

부분 채널 조화 분할 덧대기 방법을 이용한 유사 주문형 비디오 전송방식

홍종우, 송은돈, 김홍익, 박승권
한양대학교 전자통신컴퓨터공학부

An efficient Harmonic Patching scheme for Near Video on Demand

Hong, Jong-Woo, Song, Eun-Don, Kim, Hong-Ik, Park, Sung-Kwon
smart799@hanyang.ac.kr, lallala@hanyang.ac.kr
hongik@hanyang.ac.kr, sp2996@hanyang.ac.kr

요 약

전체 비디오 데이터를 일정한 시간 간격으로 반복적으로 전송하는 스테거드 방식으로 전송하고 스테거드 방식의 전송 주기 부분을 채널 조화분할 방법으로 스테거드 방식에 패칭 해서 전송하는 방법을 사용한다. 이를 통해서 기존의 분할 전송을 통한 Near VoD 서비스의 단점이었던 과도한 비디오 데이터 분할 세그먼트 수를 크게 줄이고, 잦은 채널 이동도 줄였으며, 한꺼번에 사용하는 채널의 수도 줄였다. 또한 비디오의 짧은 앞부분에 데이터 분할을 통한 패칭 전송방식이 적용되므로 우수한 채널 대역폭 효율도 유지할 수 있다. 이 논문의 특징은 Near VoD가 간단한 구조를 유지하면서 채널 대역폭의 효율도 함께 증가시키는 매우 실용적인 NVoD 방식이라 한다.

1. 서론

본 논문이 속하는 기술분야는 대분류로 보면 방송(Broadcasting) 혹은 멀티미디어(Multi-media) 분야에 속하며 소분류로 보면 주문형 비디오(Video-on-Demand) 분야이다. 이 기술은 하나의 가입자 비디오 시청 요청이 있을 때 그 가입자에게 즉시 하나의 채널을 부여함으로써 하나의 채널을 점유하고 사용하는 TVoD(True VoD)와 항상 일정한 간격으로 특정한 비디오를 방송하고, 여러 명의 가입자들이 하나의 비디오를 동시에 시청할 수 있는 NVoD(Near VoD)로 구분된다. 상대적으로 NVoD가 TVoD에 비해 같은 채널 대역폭으로 많은 가입자를 수용할 수 있다. 근래에 NVoD의 성능개선을 위해 많은 연구가 진행되어 왔으며, 이러한 연구는 크게 배치(Batch) 방식과 패치(Patch) 방식으로 구분이 된다. 배치방식은 비디오 데이터

를 대역폭과 길이를 기준으로 해서 다양한 방법으로 나누고 이를 서로 다른 채널에 주기적으로 브로드캐스트 하는 방법이다. 패치방식은 비디오 데이터를 정적인 채널(Static Channel)을 통해서 항상 일정한 간격으로 비디오를 반복해서 전송하고 비디오 데이터 반복 주기 시간동안 채널을 덧대는 형태로 구성된다. 배치방식은 채널 대역폭 효율이 우수하다는 장점이 있지만 복잡성이 증가하기 때문에 실제 구현에는 많은 제약이 따른다는 단점이 있다. 또한 패치방식은 채널 대역폭 효율은 많이 떨어지고, 한정된 시청자에게만 서비스가 가능하고, 시청자 수가 늘어나면 필요한 대역폭도 함께 늘어난다는 단점이 있지만 구현이 간단하다는 장점이 있다. 배치방식의 NVoD 방식에는 Fast Broadcasting, Harmonic Broadcasting, Staircase Broadcasting, Pyramid Broadcasting, Skyscraper

Broadcasting, Pagoda Broadcasting 방식 등이 있고, 이들은 크게 Pyramid 방식, Harmonic 방식, Pagoda 방식으로 분류된다. 패칭방식의 NVoD에는 비디오 데이터를 일정한 주기로 반복해서 전송하는 스테저드(Staggered : 엇갈리게 전송) 방식으로 비디오가 전송될 때 시청자가 요청이 발생하면 유니캐스트(Unicast) 전송방식을 스테저드 방식과 연결해서 시청자 대기시간을 줄이는 Joint and Stream방식, 스테저드 방식으로 비디오가 전송될 때 시청자의 요청 발생여부에 상관없이 스테저드 방식과의 연결을 위해서 필요한 데이터를 짧은 시간 동안 한꺼번에 여러 채널을 이용하여 전송을 하는 Stream bundling broadcasting방식 등이 있다. 각 기술들은 비디오 데이터의 분할 방법, 채널의 분할 방법, 분할된 데이터의 전송방법에 따라 분류된 것이다. 이러한 방식은 비디오 데이터의 분할과 시청자단의 저장장치를 이용한 방식이다. 이 방식들은 데이터의 분할을 이용하여 채널 대역폭의 효율을 높이거나 가입자의 대기시간을 줄였지만 시스템의 복잡성을 매우 증가시켜서 원인이 된다[2].

