

P2P VoD 스트리밍에서 사용자 시청 패턴을 고려한 Self-Organizing Anchor Overlay 기법

황의영*, 편도후**, 이춘화**
*한양대학교 전자컴퓨터통신공학과
**한양대학교 공과대학 컴퓨터공학부

e-mail : marieui@mcc.hanyang.ac.kr, pyeondh@hanyang.ac.kr, lee@hanyang.ac.kr

SOAO : Self-Organizing Anchor Overlay Based on User Interactivity for Peer-to-Peer VoD Streaming

EuiYoung Hwang*, Dohoo Pyeon**, Choonhwa Lee**
*Dept. of Electronics Computer Engineering, Hanyang University
**Dept. of Computer Science and Engineering, Hanyang University

요 약

P2P VoD 스트리밍에서 비디오 서비스를 제공받는 사용자의 시청 패턴은 비디오의 시작부터 끝까지 순차시청 모델에 기초하고 있다. 최근 비디오 재생지점의 임의 변경을 허용하는 VCR 기능과 같은 사용자 interactivity 지원과 재생지점 변경 시 지연을 최소화 하는 연구가 활발하게 진행되어 왔다. 본 논문에서는 VCR 동작 시 오버레이 상에서 필요로 하는 콘텐츠를 소유한 피어를 신속하게 찾고 비디오 구간별 인기도에 근거하여 prefetching 을 지원하는 시스템을 제안한다. 비디오의 균등한 구간에서의 인기도를 측정하여 인기구간과 비인기구간에 대해서 동적으로 앵커 피어들을 링크드 리스트로 오버레이를 구성한다.

1. 서론

IPTV 는 일회성, 단방향이었던 기존 TV 의 한계를 넘어 TV 프로그램, 영화, UCC 비디오, 홈쇼핑, 온라인 게임, 뉴스 등 원하는 내용을 언제든지 볼 수 있도록 해줌으로써 우리 생활에 일대 변혁을 가져왔다.

하지만, 최근 IPTV 서비스의 성장은 단조로운 서비스와 제한된 콘텐츠 외에도 전송 네트워크 품질 및 성능 문제가 제기 되고 있다. 사용자들을 만족시키기에는 기존의 IP 멀티캐스트나 CDN 기반의 스트리밍으로는 비용, 보급, 채널 수, 시스템 용량의 면에서 넘어서기 어려운 한계가 있음을 인식하고, 대안으로 P2P 기반의 멀티미디어 스트리밍에 주목하기 시작하였다. P2P 스트리밍에서는 일반적으로 라이브 스트리밍과 VoD 스트리밍으로 분류가 될 수 있다. 라이브 스트리밍은 사용자들이 같은 시간에 같은 화면을 보기 때문에 VoD 스트리밍에 비해 피어들간의 청크 스케줄링은 비교적 간단하며 Narada [1], CoolStreaming [2], PPLive [3] 등이 이에 속한다. 이에 반해, VoD 스트리밍은 비동기적으로 사용자들이 시스템에 조인을 하고 서로 다른 화면을 보기 때문에 고려해야 할 사항들이 많다. 또한, 비디오의 시작부터 끝까지 시청하는 순차시청을 근간으로 하고 있어 VoD 스트리밍에서 지원 해야 할 VCR 동작 방식에 대한 연구가 최근까지 진행되어 왔다. 기존 방식에서는 사용자들이 많이

시청한 인기구간을 고려하지 않고 이웃들의 시청 패턴만을 고려하여 청크 스케줄링 및 선반입 정책을 시스템에 제안했다[4][5]. 전체 네트워크상에서 사용자들의 시청 패턴 및 인기구간을 고려함과 동시에 재생지점 변경 시 생기는 잦은 화면 멈춤과 긴 지연으로 인한 QoE (Quality of Experience) 저하 문제를 개선해야 할 필요성이 있다. 따라서, 본 논문에서는 P2P VoD 스트리밍에서 사용자들이 비디오 시청(순차 및 재생지점 변경)시에 필요로 하는 청크를 소유한 피어를 신속하게 찾으면서 비디오 인기 구간을 측정하여 선반입 정책에 반영한다. 결과로써 P2P VoD 스트리밍에서의 VCR 동작 지원에 따른 서비스 향상을 가능하게 된다.

