

Staggered - Staircase 방식을 이용한 유사 주문형 비디오 전송 방식

김태수, 김용훈, 조성민, 박승권
한양대학교 전자통신컴퓨터공학부

Near Video on Demand system using Staggered-Staircase Scheme for Low User Buffer

Kim, Tae-Soo, Kim, Yong-Hoon, Joe, Seong-Min, Park, Sung-Kwon
Hanyang University

E-mail : tsfly@hanyang.ac.kr, lovelygnsl@hotmail.com, smjoe@korea.com, sp2996@hanyang.ac.kr

요 약

VoD 전송 방식을 설계할 때 가장 중요한 요소들에는 정해진 대역폭에서 사용자 대기 시간 (Viewer's Waiting Time)과 클라이언트에서 요구하는 최대 버퍼 요구량 (Max Client Buffer Requirement)을 줄이는 문제를 꼽을 수 있다. 점점 더 복잡해지는 VoD 전송 기술의 개발로 인해 사용자 대기시간과 최대 버퍼 요구량의 관점에서 성능 향상과 반비례하는 시스템 복잡도를 줄이는 문제 또한 VoD 전송 방식을 설계 시 고려 해야 할 중요 사항 중의 하나이다. 이 논문에서는 시스템 복잡도를 낮추면서 사용자 대기시간과 최대 버퍼 요구량의 성능을 동시에 향상시키기 위한 방법으로 기존의 VoD 전송 방식들 가운데 가장 간단한 모델과 최대 버퍼 요구량의 성능을 가장 향상시킨 모델의 결합으로 구현 가능한 Hybrid 방식을 제안하고 있다. 이 논문은 결과적으로 사용자 대기시간은 기존 Staircase Broadcasting 방식과 Fast Broadcasting 방식과 비교했을 때 동일한 성능을 나타내고 있고 최대 버퍼 요구량은 유사성능을 나타냄을 알 수 있다. 이 논문에서 제안한 방식은 사용자 대기시간이 짧아야 하고 저장공간이 많이 요구되지 않으며 사용자의 요청이 갑자기 증가될 수 있는 hot 비디오에 적용이 가능하다. 또한 다양한 환경에 따라 Staggered Broadcasting 방식과 Staircase Broadcasting 방식의 채널 수를 적절히 조정함으로써 데이터 송수신 효율을 극대화 시킬 수 있다. 이 논문의 구성은 제시한 방법에 적용된 방식들과 비교대상이 되는 방식들에 대해 살펴보고 제시한 방식의 성능 모델을 이용한 실험을 통해 각종 VoD 전송 방식들과 비교 분석하는 과정으로 기술하였다.

Keywords : video-on-demand, simple structure, video-on-demand efficiency

1. 서론

VoD 서비스의 이용분야가 확산되고 있으며 산업적 요구조건이 복잡해 짐에 따라 기존의 단순한 VoD 전송 방식을 보다 다양하고 효율적으로 개발할 필요성을 느끼고 있다. 현재 VoD는 IP 환경에서 영화, 음악, 교육, 게임, 쇼핑 등 다양한 대용량 디지털 콘텐츠 전달에 유용하게 적용되고 있다. 이러한 다양한 서비스의 활용을 위해서는 사용자 대기시간과 최대 버퍼 요구량을 감소 시켜야만 한다. 또한 대역폭 관점에서도 대용량 데이터 전송 시 큰 채널 대역폭을 요구하므로 효율적인 대역폭 관리의 필요성도 커지고 있다. VoD는 비디오를 전송하는 방식에 따라 TVoD (True-VoD)와 NVoD (Near-VoD)로 분류할 수 있다. TVoD는 비디오를 시청하고자 하는 사용자가 원하는 시간에 실시간으로 대기시간 없이 시청할 수 있는 방식이다. 사용자 대기시간과 저장공간이 필요 없는 장점이 있지만 한 사용자에게 하나의 채널을 할당하는 방식이므로 사용자 요청이 증가함에 따라 대역폭이 비례하여 증가하므로 대역폭의 효율적인 관리가 이루어지지 않는 단점이 있다. NVoD는 비디오를 정해진 규칙에 따라 다양한 크기와 대역폭으로 분할하여 전송하고 일관성 있는 규칙에 의해 수신함으로써 사용자가 끊임 현상 없는 비디오를 시청할 수 있도록 한 방식이다. TVoD와는 반대로 하나의 비디오를 일정 규칙에 따라 반복적으로 송신하기 때문에 대역폭 관리측면에서는 효율적이며 적은 채널 대역폭만으로도 다수의 시청자를 수용할 수 있는 장점이 있다. 하지만 일정간격을 두고 비디오를 재전송하기 때문에 시작부분이 다시 전송되는 시점까지 대기시간이 필요하며 연속 재생을 위해 고정된 크기의 저장공간이 필요한 단점이 있다. 이 NVoD는 데이터를 분할하여 전송하는 방식에 따라 Batching 방식과 Patching 방식으로 분류할 수 있다. Batching 방식은 전체 데이터를 해당 전송 방식의 규칙에 따라 분할하여

