P2P 캐싱을 기반으로 한 효율적인 브로드캐스트 스트리밍 기법

이치훈*, 정의석*, 최황규**
*강원대학교 컴퓨터정보통신공학과
e-mail: pupurit@mail.kangwon.ac.kr

An Efficient Broadcast Streaming Scheme Based on P2P Caching

Chi-Hun Lee*, Ey-Suk Jung*, Hwang-Kyu Choi**
*Dept. of Computer & Information Communications Engineering, Kangwon National University

요 약

본 논문은 periodic 브로드캐스트 기법과 P2P 기법을 응용하여 기존의 periodic 브로드캐스트 기법의 문제점인 초기 서비스 지연시간을 없애고 버퍼공간을 효율적으로 사용할 수 있는 새로운 P2P 기법을 제안한다. 제안된 기법은 staggered 브로드캐스트 기법을 사용하여 정규 스트림을 전송하고 초기 서비스 지연시간에 해당하는 프리픽스 스트림은 P2P기법을 응용한 캐싱 기법을 적용하여 전송한다. 또한 클라이언트 버퍼 공간의 효율적인 이용을 위해 다른 그룹의 클라이언트에게 스트림을 전송한 후에는 버퍼를 비운다. 성능평가를 통해 기존의 기법보다 클라이언트 버퍼 요구량을 줄일 수 있음을 보인다.

1. 서론

VOD 시스템은 대용량의 멀티미디어 데이터를 다수의 사용자에게 네트워크를 통하여 실시간으로 전송하는 시스템이다. 그러나 기존의 서버-클라이언트로 이루어진 VOD 시스템은 다수의 요청에 따른 부하가 서버에 집중되며, 특히 네트워크 대역폭의 고갈로 인하여 서비스의 제한을 초래하였다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 기법으로 P2P, periodic 브로드캐스트 등 많은 기법들이 연구되었다. 그 중 periodic 브로드캐스트 기법은 추가적인 대역폭의 할당 없이 불특정 다수의 사용자에게 미디어 스트림을 전송할 수 있으므로 효과적인 방법이다. 하지만 초기 서비스 지연시간이 길고 프리픽스 스트림을 저장하기 위해 많은 공간을 필요 하다는 단점이 있다.

본 논문에서는 기존의 브로드캐스트 기법의 초기 서비스 지연시간을 없애고 프리픽스 스트림을 저장하기 위한 버퍼공간을 적게 사용 하는 새로운 기법을 제안 하였다. 제안된 기법에서 서버는 staggered 브로드캐스트 기법[1]을 사용하여 정규스트림을 전송하고, 초기 서비스 지연시간에 해당하는 프리픽스 스트림은 P2P 기법을 응용한 캐싱 기법을 적용하여 전송한다. 따라서 초기 서비스 지연시간이 없을 뿐만 아니라, 다른 클라이언트에게 전송해야 하는 프리픽스 스트림을 클라이언트가 나누어 저장함으로써 버퍼요구량 또한 적다.

* 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사과정
** 강원대학교 전기전자정보통신공학부 교수

본 논문은 정보통신부가 지원하는 대학기초연구과제(과제번호 B1220-0401-0203) 연구 결과의 일부임

2. 관련연구

본 장에서는 본 논문과 관련된 periodic 브로드캐스트 기법과 P2P 스트리밍 기법의 연구 결과에 대하여 알아보고자 한다.

P2P 스트리밍 기법은 서버의 집중되는 부하를 클라이언트의 자원을 활용하여 해결하는 기법으로 대표적인 기법으로는 P2cast[7]와 P2VoD[8] 기법이 있다. P2cast 기법은 임의의 임계값을 설정하고 그 임계값 내에 요청한 클라이언트들을 하나의 세션으로 정의한 후 그 세션안의 클라이언트들이 P2P 방식을 사용하여 스트림을 전송하는 방식이다. P2VoD 기법은 클라이언트들을 클라이언트의 버퍼 크기를 고려하여 멀티캐스트 트리로 구성하고 그 멀티캐스트 트리를 통해 스트림을 연속적으로 전송하는 기법이다.

Periodic 브로드캐스트 기법은 비디오를 여러 개의 세그먼트로 나누고 그 세그먼트를 각각의 브로드캐스트 채널을 통해 주기적으로 전송하는 기법이다. 하지만 periodic 브로드캐스트 기법은 초기 서비스 지연시간이 길다는 단점이 있다. 이런 단점을 보안하기 위해 브로드캐스트 채널을 통해 전송되는 세그먼트의 크기를 작게 하여 초기 서비스 지연 시간을 줄이기 위한 여러 가지 기법들이 제안되었다[2][3][4][5][6].

