2P VOD Streaming," Journal of Quality of Service in Heterogeneous Networks, Vol. 22, 2009.
- [10] T. Fujimoto, R. Endo, K. Matsumoto and H. Shigeno, "Video-Popularity-based Caching Scheme for P2P Video-on-Demand Streaming," Proc. IEEE AINA, pp.748-755, 2011
- [11] W. Wu and J. Lui, "Exploring the Optimal Replication Strategy in P2P-VoD Systems: Characterization and Evaluation," Journal of IEEE Parallel and Distributed Systems, Vol. 23, No. 8, 2012.
- [12] T. Wauters, W. Van de Meerse, F. De Turck, Bart Dhoedt, P. Demeester, T. Van Caenegem and E. Six, "Co-operative Proxy Caching Algorithms for Time-Shifted IPTV Services," Proc. EUROMICRO SEAA, pp.379-386, 2006.
- [13] T. Kim and E. Kim, "An adaptive buffering scheme for P2P live streaming systems," Journal of Digital Contents Society, Vol. 13, No. 4, 567-574, 2012.
- [14] C. Yishuai, C. Chen and C. Li, "Measurement Study of Cache Rejection in P2P Live Streaming System," Proc. IEEE ICDCS, pp.12-17, 2008.

저자 소개

김 태 영(준회원)



- 2011년 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2012년 ~ 현재 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 석사과정
- <관심분야 : P2P 비디오 스트리밍, IPTV 시스템 등>

김 은 삼(정회원)



- 1994년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
- 1996년 : 서울대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2006년 : Univ. of Florida 컴퓨터공학과 박사
- 1996년 ~ 2002년 : LG전자 선임연구원
- 2006년 ~ 2007년 : LG전자 책임연구원
- 2007년 ~ 현재 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 부교수
- <관심분야 : 분산 멀티미디어 시스템, 컴퓨터 저장시스템 등>