

브로드캐스트 채널 분할에 의한 VOD 서버 대역폭 감소 기법

이치훈 최황규
 강원대학교 IT학부대학 컴퓨터학부
 {pupurit, hkchoi}@kangwon.ac.kr

Broadcast Channel Partitioning Scheme for Reducing Bandwidth of VOD Servers

Chi Hun Lee and Hwang Kyu Choi
 Dept. of Computer Science and Engineering, Kangwon National University

요약

유비쿼터스 시대의 도래와 이동통신 기술의 발달로 인해 VOD 기술의 응용분야 또한 점차 무선 환경으로 확대되어 가고 있다. 이에 따라 브로드캐스트 기법을 통한 VOD 서비스의 중요성 또한 점차 중요해지는 추세다. 하지만 기존의 개발된 브로드캐스트 기법은 알고리즘이 복잡하기 때문에 자원이 부족한 무선 네트워크 환경에는 적용하기 어려운 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 무선 환경에 적용 가능한 새로운 브로드캐스트 채널분할 기법을 제안한다.

1. 서론

VOD 서비스는 대용량의 멀티미디어 데이터를 실시간으로 전송하는 시스템이다. 일반적으로 VOD 시스템은 서버-클라이언트로 구성된다. 따라서 많은 클라이언트의 요청이 있을 경우 서버의 부하집중 문제로 인해 원활한 서비스가 어렵다. 이런 문제점을 해결하기 위해 멀티캐스트, 브로드캐스트 등 많은 기법들이 개발되었다. 특히 요즘 무선 네트워크 보급의 확대로 인해 브로드캐스트 기법의 중요성이 점차 확대되고 있다. 따라서 본 논문에서는 브로드캐스트를 통한 미디어 스트리밍 서비스 시 초기 서비스 지연시간 및 서버 대역폭 감소를 위한 새로운 채널 분할 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 채널분할 기법은 초기 서비스 지연시간에 해당하는 첫 번째 세그먼트를 다시 k개의 서브 세그먼트로 나눈 뒤 k-1 개의 서브채널을 통해 전송함으로써 초기 서비스 지연시간을 단축시켰다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문과 관련된 Periodic 브로드캐스트 기법에 대해 알아본다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 채널 분할 기법에 대해 알아본 후, 4장에서는 채널 분할 기법의 초기 서비스 지연시간 및 최대 클라이언트 버퍼 요구량을 살펴보고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

이번 장에서는 Periodic 브로드캐스트 기법에 대해 설명한다. Periodic 브로드캐스트 기법은 비디오를 여러 개의 세그먼트로 분할 한 뒤 각 세그먼트를 할당된 채널을 통해 주기적으로 전송하는 기법이다. Periodic 브로드캐스트 기법 중 대표적인 기법으로는 Staggered[1] 브로드캐스트 기법과 Skyscraper[2] 브로드캐스트 기법 등이 있다.

Staggered 브로드캐스트 기법은 비디오를 동일한 세그먼트로 나눈 뒤 각 할당된 채널을 통해 전송하는 기법이다. staggered 브로드캐스트 기법은 알고리즘이 단순하다는 장점이 있는 반면 초기 서비스 지연시간이 길다는 단점이 있다.

Skyscraper[2] 기법은 각 세그먼트의 크기를 일정한 규칙에 의해 나눈 뒤 할당된 채널을 통해 전송하는 기법이다. Skyscraper 브로드캐스트 기법은 Staggered 브로드캐스트 기

법보다 초기 서비스 지연시간이 짧다는 장점이 있지만 동시에 2개 이상의 채널로부터 스트림을 받아야 하기 때문에 복잡할 뿐만 아니라 추가로 버퍼 공간이 필요하다는 단점이 있다.