2. 본론

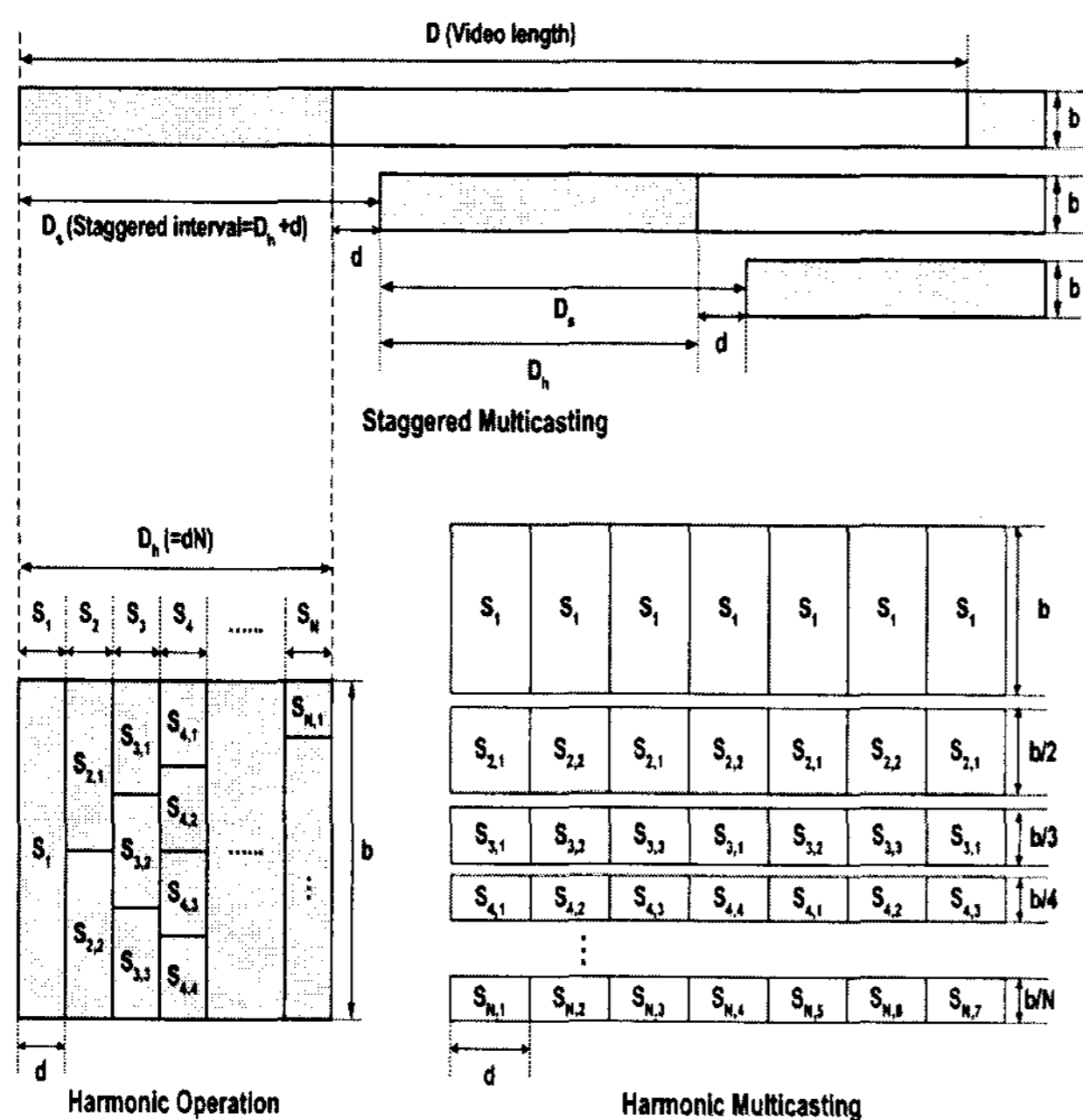


그림 1 채널조화 분할 덧대기의 예(Nb 일때)