3. P2Prefix Broadcast 기법

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 P2prefix Broadcast 에 대해 설명한다. 이를 위하여 먼저 P2prefix Broadcast 에 대한 전반적인 개요를 설명하고, 클라이언트의 참여에 따른 스트림 전송과정을 정규스트림과 프리픽스 스트림에 대해 각각 나누어 설명한다.

3.1 P2prefix Broadcast 기법의 개요

그림 1은 본 논문에서 제안한 P2prefix Broadcast 기법의 전체 시스템 구성도 이다. 그림 1에 나타난 바와 같이 P2prefix Broadcast 시스템은 VOD 서버와 다수의 클라이언트로 구성된 P2prefix 그룹으로 구성된다.

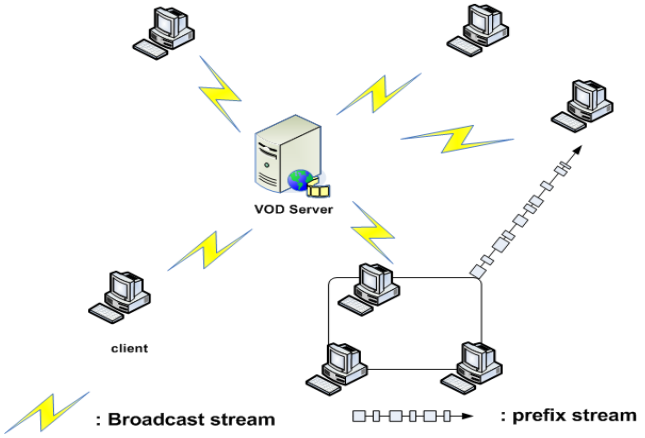

그림 1. P2prefix Broadcast 의 전체 시스템 구성도

클라이언트는 캐싱을 수행하기 위한 저장 공간을 가지고 있으며, 서버로부터 브로드캐스트를 통해 정규스트림을 전송받는 동시에 프리픽스 스트림은 P2prefix 그룹으로부터 전송받는다.

3.2 스트림 전송방식

1)정규스트림:Staggered Broadcast를 이용한 전송

P2prefix Broadcast 기법에서 서버는 Staggered브로드캐스트를 통해 정규스트림을 전송한다. 그림 2는 Staggered 브로드캐스트의 기본 동작 방식을 나타내는 그림이다. Staggered 브로드캐스트는 그림에서 보는바와 같이 각 미디어 스트림을 동일한 크기의 K 개의 세그먼트로 나눈 뒤 각각의 세그먼트를 할당된 K개의 채널을 통해 하나의 세그먼트에 해당하는 시간 차이를 두고 전송한다.

Channel 1	Seg 1	2	3	4	·····	K	Seg 1	2	·····
Channel 2	K	Seg 1	2	3	·····	K-1	K	Seg 1	·····
Channel 3	K-1	K	1	2	·····	K-2	K-1	K	·····
Channel K	2	3	4	5	·····	Seg 1	2	3	·····

그림 2. Staggered Broadcast

Staggered 브로드캐스트 기법의 경우, 클라이언트는 캐싱을 위한 추가적인 버퍼가 필요 없을 뿐만 아니라 채널의 변경 없이 미디어 스트림을 전송받을 수 있는 장점이 있는 반면 초기 서비스 지연시간이 존재하는 단점이 있다. 초기 서비스 지연시간을 줄이기 위해 세그먼트를 작게 나눈다 하더라고 하나의 세그먼트만큼의 초기 서비스 지연시간은 존재하므로 True VOD 서비스를 지원하지 못한다. 따라서 본 논문에서 제안한 P2prefix Broadcast 기법에서는 초기서비스 지연시간에 해당하는 프리픽스 스트림을 P2P와 캐싱을 사용하여 전송함으로써 True VOD 서비스가 가능하도록 하였다.

2)프리픽스 스트림:P2P와 캐싱을 이용한 전송

그림 3은 본 논문이 제안한 P2prefix Broadcast 기법의 동작을 나타낸 그림이다. 그룹은 임의의 채널을 기준으로 세그먼트 1이 전송되는 시간 안에 미디어 스트림을 요청한 클라이언트들로 구성되며, 그룹의 클라이언트들은 캐시 버퍼를 사용하여 세그먼트 1을 나누어 저장한 뒤, 다른 그룹의 클라이언트들에게 전송한다.