3. 채널분할 기법

이번 장에서는 본 논문에서 제안하는 Periodic 브로드캐스트 기법의 일종인 채널분할 기법에 대해 설명한다. Periodic 브로드캐스트 기법은 채널수와 첫 번째 세그먼트의 크기에 따라 버퍼요구량 및 초기 서비스 지연시간이 달라진다. 따라서 먼저 초기 서비스 지연시간을 줄이기 위해 각 세그먼트를 어떻게 분할하는지에 대해 알아보고 그에 따른 스트림 전송과정과 그때 필요한 버퍼 요구량을 설명한다.

3.1 세그먼트 분할

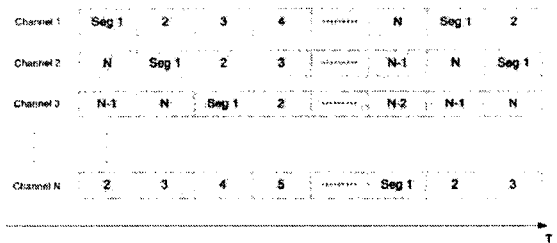


그림 1. Staggered 브로드캐스트

채널분할 기법은 Periodic 브로드캐스트 기법의 일종인 Staggered 브로드캐스트 기법을 개선한 기법이다. 그림 1은 Staggered 브로드 캐스트 기법의 동작 방식을 나타낸 그림으로 비디오를 동일한 N개의 세그먼트로 나눈 뒤, 각 N개의 세그먼트를 할당된 채널을 통해 주기적으로 전송하는 기법이다. Staggered 브로드캐스트 기법은 하나의 채널을 통해서만 스트림을 순차적으로 전송하기 때문에 적은 대역폭을 필요로 한다는 장점과 추가적인 버퍼 공간이 필요 없다는 장점이 있다. 하지만 초기 서비스 지연시간이 길다는 단점이 있다. 즉, 각 세그먼트는 동일한 크기로 분할되기 때문에 최악의 경우 하나의 세그먼트 크기만큼의 초기 서비스 지연이 생긴다. 그러므로 첫 번째 세그먼트의 크기를 작게 하면 초기 서비스 지연시간을 줄

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

일 수 있다. 하지만 첫 번째 세그먼트의 크기를 작게 하면 채널의 수가 증가하므로 많은 네트워크 대역폭을 필요로 한다.

따라서 본 논문은 Staggered 브로드캐스트 기법과 동일한 채널 수에서, 초기 서비스 지연시간에 해당하는 첫 번째 세그먼트의 크기를 작게 하여 초기 서비스 지연시간을 줄이는 새로운 기법을 제안한다.

그림 2는 본 논문에서 제안한 채널분할 기법을 나타낸 그림이다. 그림 2에서 보는 바와 같이 Staggered 브로드캐스트 기법과 마찬가지로 비디오를 J 개의 동일한 세그먼트로 나눈 뒤 각 세그먼트를 할당된 메인 채널을 통해 전송한다. 그리고 초기 서비스 지연시간에 해당하는 첫 번째 세그먼트를 다시 k 개의 동일한 세그먼트로 나눈 뒤 각 세그먼트를 $k-1$ 개의 서브 채널을 통해 전송한다.

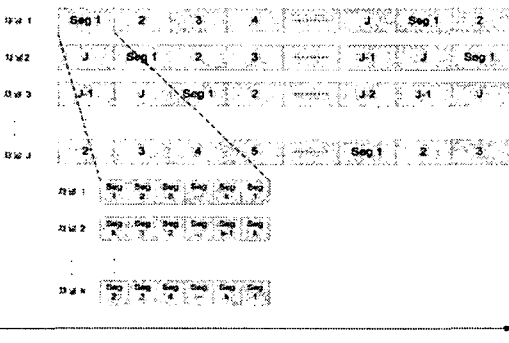


그림 2. 채널분할 기법

따라서 초기 서비스 지연시간은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\text{초기 서비스 지연시간} = \frac{L}{(k+1)^2} \begin{cases} L = \text{비디오 길이} \\ J = \text{메인 채널의 개수} \\ k = \text{서브 채널의 개수} \\ N = \text{총 채널의 개수} (\geq 3) \\ N = J + k (j = k + 1) \end{cases}$$

만약 60분의 비디오를 5개의 채널을 통해 서비스한다고 가정하면 초기 서비스 지연시간은 다음과 같다.

$$\text{Staggered 브로드캐스트 기법: } \frac{60\text{분}}{5} = 12\text{분}$$

$$\text{채널분할 기법: } \frac{60\text{분}}{3^2} = 400\text{초}$$

따라서 동일한 채널 수에서 Staggered 브로드캐스트 기법보다 초기 서비스 지연시간이 적은 것을 알 수 있다.