본 논문에서는 성능향상을 위해 부분 채널 조화 분할 패칭 전송 방식을 도입하였다. 부분 채널 조화 분할 패칭 방식에서는 고전적인 NVoD 방식인 비디오 데이터를 일정한 주기로 반복해서 전송하는 스테저드(Staggered : 엇갈리게 전송) 방식을 이용하여 전송하고 스테저드의 전송 주기에 해당되는 비디오 데이터 앞부분을 채널 조화 분할을 이용한 전송방식(Harmonic Multicasting)으로 덧대어서 전송하는 방식이다. 이때 각 부분은 주기적인 브로드캐스트를 통해서 반복적으로 전송을 한다. 분할된 스테저드 전송 주기에 해당하는 비디오 데이터 앞부분을 스테저드 방식의 반복 주기와 일치하도록 맞추어서 전송을 하게 된다. 이러한 패칭방식의 NVoD 전송 구조는 구현을 쉽게 할 수 있고 채널 대역폭 활용도를 증가 시킬 수 있게 한다.

채널 조화 분할 전송 방식은 그림1에서 나타나듯이 비디오 데이터가 스테저드 방식으로 전송될 때 비디오의 전송주기 부분을 $N+1$ 개의 동일한 크기로 분할하고 i 번째 분할된 데이터는 i 번째 채널에서 i 개의 데이터로 분할되며 스테저드 방식에 덧대어져 반복하여 전송된다. 이때 맨 마지막에 있는 분할된 데이터는 전송주기의 동기화를 위해서 전송되지 않는다.(스테저드 전송주기 데이터에서 분할된 $N+1$ 번째 데이터) 이 방식은 스테저드 방식에 덧대는 채널이 스테저드 주기 부분의 비디오 데이터를 동일한 크기로 분할하는 대신 채널 대역폭을 첫 번째 데이터가 사용하는 대역을 b 라고(b 는 비디오 재생 소모율) 할 때 i 번째 채널의 대역폭 b/i 로 분할한다.

2.1 서버에서 송신하는 방법

그림 2 에서 나타나듯이 서버에서 NVoD 서비스로 전송되는 비디오의 길이를 D , 비디오 재생 소모율을 b 라고 가정하면, 전체 비디오의 크기 V 는 $V = D \times b$ 로 표현이 된다. 비디오 전송에 할당된 대역폭의 크기를 B (단위:Mbps)라고 하면, $B = \beta \times b$ 로 표할 수 있다. 서버에서 부분 채널 조화 분할 전송은 아래의 방법을 따라서 전송이 된다. 길이가 D 인 비디오를 스테저드 방식으로 전

송을 할 때, 스테거드의 주기는 D_S 로 표시한다. 스테거드 방식에 할당된 채널의 수를 n 개 라고하면 (여기서 각 채널의 대역폭은 b 이다.), D 와 D_S 의 관계는 $D_S = D/n$ 으로 표현이 된다. 전체 비디오 길이 D_S 는 $+1$ 개의 세그먼트로 분할이 된다. 따라서 D_S 에 속하는 세그먼트의 길이 d 는 다음과 같이 표현된다.

$$d = \frac{D_S}{N+1} = \frac{D_h}{N}$$

분할된 비디오는 S 로 표현을 하는데 S_i 는 i 번째 비디오 세그먼트를 나타낸다. 모든 세그먼트는 번호 순서대로 연결되어 있다. 모든 연결된 비디오를 합치면 D_S 부분의 데이터를 구성할 수 있다. 비디오 D_S 에 속하는 S_1 부터 S_N 은 D_h 라고 한다. D_S 중에 D_h 부분만 채널 조화 분할을 이용한 전송방식이 적용되어 스테거드 전송채널에 덧대어 진다. D_h 부분에 속하는 i 번째 세그먼트 S_i 는 i 개의 하위 세그먼트로 분할한다. 이때 세그먼트 S_i 의 하위 세그먼트는 $\{S_{i,1}, \dots, S_{i,i}\}$ 로 표시한다. 채널 조화 분할 전송 방식이 적용되는 D_h 부분에 할당되는 채널의 개수를 m 이라고 가정하고, 스테거드 방식이 적용되는 비디오 전체 데이터 부분 V 에 할당되는 채널의 개수를 n 이라고 가정한다. $\{C_1^{Dh}, \dots, C_{N-1}^{Dh}\}$ 은 채널 조화 분할 전송 방식이 적용되는 부분의 채널을 말하고, $\{C_1^V, \dots, C_n^V\}$ 은 스테거드 방식이 적용되는 부분의 채널을 나타낸다. C_l^a 의 표기법은 a 부분의 l 번째 채널을 나타낸다. D_h 부분에 속하는 세그먼트 S_i 에서 분할된 하위 세그먼트는 채널 C_i^{Dh} 를 통해서 전송된다. 채널 C_1^{Dh} 의 채널 대역폭이 b 일 때 채널 C_i^{Dh} 의 채널 대역폭은 b/i 이다. 채널 C_i^{Dh} 내에는 S_i 에서 분할된 하위 세그먼트들이 주기적으로 전송된다. 채널 C_j^V , 여기서 $j=1, \dots, n$, 내에서는 전체 데이터 V 가 스테거드 방식으로 주기적으로 전송 된다. 이때 스테거드 방식의 반복 주기 D_S 는 비디오 데이터 앞부분에 적용되는 채널 조화 분할 전송 방식과 주기를 맞추