각기 다른 채널을 통해 수신하여 전체 데이터를 재생시키는 방식이다. Patching 방식은 전체 데이터를 하나의 채널을 통해 전송하고 일정 시간 간격 후에 전체 데이터를 또 다른 채널을 통해 주기적으로 반복 전송하고 일정 대기 시간 동안에 새로운 방식의 채널을 덧붙여 전송하는 방식이다. 이 논문은 기존 Fast Broadcasting 방식보다 최대 버퍼 요구량의 성능을 개선시킨 Staircase Broadcasting 방식을 Patching 방식에 접목시킴으로써 사용자의 최대 버퍼 요구량을 획기적으로 줄일 수 있는 방식을 제안하고 있다. 제안한 방식의 성능 모델로 실험한 결과 사용자 대기시간과 최대 버퍼 요구량, 그리고 요구 채널 수를 타 방식과 비교하였을 때 기존 Patching 방식보다 뛰어난 성능을 나타냄을 알 수 있다. 그리고 Staggered Broadcasting 방식과 Staircase Broadcasting 방식의 채널 비율을 조정함으로써 다양한 콘텐츠의 전송 환경에 적용할 수 있다.

2. 관련연구

2.1. Staggered Broadcasting Scheme

이 방식은 채널에 따라서 정해진 일정시간의 시간차를 두고 각 채널로 동일한 비디오를 전송함으로써 정해진 대기 시간 이후 비디오를 수신할 수 있다. Staggered Broadcasting 방식은 VoD 서버의 대역폭 관점에서는 효율적인 전송 방식은 아니지만 클라이언트의 STB에 데이터를 저장시킬 필요가 없기 때문에 클라이언트의 STB는 전체 비디오 수신 시에 단 하나의 채널만을 점유하게 되며 최소한의 버퍼만이 필요한 장점이 있다.

2.2. Staircase Broadcasting Scheme

Staircase Broadcasting 방식은 클라이언트에서 사용자 대기 시간이 동일한 조건에서 기존의

방식보다 최대 버퍼 요구량 면에서 향상된 성능을 나타내는 VoD 전송 방식이다. 이 Staircase Broadcasting 방식을 이용할 경우 수신 측에서는 전체 비디오 크기의 약 25%에 해당하는 데이터를 저장할 공간이 필요하므로 다른 방식들에 비하여 최대 버퍼 요구량 면에서 상당히 개선되었다. 하지만 Staircase Broadcasting 방식은 다수의 채널과 세그먼트의 분할로 인해 복잡도가 증가하는 단점이 있다.

2.3. Join - and - stream (JAS)

이 논문에서 제안한 방식을 설명하기 전에 사용자 대기시간을 줄일 수 있는 방안으로 Staggered broadcasting 방식을 기반으로 설계된 JAS 방식에 대하여 설명한다. 전체 비디오 길이를 D , Staggered interval을 D_s , 사용자가 비디오 시청을 요청 후 대기할 수 있는 사용자 대기 시간을 D_{msx} 라고 가정할 수 있다. 이때 JAS 방식에서 사용자 요청이 임의의 Staggered 채널의 스트림이 전송되기 전 D_{msx} 이내에 도착했을 경우 사용자는 해당 채널이 시작할 때까지 대기하여야 한다. 반면에 D_{msx} 구간 이외에 사용자 요청이 도착했을 경우에는 전송중인 Staggered 채널의 스트림의 놓친 앞부분을 서버로부터 유니캐스트 전송방식으로 수신하는 방식이다.

3. 제안된 Staggered - Staircase 방식

3.1. 기본개념

Staggered - Staircase 방식은 Staggered Broadcasting 방식으로 전송되는 전체 비디오 데이터 가운데 Staggered Broadcasting 방식에 의해 발생하는 최대 사용자 대기 시간만큼의 데이터를 Staircase Broadcasting 방식으로 전송하는 기법이다. 이 방식은 Staggered Broadcasting 방식에 의한 데이터 반복주기 구간에서만 사용자 대기시간과 최대 버퍼

요구량이 고려되므로 VoD System 설계에 가장 큰 고려 대상인 사용자 대기시간과 최대 버퍼 요구량의 효율 관점에서 개별적인 방식의 단점을 보완할 수 있다. 다음 절에서는 Staggered - Staircase 방식의 VoD 시스템의 서버와 클라이언트에서의 송수신 과정을 각각 좀 더 자세히 설명할 것이다.