3.2 스트림 전송 과정 및 최대 버퍼 요구량

3.2.1 스트림 전송과정

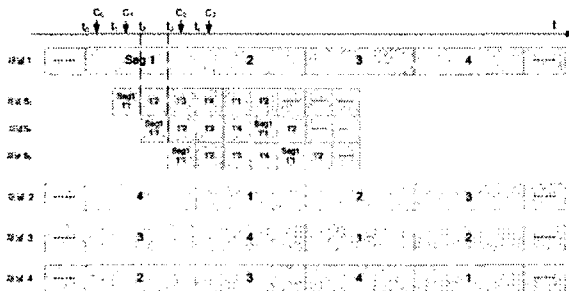


그림 3. 채널분할 기법의 스트림 전송과정

채널분할 기법은 첫 번째 세그먼트를 다시 k 의 세그먼트로 나누어 전송하기 때문에 초기 서비스 지연시간은 줄어든다. 하지만 staggered 브로드캐스트와는 달리 동시에 두 개의 채널로부터 스트림을 받아야 한다.

그림 3은 클라이언트 C_0, C_1, C_2, C_3 가 스트림을 요청 했을 때 그림이다. 그림 3에서 채널분할 기법은 4개의 메인 채널과 3개의 서브 채널을 통해 스트림을 전송한다. 각 클라이언트의 스트림 수신 과정은 다음과 같다.

- ① 클라이언트 C_0 은 첫 번째 세그먼트가 전송되는 시점인 t_0 이후에 스트림을 요청하였으므로 메인채널(채널 1)을 통해 스트림을 전송받을 수 없다. 따라서 t_1 시점까지 기다린 후, 서브 채널(채널 S_1)을 통해 첫 번째 세그먼트를 모두 전송받는다(1'1,1'2,1'3,1'4). 클라이언트 C_0 은 1'4를 재생한 이후에는 두 번째 세그먼트를 재생해야 한다. 따라서 t_x 시점부터는 seg1'4를 수신 받는 동시에 메인 채널인 채널 1을 통해 두 번째 세그먼트의 스트림도 전송받는다. 그러므로 동시에 2개의 채널을 통해 데이터를 수신 받아야 하며 두 번째 세그먼트를 저장해야 하는 버퍼 공간도 필요하다. 클라이언트 C_0 은 첫 번째 세그먼트를 모두 전송받으면 서브채널과의 연결을 종료하고 메인채널만을 사용하여 스트림을 수신한다.
- ② 클라이언트 C_1 은 C_0 과 마찬가지로 서브채널을 통해 1'1이 전송되기 시작하는 시점인 t_2 까지 기다린 후 채널 S_2 를 통해 첫 번째 세그먼트를 전송받는다. 동시에 t_x 시점부터 채널 1을 통해 두 번째 세그먼트를 저장한다.
- ③ 클라이언트 C_2 는 t_x 시점까지 기다린 후 스트림을 전송받는다. 하지만 위의 두 클라이언트와는 다르게 동작한다. t_x 시점은 채널 2가 첫 번째 세그먼트를 전송하기 시작하는 시점이다. 따라서 서브채널이 아닌 메인 채널을 통해 스트림을 수신하면 된다. 이와 같은 경우는 기존의 staggered 브로드캐스트 기법과 동일하게 동작한다. 따라서 추가적인 버퍼 공간이 필요 없을 뿐만 아니라 한 개의 채널만을 사용하여 스트림을 전송받을 수 있다.
- ④ 클라이언트 C_3 는 메인채널이 2라는 것을 제외하면 클라이언트 C_0, C_1, C_2 와 동일하게 동작한다. 이후에 스트림을 요청한 클라이언트를 또한 위와 동일한 방식으로 스트림을 전송받는다.