기 위해서 $D_S = D_h + d$ 가 되어야 한다.

$$B = \sum_{i=1}^N \frac{b}{i} + nb = mb + nb$$

여기서, $m = \sum_{r=1}^N \frac{1}{r}$ 이고

비디오 앞부분 D_h 에 할당되는 채널의 개수이고 또한 N 에 대한 부분 채널 조화 분할 수라한다[1].

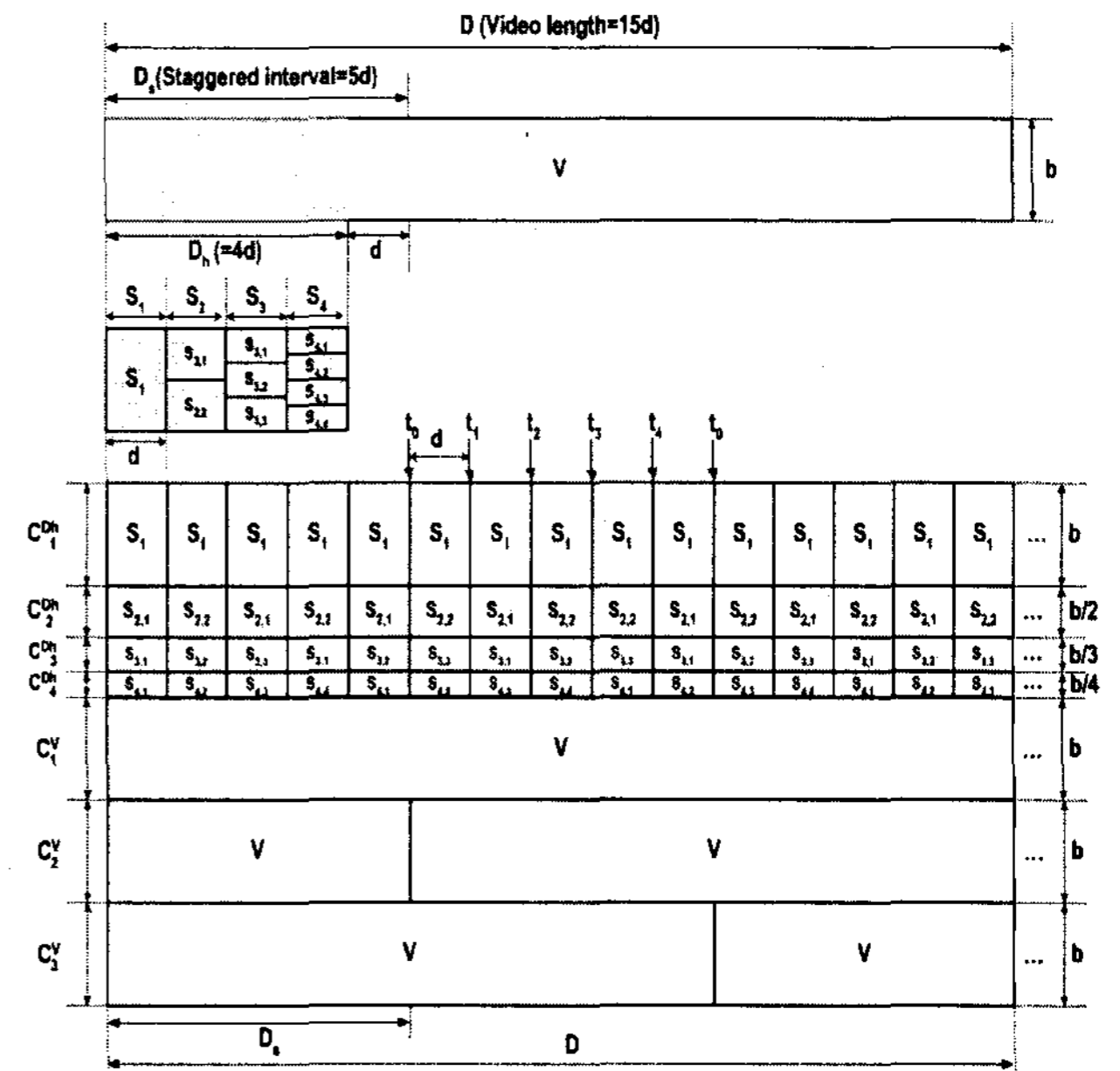


그림 2 채널조화 분할 덧대기의 예(3b일때)