3.2. 서버에서의 전송 방법

그림 1. 에서 보는 바와 같이 Staggered - Staircase 방식으로 전송되는 전체 비디오 길이를 D 라고 하고 비디오의 재생 소모율을 b 라고 한다면 전체 비디오 크기 V 는 $V = D \times b$ 와 같이 나타낼 수 있다. 전체 비디오 길이 D 는 Staggered Broadcasting 방식으로 N_{ST} 개의 채널을 이용하여 주기적으로 전송되며 Staggered Broadcasting 방식에 의해 발생하는 최대 사용자 대기 시간 D_s 는 Staircase Broadcasting 방식에 의해 $C_{N_{sc}-1}^{SC}$ 채널로 나누어 전송된다. Staggered Broadcasting 방식으로 전송되는 N_{ST} 개의 채널은 $\{C_0^{ST}, C_1^{ST}, \dots, C_{N_{ST}-1}^{ST}\}$ 로 나타낼 수 있고 Staircase Broadcasting 방식으로 전송되는 N_{SC} 개의 채널은 $\{C_0^{SC}, C_1^{SC}, \dots, C_{N_{SC}-1}^{SC}\}$ 로 나타낼 수 있다. 또한

N_{SC} 개의 채널은 $\{C_{N_{sc}-1,1}^{SC}, C_{N_{sc}-1,2}^{SC}, \dots, C_{N_{sc}-1,j}^{SC}\}$ 와 같이 N_{SC} 에 의해 결정되어 $j = 2^{N_{sc}-1}$ 개의 서브채널을 가지며 각각의 서브채널들은 $b/2^{N_{sc}-1}$ 만큼의 서브채널 대역폭을 점유한다. D_s 는 Staircase Broadcasting 방식에 의해 나누어지는 서브 채널 $C_{N_{sc}-1,j}^{SC}$ 에 세그먼트 $S_{v,u}^{SC}$ 로 분할된다.