3.2.2 최대 버퍼 요구량

채널분할 기법은 초기 서비스 지연시간에 해당하는 첫 번째 세그먼트를 다시 k 개의 서브 세그먼트로 나눈 뒤 $k-1$ 개의 서브채널을 통해 전송함으로써 초기 서비스 지연시간을 단축시켰다. 그러나 앞에서 언급했듯이 두 개의 채널에서 동시에 스트림을 전송받아야 하기 때문에 추가적인 버퍼 공간이 필요하다.

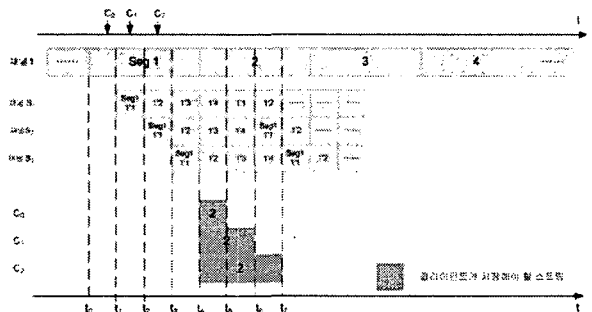


그림 4. 요청 시간에 따른 버퍼요구량

그림 4는 4개의 메인 채널과 3개의 서브 채널을 통해 스트

림을 전송할 때 클라이언트 요청 시간에 따른 버퍼요구량을 나타낸 그림이다. 예를 들어 그림4에서 C_0 은 t_1 과 t_2 사이에 스트림을 요청한 클라이언트이다. C_0 은 t_4 일 때 첫 번째 세그먼트의 마지막 부분(1'1)을 서버 채널을 통해 전송받는 동시에 메인 채널을 통해 전송되는 두 번째 세그먼트의 앞부분을 자신의 버퍼에 저장해야 한다. 이때 저장해야 하는 스트림의 크기는 메인 스트림에서 첫 번째 세그먼트의 전송이 시작되는 시점과 자신이 서버 채널을 통해 첫 번째 세그먼트를 전송받는 시점과의 차이에 해당하는 스트림이 된다. 즉 C_0 의 버퍼크기는 t_1-t_0 이다. C_1, C_2 도 마찬가지로 t_2-t_0, t_3-t_0 만큼의 버퍼를 필요로 한다. 위의 그림4에서 알 수 있듯이, 클라이언트는 스트림 요청 시간에 따라 버퍼 요구량은 다르다. 또한 버퍼요구량은 초기 서비스 지연시간의 배수로 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나 클라이언트의 버퍼 요구량은 메인채널을 통해 전송되는 첫 번째 세그먼트의 크기보다는 작다. 따라서 채널분할 기법에서 최대 버퍼 요구량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\text{최대 버퍼 요구량} = SL * k \begin{cases} SL = \text{초기서비스지연시간} \\ k = \text{서브채널의개수} \end{cases}$$

4. 성능평가

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 채널분할 기법의 성능에 대해 설명한다. 먼저 브로드캐스트 채널수의 변화에 따른 클라이언트 최대 버퍼요구량을 살펴본 후, 브로드캐스트 채널수에 따른 초기 서비스 지연시간을 Staggered 브로드캐스트 기법과 비교 분석한다. 성능평가에 사용되는 파라미터는 표1과 같다.