2.2 클라이언트에서 수신하는 방법

클라이언트에서 버퍼의 용량이 비디오 시청을 위해서 데이터를 저장하기에 충분하다고 가정하면, 비디오 데이터를 수신해서 시청하기 위해서는 아래와 같은 절차를 수행한다. 먼저 시청자가 비디오의 시청을 원하는 시점을 t 라고 하고 채널 C_j^V , 여기서 $j=1, \dots, n$,에서 비디오를 시작하는 시점을 t_0 라고 가정한다. t 가 $t_0 - \delta < t \leq t_0$ 일 경우에는 채널 C_j^V 에서 새로운 비디오가 시작하는 시간인 t_0 부터 비디오 데이터 V 를 다운로드 받으면서 바로 시청할 수 있도록 한다.

t 가 $t_0 < t \leq t_0 + (2^m - 1)\delta$ 일 경우에는 채널 C_1^{Dh} 에서 가장 먼저 시작하는 비디오 데이터 세그먼트

S_1 을 다운로드 받으면서 바로 시청할 수 있도록 한다. 이와 동시에 채널 C_2^{Dh} 과 채널 C_N^{Da} 사이에 있는 데이터 세그먼트들을($S_{2,1}, \dots, S_{N,1}$) 중에서 가장 최근에 채널 C_j^V 에서 시작된 비디오 데이터에서 시청자가 원하는 시간 t 에서 가장 먼저 시작되는 S_1 보다 이전의 데이터를 다운로드 받는다.

또한 이때 시청자가 시청을 원하는 시간 t 에서 가장 먼저 시작되는 S_1 의 시간과 동일한 시점에서 채널 C_j^V 에서 비디오 데이터 V 를 다운로드 받는다. 비디오 시청을 원하는 시점 t 가 $t_0 - \delta < t \leq t_0$ 일 경우에는 D_S 부분이 필요없이 V 를 다운로드 받으면서 계속적으로 재생하면 된다. 그 외의 경우에는 D_S 부분의 데이터 세그먼트들은 다운로드 받으면서 비디오 시청 소모율에 맞게 S_1 부터 S_2, \dots, S_N 의 순서로 끊어지지 않고 시청이 가능하도록 한다. 또한 전체 비디오 데이터 V 의 부분적인 데이터와 D_S 부분의 비디오 데이터 세그먼트들 중에서 V 부분과 끊김없는 연결을 위해서 필요한 비디오 데이터 부분을 다운로드 받으면서 비디오 시청 소모율에 맞게 끊어지지 않고 시청이 가능하도록 한다. 만약 덧대어진 채널 C_i^V 에서 비디오 데이터 세그먼트 S_1 을 t_k 에서 다운로드 하기 시작하고, 채널 C_1^{Dh} 내의 S_1 의 길이가 d 이라고 하면, 채널 C_i^{Dh} 에서 재생을 위해 저장에 필요한 구간은 t_k 부터 $t_k + (i-1)d$ 까지 이다. 저장되어 있는 하위 세그먼트 데이터들은 마지막에 받게 되는 하위 세그먼트 데이터와 합쳐서 비디오 재생 소모율에 맞게 함께 재생시킨다. 비디오 데이터 세그먼트들은 다운로드 받으면서 비디오 재생 소모율에 맞게 S_1 부터 순서대로 끊어지지 않고 시청이 가능하도록 한다. 채널 C_i^{Dh} ($i=1, \dots, N$)에서는 S_i 의 i 개의 하위 세그먼트들을 받게 되면 해당 채널에서는 다운로드를 멈춘다. 이 채널 C_j^V ($j=1, \dots, n$)에서는 비디오 데이터 V 를 해당되는 채널 한곳에서 수신을 마치게 되면 다운로드를 멈춘다. 이때 채널 C_i^{Dh} 를 통해서 채널 C_j^V 를 통해서 다운로드 받을 수 없는 이미 지나간 비디오 데이터 V 부

분에 대해서만 다운로드하고 나머지 부분은 다운로드 하지 않는다.

2.3 부분 채널 조화 분할 패칭 전송 방식에서 시청자 대기시간

그림 3은 영화길이를 100분으로 고정하고 스테거드 채널은 5개로 고정후 패치드 채널을 늘리면서 각각 다른 전송방식의 대기시간을 비교하였다.