P2prefix Broadcast 기법에서 클라이언트는 다음과 같이 세 개의 버퍼를 가지고 있다.

- Prefix 버퍼: 그림 3에서 PB로 표현하였으며 이 버퍼는 세그먼트 1의 전송이 시작된 시점부터 클라이언트가 미디어 스트림을 요청한 시점까지의 미디어 스트림을 저장하는 버퍼를 말한다. 클라이언트는 이 버퍼에 클라이언트로부터 프리픽스 스트림을 전송 받아 플레이 하며 플레이된 버퍼는 비워지고 캐시 버퍼나 브로드캐스트 버퍼로 사용된다.
- 캐시 버퍼: 그림 3에서 CB로 표현된 이 버퍼는 세그먼트 2의 스트림을 전송받고 있는 그룹이, 동시에 다른 채널을 통해 전송되는 세그먼트 1의 스트림을 저장하는데 사용된다. 저장된 스트림은 다른 그룹의 클라이언트들에게 프리픽스 스트림으로 전송된다.
- 브로드캐스트 버퍼: 클라이언트는 다른 클라이언트로부터 프리픽스 스트림을 전송받아 플레이 하는 동시에 서버로부터 브로드캐스트를 통해 전송되는 미디어 스트림을 저장해야 한다. 이 스트림을 저장하는 버퍼가 브로드캐스트 버퍼이며 그림 3에서 BB로 표현하였다.

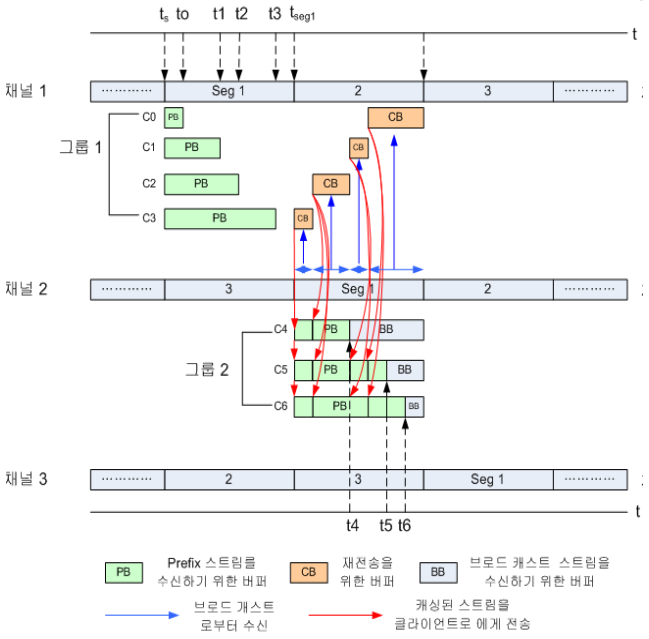

그림 3. P2prefix Broadcast 동작

프리픽스 버퍼와 브로드캐스트 버퍼의 크기는 클라이언트가 서비스를 요청한 시점에 따라 결정되는 반면, 캐시 버퍼의 크기는 다음과 같이 정해진다. 먼저 그룹의 마지막 클라이언트는 세그먼트 1의 크기와 자신의 Prefix 버퍼 크기 차이만큼의 크기를 갖는다. 그룹의 처음 클라이

언트는 그룹의 두 번째 클라이언트가 캐시 버퍼를 저장한 후부터 세그먼트 1의 끝까지 미디어 스트림을 저장한다. 마지막으로 그룹의 처음과 마지막을 제외한 중간에 미디어 스트림을 요구한 클라이언트는 다음 클라이언트가 미디어 스트림을 요구한 시점과 자신이 미디어 스트림을 요구한 시점의 차이만큼 미디어 스트림을 저장한다.

그림3을 통해 동작 방식을 살펴보면, 그룹1의 클라이언트들은 채널1을 통해 서버로부터 전송되는 정규 스트림을 전송 받는 동시에, 채널 2를 통해 전송되는 세그먼트1을 자신의 CB에 각각 나누어 저장한 후, 만약 그룹 2의 클라이언트가 세그먼트 1이 전송되기 시작한 시점 이후(t4,t5,t6)에 서비스를 요청하면 그룹1의 클라이언트들은 그룹 2의 클라이언트에게 자신의 CB에 저장된 스트림을 재전송한다.