2. 관련연구

P2P 스트리밍에서 오버레이 구조에 따라 트리기반 방식과 메시기반 방식으로 분류가 될 수 있다. 트리기반 방식은 소스 서버를 루트로 하여 안정된 네트워크 환경에서는 콘텐츠 전달이 빠르지만, single point of failure 를 초래하는게 단점이다. 이와 반대로 메시기반 방식은 피어들의 이웃관계가 동적으로 형성되어 이웃이 시스템을 떠나도 다른 이웃으로부터 콘텐츠를 주고받는 것이 가능하여 많은 P2P 스트리밍에서 적용되고 있다. 본 논문에서는 메시 기반에서 재생지점이 유사한 피어들을 이웃으로 유지하며 VCR 동작 시 제안하는 시스템을 통해서 lookup 및 prefetching 을 수행한다.

※ 이 논문은 2010 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0000562)

P2P VoD 스트리밍에서 VCR 동작 형태의 사용자 인터랙션 분석 결과 bookmark [6] 가 지원되는 시스템에서는 tagging 이나 특정 지점을 중심으로 비디오 시청 패턴이 많이 발생되었다. 또한, forward/backward 패턴 비율이 7:3 으로 나타났으며 forward 패턴 중 80%가 재생지점으로부터 5 분 내외에서 많이 발생이 되었다 [7]. 이와 달리, 특정 인기구간을 제공하지 않게 되면 사용자 시청 패턴을 판단하기 어렵기 때문에 비디오 길이에 따라 균등하게 anchor point 구간을 지정하고 여유 다운로드 대역폭을 사용하여 anchor point 부분을 우선시하여 prefetching 을 한다 [7]. VCR 동작 시 해당 지점에 체크가 없을 경우 가장 가까운 선반입된 anchor point 로 이동하여 지연 현상을 최소화 한다. DISC [8] 시스템에서도 균등한 지점을 반입하며 이웃들의 시청 패턴을 고려하여 동적으로 체크 스케줄링을 한다. 비디오 인기구간을 측정하기 위해서 기존 연구에서는 두 가지 방식을 고려하였다. Tracker 또는 proxy server 서버에 피어들이 소유하고 있는 체크 정보를 주기적으로 업데이트하여 인기도를 측정하는 방식이다 [9]. 하지만, tracker 에서의 트래픽 오버헤드가 단점으로 지적된다. Gossip protocol 에서는 이웃들에게 소유 정보를 전파하여 buffer map 정보를 통해서 시청 패턴을 파악하게 된다 [4][5]. 이 방식은 buffer map 누적 정보를 취합하여 인기있는 지점을 판별해야 되지만 메시지 오버헤드가 많이 발생되며 전체 네트워크에서 모든 피어들의 시청 패턴을 판단하기 어렵다.

3. Self-Organizing Anchor Overlay

기존 연구에서는 VCR 동작을 감안하지 않고 순차적인 시청 패턴을 가정하고 있다. 그 결과 사용자의 fast-forward, rewind, forward/backward random seek 동작 요청은 스트림을 재시작하는 형태로 지원되기 때문에 VCR 동작에 대한 성능은 현격하게 저하될 수 밖에 없다. 본 논문에서는 사용자 시청 패턴이 많이 발생하는 비디오의 인기구간을 관리하는 ‘Adaptive Anchor Peer(AAP)’를 오버레이상에 유지한다. 인기도에 따라서 인기구간은 조밀하게, 비인기구간에 대해서는 성기게하여 AAP 가 유지하는 구간 범위를 유동적으로 조절하게 된다. 또한, AAP 는 인기도에 따라 유동 간격으로 링크드 리스트 형태로 오버레이를 형성하며 AAP 가 fail 또는 시스템에서 떠날 경우를 대비하여 백업 지원 및 load-balancing 을 고려한다.