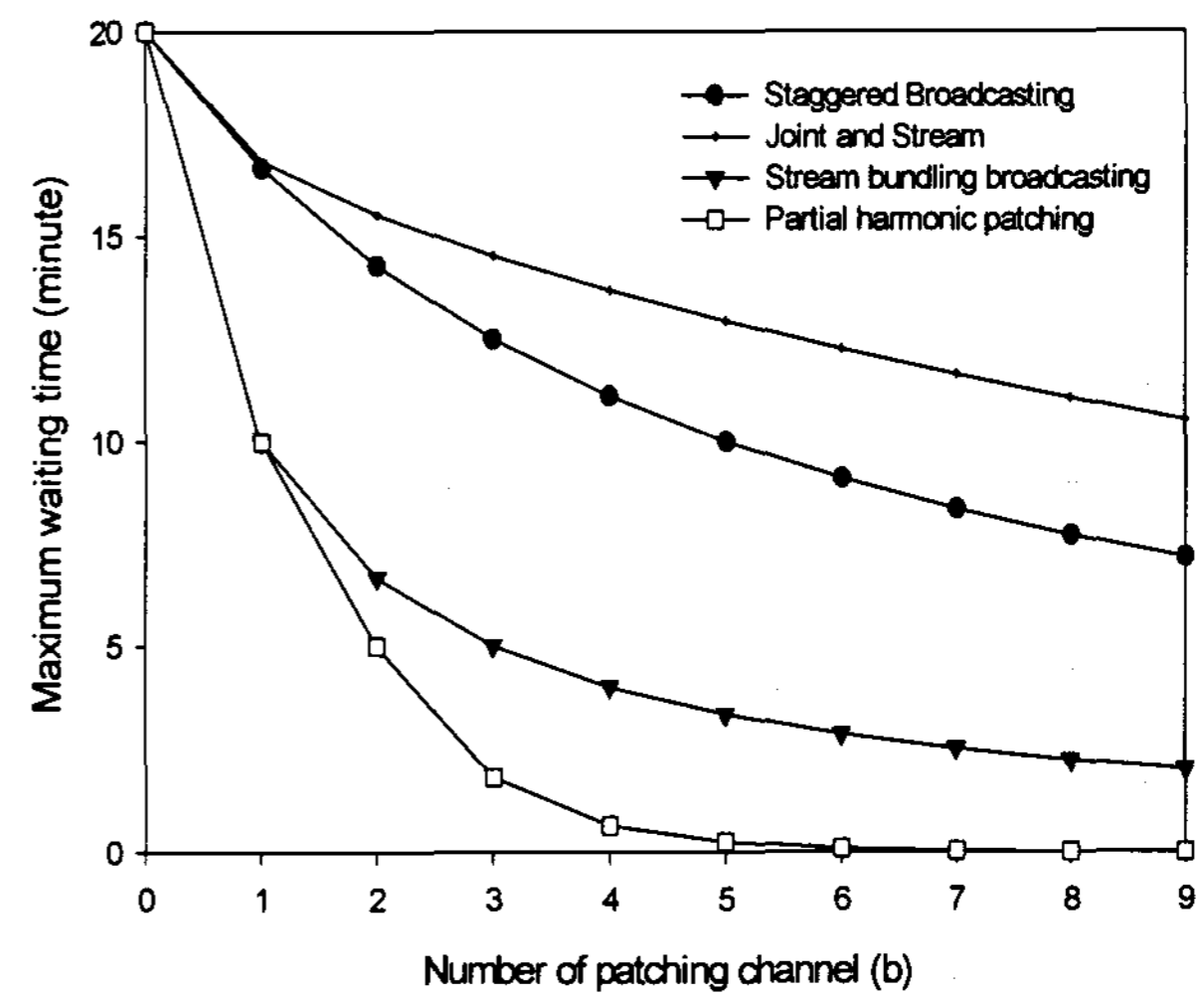


그림 3 전송방식별 대기시간 비교

시청자 대기시간은 채널 C_1^{Dh} 에서 비디오 데이터 S_1 의 길이이다. 그 이유는 만약 비디오의 첫 번째 데이터 세그먼트 S_1 을 채널 C_1^{Dh} 에서 시청자가 놓치게 되면 비디오의 시작을 위해서 시청자는 최대한 S_1 의 길이만큼 기다려야 비디오를 시청할 수 있으므로 최대 시청자 대기시간은 S_1 의 길이이다. S_1 의 길이(d)는 $D_S/(N+1)$ 로 나타낼 수 있다.