위와 같이 본 논문은 캐시 버퍼를 사용하여 다른 그룹에게 프리픽스 스트림을 전송함으로써 초기 서비스 지연 없이 VOD 서비스를 할 수 있다. 또한 캐시 버퍼는 세그먼트 1을 분할하여 저장할 뿐만 아니라 다른 그룹의 클라이언트들에게 전송 후 비워지기 때문에 각 클라이언트는 버퍼 공간이 적게 요구 된다.

3.3. 클라이언트 이탈에 따른 복구

본 논문에서 제안한 P2prefix Broadcast 기법은 세그먼트 1의 전송 중에 미디어 스트림을 요청한 클라이언트들을 하나의 그룹으로 정하고 그 그룹의 클라이언트들이 세그먼트 1을 나누어 저장하여 다른 그룹의 클라이언트들에게 전송한다. 이러한 P2P 캐싱 방식은 클라이언트 이탈에 대한 복구 과정을 필요로 한다.

P2prefix Broadcast 기법에서 클라이언트 이탈은 그룹이 종결되기 전에 이탈이 발생했을 경우와 그룹이 종결된 후, 다른 그룹의 클라이언트에게 프리픽스 스트림을 전송 중에 이탈이 발생하는 경우로 나눌 수 있다.

먼저 전자의 경우 그림 4와 같이 세그먼트 1을 CB에 저장하기 전에 이탈이 발생하였기 때문에 그룹 내의 다른 클라이언트가 이탈한 클라이언트가 CB에 저장해야 하는 부분을 대신 저장하여 해결한다.

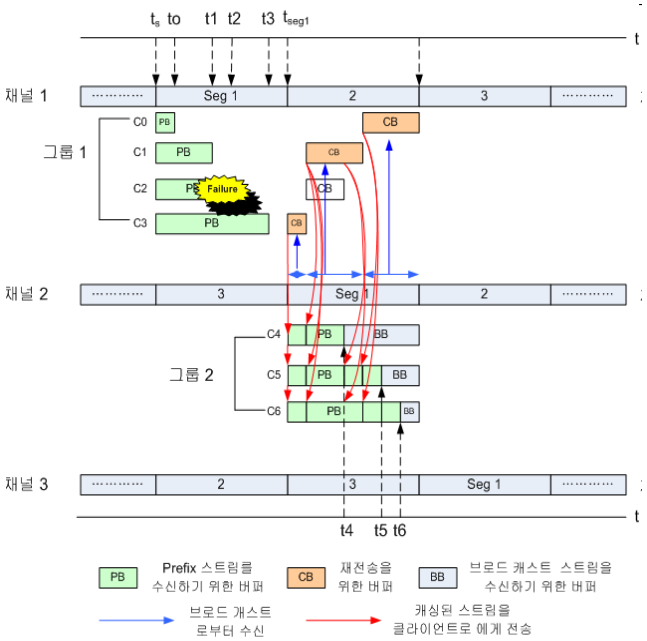

그림 4. 그룹이 종결되기 전에 클라이언트가 이탈한 경우

후자의 경우는 그림 5와 같이 그룹의 클라이언트들이 각각 CB에 해당하는 부분을 저장한 상태에서 이탈이 발생한 경우이므로 서버에서 추가적인 패칭 채널을 생성하여 전송함으로써 스트림을 복구한다.