비디오 구간 범위(300 초)		구간 요청수(83)				
Segment ID(요청수)	1(17)	2(12)	3(19)	4(8)	5(27)	
Segment 를 소유한 피어 정보	Peer(03)	Peer(01)	Peer(43)	Peer(04)	Peer(43)	
	Peer(09)	Peer(19)	Peer(27)		Peer(76)	
	Peer(02)		Peer(11)		Peer(24)	
			Peer(66)		Peer(85)	
					Peer(80)	
Successor AAP						
Predecessor AAP						
Current AAP						
Best AAP (Rank 1)						
Best AAP(Rank 2)						
Worst AAP						

Peer(Number) : Peer ID

표. 1 AAP(Adaptive Anchor Peer) 가 유지하는 정보

표 1 은 AAP 가 유지하는 테이블을 나타내며, 비디오 구간 범위 내에서 세그먼트를 소지한 피어 및 해당 구간의 요청수, 비디오 구간 범위, 가장 인기있는 구간을 관리하는 Best AAP, 비인기구간을 관리하는 Worst AAP 및 Successor (다음 AAP 정보) / Predecessor AAP (이전 AAP 정보) 등을 유지 및 관리한다. VCR 동작 시 구간 또는 해당 지점의 세그먼트 요청수를 무작정 인기도에 반영하게 되면 의미없이 재생 지점을 변경하는 사용자들로 인해 인기구간을 정확하게 측정하지 못하게 된다. 이런 맥락에서 사용자가 재생지점 변경 후 일정 threshold 초 동안 순차 시청을 할 경우에만 요청수에 반영한다. 메시 오버레이 상에서 피어들은 해당 세그먼트 반입 완료 시 재생 지점 구간을 담당하는 AAP 에 소유 정보를 업데이트 하게 된다. 또한, 각 세그먼트 요청수에 따라 해당 세그먼트를 소유하고 있는 피어 수를 비슷한 비율로 유지하도록 하여 AAP 로 요청되는 트래픽 오버헤드를 줄여주게 된다. 그리고 백업 및 load-balancing 을 위해서 k 개의 replica 피어를 유지하게 되는데 이를 위해 가장 최근에 세그먼트 정보를 업데이트한 피어를 선정하여 AAP 가 유지하는 정보를 복사해 줌으로써 스트리밍에서 VCR 동작 지원에 대한 성능 향상을 배가시켜 준다.

3.1 AAP Overlay

평상시에는 메시 오버레이에서 피어들이 재생지점이 비슷한 이웃들로부터 비디오를 전송받지만 재생 지점 변경시 해당 지점의 체크를 소유한 피어를 찾게 됨으로써 지연 현상이 발생되게 된다. 따라서 제안하는 시스템에서는 해당 구간을 관리하는 AAP 를 통해서 재생지점 변경 시 특정 체크를 소유한 피어를 빠른 시간내에 찾게 된다. 시스템 초기에는 그림 1 에 도시된 바와 같이 비디오 길이에 따라서 일정 간격으로 AAP 를 유지하지만 시간이 지남에 따라서 구간별 인기도에 따라 AAP 가 유지하는 비디오 간격을 조정하면서 오버레이를 재구성하게 된다.