파라미터	기본 값	변화량
비디오 수	1	N/A
비디오 길이 [분]	60	N/A
브로드캐스트 채널	5	65

표 1. 성능평가에 사용되는 파라미터

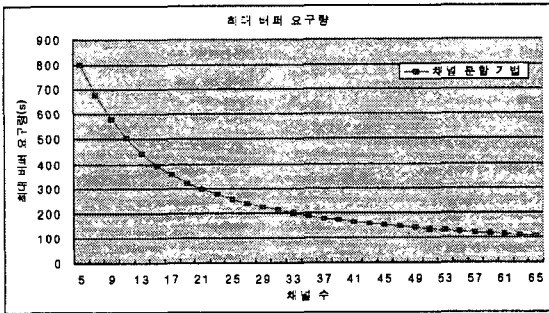


그림 5. 채널 수에 따른 최대 클라이언트 버퍼요구량

그림 5는 본 논문에서 제안한 채널 분할 기법의 최대 클라이언트 버퍼요구량을 채널 수에 따라 나타낸 그림이다. 채널수가 증가하면 각 세그먼트의 크기도 작아지기 때문에 그림에서 보는 바와 같이 채널수가 증가함에 따라 최대 클라이언트 버퍼요구량은 감소하는 것을 알 수 있다.

그림 6은 본 논문에서 제안한 채널분할 기법과 Staggered 브로드캐스트 기법을 채널 수에 따른 초기 서비스 지연시간을 비교한 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 본 논문에서 제안한 채널분할 기법은 초기 서비스 지연시간에 해당하는 첫 번째 세그먼트를 다시 k 개의 세그먼트로 나누어 전송하기 때문에 Staggered 브로드캐스트 기법보다 초기 서비스 지연시간이 적은 것을 알 수 있다.

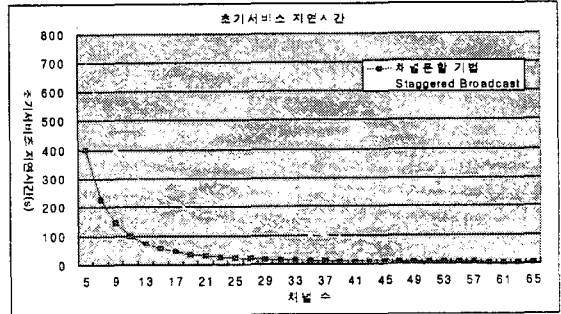


그림 6. 채널 수에 따른 초기 서비스 지연시간

5. 결론

VOD 기술의 응용분야가 점차 무선 환경으로 확대됨에 따라 브로드캐스트 기법을 통한 VOD 서비스의 중요성 또한 점차 증가하는 추세다. 하지만 기존에 개발된 브로드캐스트 기법들은 초기서비스 지연시간이나 클라이언트 최대 버퍼요구량 측면에서 볼 때 뛰어난 성능을 보이지만 알고리즘이 복잡하기 때문에 시스템 자원이 한정된 무선 네트워크 환경에는 적용하기 어렵다는 단점이 있다. 따라서 비교적 알고리즘이 단순한 Staggered 브로드캐스트 기법이 무선 환경에는 더 적합하다고 할 수 있다. 그러나 Staggered 브로드캐스트 기법은 초기 서비스 지연시간이 길다는 단점이 있다. 따라서 본 논문은 Staggered 브로드캐스트 기법을 응용하여 초기 서비스 지연시간을 줄일 수 있는 새로운 브로드캐스트 채널 분할 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 Staggered 브로드캐스트 기법의 첫 번째 세그먼트를 다시 k개의 세그먼트로 나눈 뒤 각 세그먼트를 k-1 개의 서브채널을 통해 전송함으로써 초기 서비스 지연시간을 줄였다. 성능평가를 통해 동일한 채널 수에서 Staggered 브로드캐스트 기법보다 초기 서비스 지연시간이 적은 것을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] J. B. Kwon and H. Y. Yeom, "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, September 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] L. Juhn and L. Tseng, "Harmonic Broadcasting for Video-on-Demand Service," IEEE Transactions on Broadcasting, 43(3):268-271, 1997.
- [6] L. Juhn and L. Tseng, "Fast Data Broadcasting and Receiving Scheme for Popular Video Service," IEEE Transactions on Broadcasting, 44(1):100-105, 1998.