$$d = \frac{D_S}{N+1} = \frac{D_h}{N}$$

예를 들어 만약 비디오의 길이(D)가 120분, 스테거드 방식에 할당된 채널(n)은 3, N 에 대한 부분 채널 조화 분할 수(m)은 4로 비디오 전송을 위한 조건이 주어질 경우, N 은 31, D_S 는 40분 된다. 이러한 환경에서 부분 채널 조화 분할 패칭 전송 방

식을 사용할 경우에는 최대 시청자 대기시간이 약 1.25분 정도이고, 비디오를 전송하기 위해서 필요한 채널은 7b이다. 하지만 동일한 조건에서 스테저드 방식의 데이터 전송 방식 최대 시청자 대기시간은 17.14분 정도로 나타난다. 이와 같은 간단한 비교에서도 나타나듯이 부분 채널 조화 분할 패칭 전송 방식은 기존의 방식과 비교해서 간단한 구조

로 대역폭 사용에 대한 효율성을 높이는 방법이다.

2.4 부분 채널 조화 분할 패칭 전송 방식에서 시청자 버퍼 요구량

전체 영화시간이 100분이며 스테저드 채널을 5로 고정하였으므로 패칭구간 적용 시간은 20분이다.

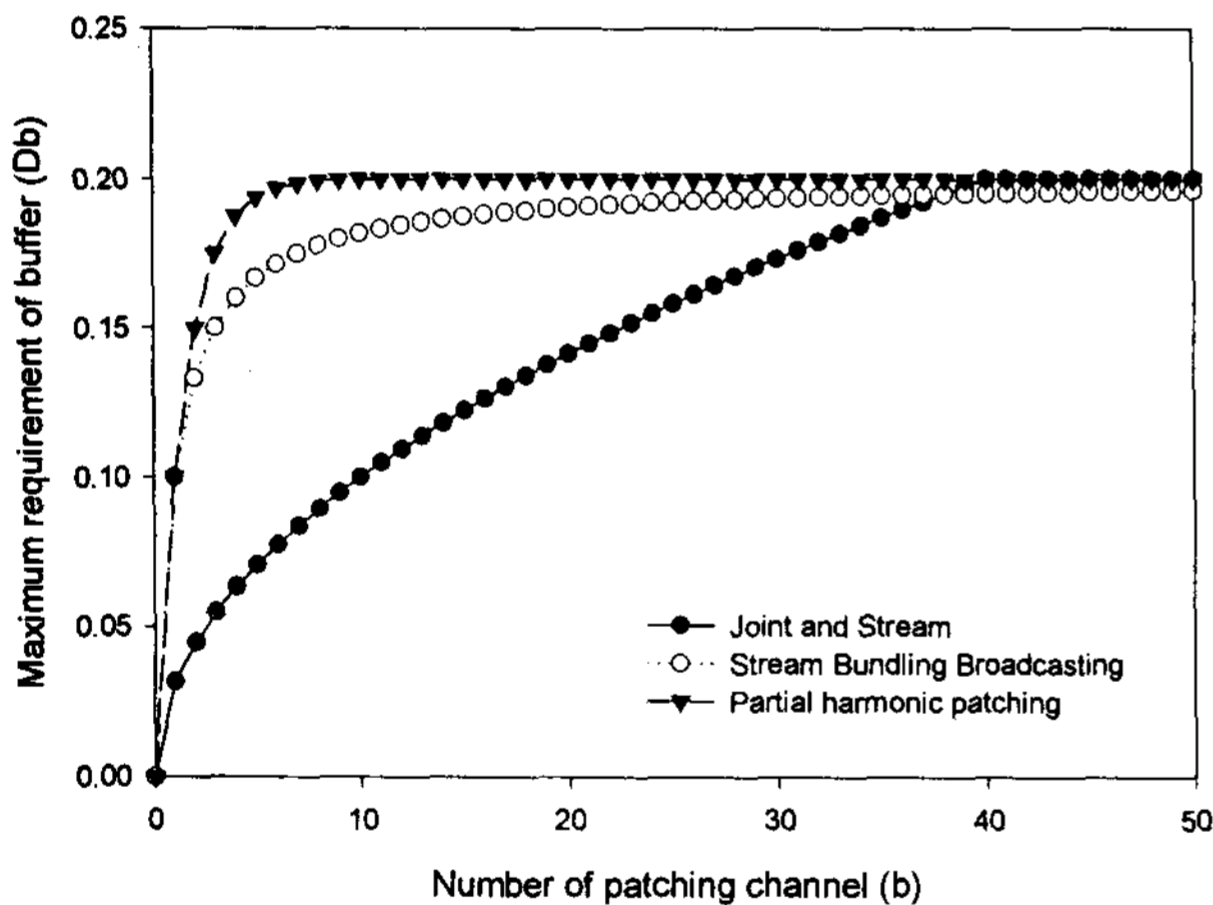


그림 4 버퍼요구량 비교

부분 채널 조화 분할 패칭 전송 방식에서 시청자 요구에 따라 비디오를 시청하기 위해서는 버퍼가 필요하게 된다. 그 이유는 시청자 측면에서 보면 셋탑박스에서 비디오 데이터 재생 속도가 비디오 데이터의 수신 속도 보다 늦기 때문이다.