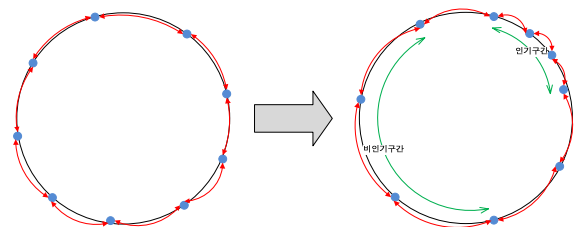


그림.1 비디오 구간 인기도에 따른 AAP 간격 조정

인기도에 따라 재구성된 오버레이에서 사용자들은 재생지점 변경 시 비디오 시청 지연을 최소화 하기 위해 가장 인기있는 구간을 담당하는 AAP 로부터 조밀한 지점에 대해서 여유 다운로드 대역폭이 있을 경우 prefetching 을 수행하게 된다. 본 논문에서 제안된 비디오 인기구간에 따른 오버레이 구성 및 시스템 전반에 관한 내용은 3.2 에서 다룬다.

3.2 AAP 오버레이 동작

시스템 내에서 초기에 비디오를 일정 구간(5 분 단위)으로 균등하게 나누어 그 범위 내의 세그먼트를 소유한 피어 등의 정보를 각 AAP 들이 유지하게 된다. 임의의 피어가 조인시에 비디오 초기 구간을 담당하는 AAP 와 연결을 맺고 AAP 에서 관리하는 피어들 중 일부를 메시 오버레이에서 이웃으로 선정하여 체크 스케줄링을 하게 된다. 그리고 각 피어들은 반입 완료된 세그먼트를 구간을 담당하는 AAP 에게 업데이트 하게 된다. 이때, AAP 가 시스템에서 나갈 경우 피어들이 재생지점 변경 시 특정 체크를 소유한 supplier 피어를 찾는 과정과 인기구간에 따른 Best / Worst AAP 유지 방법을 고려해야 한다. 그림 2 에 도시된 바와 같이 임의의 구간을 담당하는 AAP 가 시스템에서 떠날 경우 가장 최근에 복사해 둔 replica 피어를 선정하여 AAP'로 교체를 시킨다. 그리고 AAP 가 이전에 유지하고 있던 Successor AAP 및 Predecessor AAP 와의 링크드 리스트 정보를 AAP' 로 수정하여 오버레이를 재구성하게 된다.

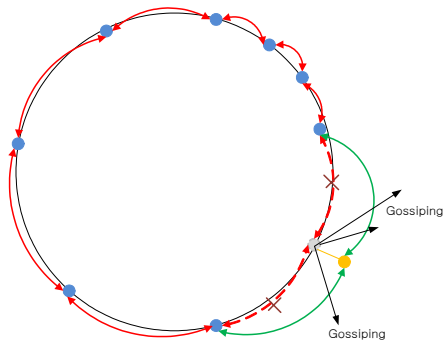


그림.2 AAP 가 시스템에서 떠날 경우의 동작 방식

또한, 시스템에서 나가려는 AAP 가 테이블 상에 유지하고 있던 모든 피어들에게 새로운 대표 피어인 AAP'로 교체 되었음을 gossip protocol 을 통해서 전파하게 되며 피어들은 Current AAP 를 AAP'로 수정하고 세그먼트 소유 정보를 AAP'에게 업데이트 하게 된다. 세그먼트 요청수 및 비디오 구간 요청수 즉, 인기도 수치는 k 개의 replica 피어들과 담당 AAP 간에 동기화 과정을 이면에서 주기적으로 수행하고 있으므로 AAP 가 시스템에서 나가더라도 스트리밍에서의 성능 저하가 발생되지 않는다. VCR 동작 시 일반 피어들은 자신의 Current AAP 가 유지하고 있는 Successor / Predecessor AAP 의 링크드 리스트를 통해서 변경하려는 지점을 담당하는 AAP 를 lookup 하게 된다. Best / Worst AAP 정보를 포함하여 요청 메시지를 전파하게 되는데 서로 다른 피어들이 알고 있는 Best / Worst AAP 가 다를수 있으므로 그들이 유지하고 있는 인기도를 비교해서 계속 업데이트를 하게 된다. 그림 3 은 비디오 구간 인기도에 근거하여 Best AAP 및 Worst AAP 의 구간 범위 변경과 이에 따라 오버레이를 재구성하는 과정을 나타낸 것이다. 요청수가 누적되면서 인기도