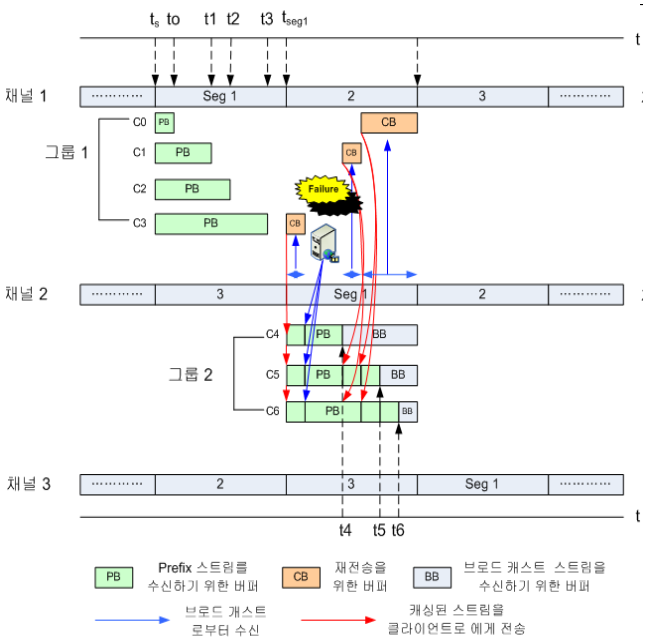

그림 5. 그룹이 종결된 후에 클라이언트가 이탈한 경우

4. 성능평가

본 장에서는 본 논문에서 제안한 P2prefix Broadcast의 성능을 평균 클라이언트 버퍼 요구량과 초기서비스 지연시간 위주로 분석한다. 성능평가에 사용되는 파라미터는 표 2와 같다.

파라미터	기본 값	변화량
비디오의 수	1	N/A
클라이언트 요청간격	1	N/A
비디오 길이 |v| (분)	60	N/A
브로드캐스트 채널 수	5	5 - 65

표 1. 성능평가 파라미터

Skyscraper Broadcast는 기존에 연구된 Broadcast 기법 중 클라이언트 버퍼요구량 측면에서 가장 좋은 성능을 나타내는 기법이다. 따라서 본 논문에서 제안한 P2refix Broadcast 기법을 클라이언트의 이탈은 없다는 가정 하에 표 1에 나타난 파라미터를 사용하여 Skyscraper 브로드캐스트 기법과 브로드캐스트 채널 수의 변화에 따른 클라이언트 버퍼요구량과 초기서비스 지연시간을 비교 분석하였다.

Skyscraper Broadcast 기법에서 W는 가장 큰 세그먼트의 크기를 의미한다.

그림6 에서 보는 바와 같이 채널이 증가함에 따라 하나의 세그먼트 크기가 작아지기 때문에 두 기법 모두 최대 버퍼크기는 줄어드는 것을 알 수 있다. 그림에서 채널 수가 적을 때는 P2prefix Broadcast 기법이 적은 버퍼 요구량을 보이는 반면 채널의 수가 증가하게 되면 Skyscraper Broadcast 기법보다 많은 버퍼 요구량을 보이는 것을 알 수 있다. 하지만 그 차이는 무시할 수 있을 정도로 적을 뿐만 아니라 채널이 많아지면 서버의 부하가 증가하고 네

트워크 대역폭의 낭비가 심해진다. 따라서 현실적으로 채널의 수를 많이 증가 시킬 수 없으므로 본 논문에서 제안한 P2prefix broadcast 기법이 Skyscraper broadcast 기법보다 현실적인 측면에서 뛰어나다고 할 수 있다.

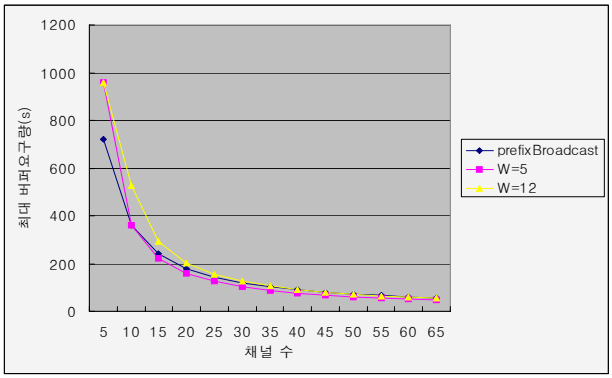

그림6. 채널 수에 따른 최대 버퍼요구량

그림 7은 60분의 비디오 서비스 시 P2prefix Broadcast 기법과 Skyscraper Broadcast 기법을 채널 수의 변화에 따른 서비스 지연시간을 비교한 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 P2prefix Broadcast 기법은 채널의 수와 상관없이 서비스 지연시간이 없는 반면 Skyscraper 기법은 채널의 수가 증가함에 따라 세그먼트 1의 크기도 작아지기 때문에 서비스 지연시간이 줄어든다. 즉 skyscraper Broadcast 기법에서 초기 서비스 지연시간을 줄이기 위해서는 채널의 수를 증가시켜야 하는데 이는 서버의 부하 집중 문제와 네트워크 대역폭의 집중 문제를 가져오게 된다. 하지만 P2prefix broadcast 기법은 3장에서 설명한 바와 같이 프리픽스 스트림을 다른 클라이언트들로부터 전송 받아 재생하기 때문에 채널의 수와 상관없이 서비스 지연시간 없는 True VoD 서비스를 지원할 수 있다.