시청자 버퍼 요구량이 최대가 되는 경우는 그림 2에서 보면 시청자 비디오 시청 요구시간 t 가 $t_0 - 2d < t \leq t_0 - d$ 일 때 이다. 이 경우에는 $N\delta$ 만큼의 길이 동안의 D_s 부분데이터를 셋탑박스에 저장을 해야 한다. 그리고 시청자 버퍼 요구량이

최소가 되는 경우는 시청자 비디오 시청 요구시간 t 가 $t_0 - d < t \leq t_0$ 일 때 이다. 이 경우에는 셋탑 박스에 비디오 데이터를 저장해야 할 필요가 없다. 따라서 최대 사용자 버퍼 요구량 Z 는 다음과 같이 표현된다.

$$Z = Ndb = D_h b$$

위의 식에서 알 수 있듯이 최대 버퍼 요구량은 스테저드 방식의 전송간격과 밀접한 관련이 있다.

3. 결론

이 논문에서 제안된 부분 채널 조화 분할 패칭 전송 방식은 비디오 데이터를 일정한 주기로 반복해서 전송하는 스테저드 방식으로 전송되는 비디오의 전송주기 부분에 채널 조화 분할 전송 방식 (Harmonic Broadcasting)을 적용하고, 스테저드 방식 (Staggered Broadcasting)으로 전송되는 전체 비디오 데이터와 상호 동기를 맞추어서 NVoD 서비스를 하는 방식이다. 이러한 구조는 비디오의 스테저드 방식의 전송주기에 해당하는 짧은 비디오 앞부분에만 채널 조화 분할 전송을 통한 비디오 전송방법을 사용하기 때문에 채널 대역폭 효율을 높일 수 있고, 또한 NVoD 시스템 구조를 간단하게 할 수 있어 성능 향상이 가능하였다. 본 논문은 우수한 채널 대역폭 효율과 더불어 기존에 제안되었던 다양한 NVoD 방식들의 단점으로 알려진 비디오 데이터 세그먼트 수 및 대기시간을 크게 줄이고, 복잡한 채널 관리를 많이 줄였으며, 한꺼번에 사용하는 채널의 수도 크게 줄인다. 또한 기존의 스테저드 방식에 조금의 수정만으로도 적용이 가능하여 기존 제안되었던 NVoD 방식보다 매우 실용적인 방식이다. 그리고 시청자 수에 대해서 채널 대역폭이 영향을 받지 않기 때문에 대규모의 서비스에도 적용 가능하다. 또한 스테저드 전송주기에 따라서 시청자의 대기시간과 필요한 버퍼량을 조절 할 수 있기 때문에 NVoD 방식이 적용되는 환경에 따라서 이들을 조절해서 적용이 가능하다.

[참고문헌]

- [1] Li-Shen Jhun and Li-Ming Tseng, Harmonic Broadcasting for Video-On-Deman Service, IEEE 1997
- [2] S-H.Gary Chan and S-H. Ivan Yeung, Client Buffering Techniques for Scalable Video Broadcasting Over Broadband Networks With Low User Delay, IEEE 2002
- [3] Lars Engebretsen and Madhu Sudan, Harmonic Broadcasting is Bandwidth-Optimal Assuming Constant Bit Rate, NETWORKS 2006
- [4] Hung-Chang Yang and Hsiang-Fu Yu, A Live Harmonic Broadcasting Scheme for VBR-Encoded Hot Videos, LNCS 2006
- [5] Li-Shen Jhun and Li-Ming Tseng, Fast Data Broadcasting and Receiving Scheme for Popular Video Service, IEEE 1998
- [6] Zeng-YuanYang, Li-Shen Jhun and Li-Ming Tseng, On Optimal Broadcasting Scheme for Popular Video Service, IEEE 1999
- [7] Li-Shen Jhun and Li-Ming Tseng, Enhanced Harmonic data Broadcasting and Receiving Scheme for Popular Video Service, IEEE 1998