가 높은 구간에 대해서는 Best AAP 구간 범위를 더 조밀하게 나누어 k 개의 replica 피어들 중 일부를 선정하여 새로운 노드로 등록한다. 그리고 조밀한 구간(75 초)을 담당하게 될 새로운 노드는 구간 범위 변경 및 노드 정보를 gossip protocol 을 통해서 주변 피어 및 Best AAP 가 관리하던 피어들에게 알린다. 이와 반대로 Worst AAP 는 인기도가 가장 낮으므로 초기에 유지했던 범위를 더 넓게 설정하여 관리하게 된다.

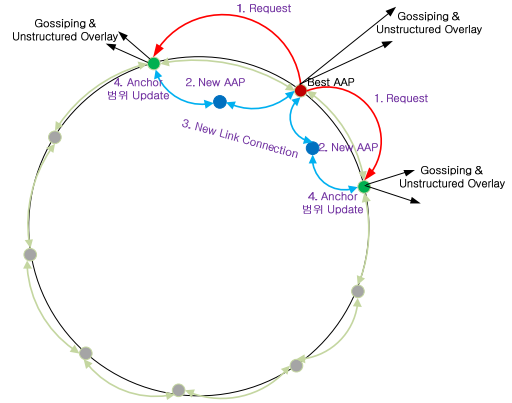


그림.3 비디오 인기구간을 담당하는 Best AAP 동작 방식

4. 결론

본 논문에서는 사용자 시청 패턴을 고려하여 인기 구간과 비인기구간을 측정하여 VCR 동작 지원을 효율적으로 서비스 하기 위해 ‘Adaptive Anchor Peer (AAP)’를 링크드 리스트로 구성하는 오버레이를 제안하였다. 본 방식의 장점은 임의의 피어가 재생지점 변경 시 supplier 피어를 신속하게 찾고 비디오 구간을 인기도에 근거하여 동적으로 유지함으로써 선반입 정책을 통해 사용자들이 최소한의 지연으로 비디오 시청을 할 수 있도록 하는데 있다.

참고문헌

- [1] Y. Chu, S. G. Rao, and H. Zhang, “A Case for End System Multicast”, in ACM SIGMETRICS, 2000
- [2] X. Zhang, J. Liu, B. Li, and T. S. P. Yum, “DoNet/CoolStreaming: A Data-Driven Overlay Network for Live Media Streaming”, in IEEE INFOCOM, 2005
- [3] Y. Huang, T. T. J. Fu, D. M. Chiu, J. C. S. Lui, and C. Huang, “Challenges, Design, and Analysis of a Large-Scale P2P VoD System”, in ACM SIGCOMM, 2008
- [4] U. Abbasi and T. Ahmed, “COOCHING: Cooperative Prefetching Strategy for P2P Video-on-Demand”, in IFIP, 2009
- [5] Y. He, and Y. Liu, “VOVO: VCR-Oriented Video-on-Demand in Large-Scale Peer-to-Peer Networks”, in IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol.20, No.4, April 2009
- [6] A. Brampton, A. MacQuire, and I. A. Rai, “Characterising User Interactivity for Sports Video-on-Demand”, in ACM NOSSDAV, 2007
- [7] B. Cheng, X. Liu, Z. Zhang, and H. Jin, “A Measurement Study of a Peer-to-Peer Video-on-Demand System”, in IPTS, 2007
- [8] L. Guo, S. Chen, Z. Xiao, and X. Zhang, “DISC: Dynamic Interleaved Segment Caching for Interactive Streaming”, in IEEE International Conference on Distributed Computing Systems, 2005
- [9] C. M. Huang, and T. H. Hsu, “A User-Aware Prefetching Mechanism for Video Streaming”, in World Wide Web: Internet and Web Information Systems, 6, 353-374, 2003