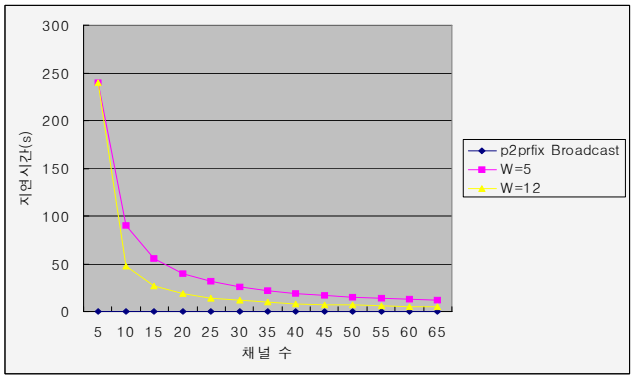

그림7. 채널 수에 따른 서비스 지연시간

5. 결 론

VOD 서비스는 화상회의나 실시간 스트리밍 서비스 등의 응용분야에 폭넓게 활용되고 있으며 다른 서비스 또한 점점 많아지고 있다. 그러나 미디어 데이터의 특성상 VOD 서버에 부하가 집중되는 현상과 많은 네트워크 대역폭을 필요로 하므로 동시에 많은 사용자의 요청이 있을 경우 고품질의 서비스가 어려워진다.

따라서 서버의 부하집중 문제와 네트워크 대역폭을 줄이기 위한 많은 연구가 진행되었으며, periodic 브로드캐스트 기법, P2P 기법이 그중 가장 대표적인 기법이다. 특히 브로드캐스트 기법의 경우 대역폭의 추가 없이 다수의 클라이언트에게 동일한 대역폭을 사용하여 서비스 가능하다는 장점 있다. 그러나 브로드캐스트를 통한 스트리밍 서비스는 초기 서비스 지연시간이 길다는 단점이 있다. 따라서 본 논문은 서비스 지연 시간을 없애고 클라이언트의 버퍼 요구량을 줄이기 위한 새로운 캐싱 기법인 P2prefix Broadcast 기법을 제안하였다. P2prefix Broadcast 기법은 Stagger Broadcast 기법을 사용하여 정규 스트림을 전송하고, 초기 서비스 지연시간에 해당하는 프리픽스 스트림은 P2P 기법을 응용한 캐싱 기법을 적용하여 전송함으로써 True VOD 서비스를 실현하였다. 또한 프리픽스 스트림에 대한 캐싱 기법에 있어서 요청시간 간격에 따라 세그먼트1을 나누어 저장함으로써 클라이언트 평균 버퍼 요구량을 줄였다. 결과적으로 제안된 기법은 초기 서비스 지연 없이 적은 양의 버퍼와 네트워크 대역폭을 사용하여 True VOD 서비스가 가능하도록 하였다.

참고문헌

[1] J. B. Kwon and H, Y. Heom. Providing vcr functionality in staggered video Broadcasting. IEEE Transaction on Consumer Electronics, 48(1):41-48, 2002

[2] K. A. Hua, Y. Cai, and S. Sheu. Skyscraper Broadcasting: A new Broadcasting scheme for metropolitan video-on-demand systems. In Proc. of the ACM SIGCOMM'97, pages 89-100, Cannes, France, Sepetember 1997.

[3] S. Viswanathan and T. Imielinski. Metropolitan area video-on-demand service using pyramid Broadcasting. ACM Multimedia systems Journal, 4(4): 179-208, August 1996

[4] C.C Aggarwal, J. L. Wolf, and P. S. Yu. A permutation-based pyramid Broadcasting scheme for video-on-demand systems. In Proc, of the IEEE Int'l Conf. on Multimedia Systems'96, pages 118-126, Hiroshima, Japan, June 1996

[5] J. F. Paris, S. W. Carter, and D. D. E. Long. A hybrid Broadcasting protocol for video on demand. In Proc. SPIE Conference on Multimedia Computing and Networking, pages 216-223, San Jose, USA, Jauary 2000.

[6] L. Juhn and L. Tseng. Harmonic Broadcasting for video-on-demand service. IEEE Transactions on Broadcasting, 43(3):268-271, 1997.

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

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