세그먼트 $S_{v,u}^{SC}$ 는 채널 $C_{N_{sc}-1}^{SC}$ 에 따라 정해진

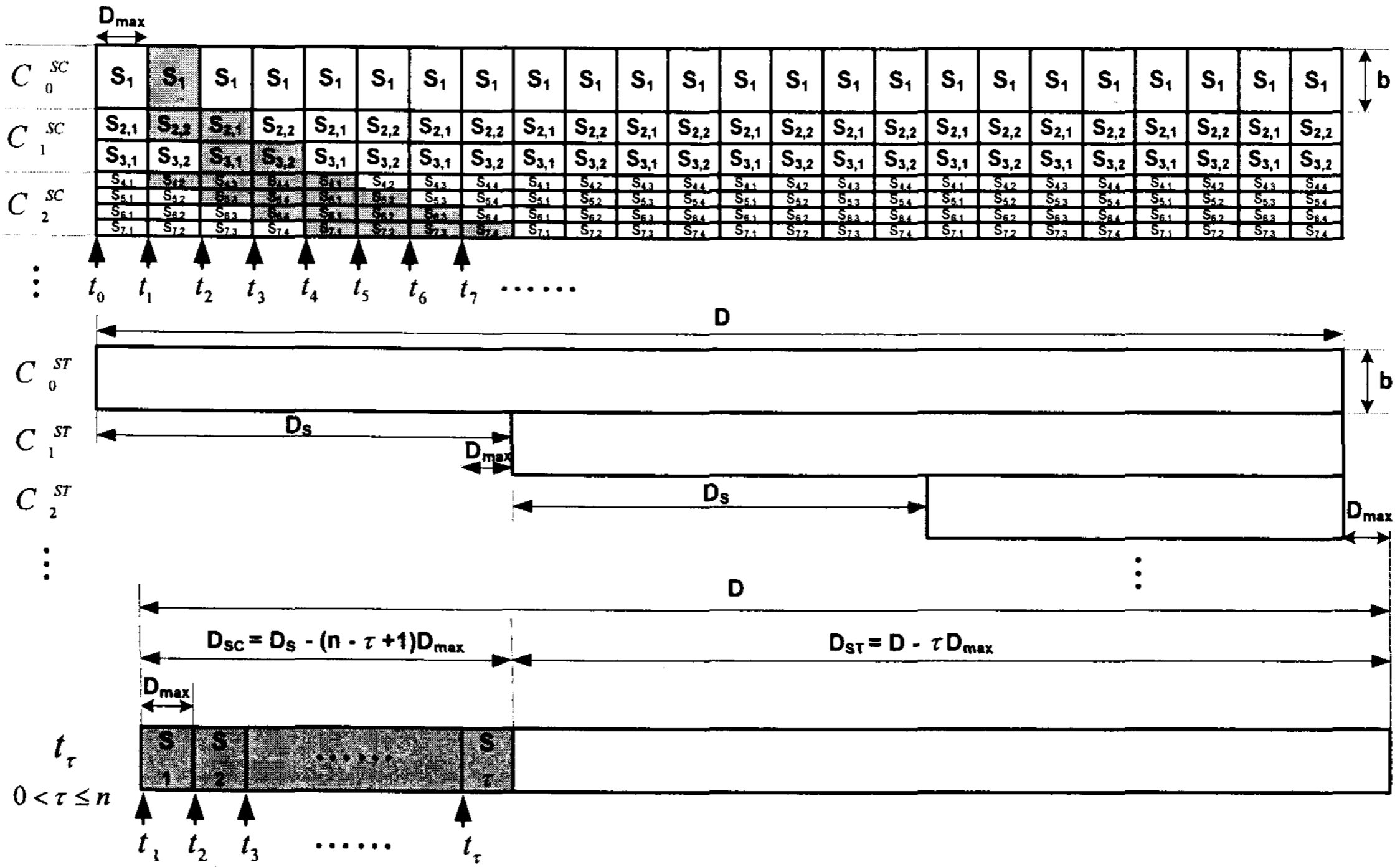


그림.1. Staggered - Staircase 의 채널 할당과 데이터 분할 방법

수만큼 반복하여 주기적으로 전송된다. n 은 Staircase Broadcasting 방식으로 전송되는 채널 수 N_{SC} 에 따라 분할되는 전체 데이터 세그먼트 수를 나타내며 다음 식 (1)과 같다.

$$n = \sum_{i=0}^{N_{SC}-1} 2^i = 2^{N_{SC}} - 1, \quad (i = 0, 1, \dots, N_{SC} - 1) \quad (1)$$

따라서 Staggered Broadcasting 방식에 의해 발생하는 최대 사용자 대기 시간만큼의 데이터 D_s 는 n 개의 세그먼트로 나누어지고 S_v^{SC} 가 D_s 의 v 번째 세그먼트라고 가정하면 세그먼트 S_v^{SC} 는 순서대로 연결이 되어있으며 세그먼트 S_v^{SC} 의 합인 $S^{SC} = S_1^{SC} \cdot S_2^{SC} \cdot \dots \cdot S_n^{SC}$ 으로 나타낼 수 있다. 각 서브 채널에서의 세그먼트 $S_{v,u}^{SC}$ 는 v 와 u 에 따라 다음과 같이 구성된다. 각 서브 채널 $C_{i,j}^{SC}$ 에 포함되는 $2^{N_{SC}-1}$ 개의 세그먼트 $\{S_v^{SC} | v = 2^{N_{SC}-1}, \dots, 2^{N_{SC}} - 1\}$ 에는 $2^{N_{SC}} - 1$ 개의 서브

세그먼트 $\{S_{v,u}^{SC} | u = 1, \dots, 2^{N_{SC}-1}\}$ 로 구성된다.

3.3. 클라이언트에서의 수신 방법

그림 2는 임의의 시간 t_r 에서 사용자 요청이 발생했을 경우 Staggered - Staircase 방식의 수신 데이터의 조합을 보여주고 있다. D_s 는 N_{ST} 와 세그먼트 분할계수 n , 그리고 최대 사용자 대기시간 D_{max} 에 의해 다음 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$D_s = \frac{D}{N_{ST}} = (n+1)D_{max} = 2^{N_{SC}} D_{max} \quad (2)$$

전체 비디오 데이터 길이 D 가운데 Staggered Broadcasting 방식에 의해 수신되는 데이터를 D_{ST} 라 하고 Staircase Broadcasting 방식에 의해 수신되는 데이터를 D_{SC} 라고 한다면 $D = D_{ST} + D_{SC}$ 로 나타낼 수 있다. 중요한 것은 Staggered Broadcasting 방식에 의해 나누어진

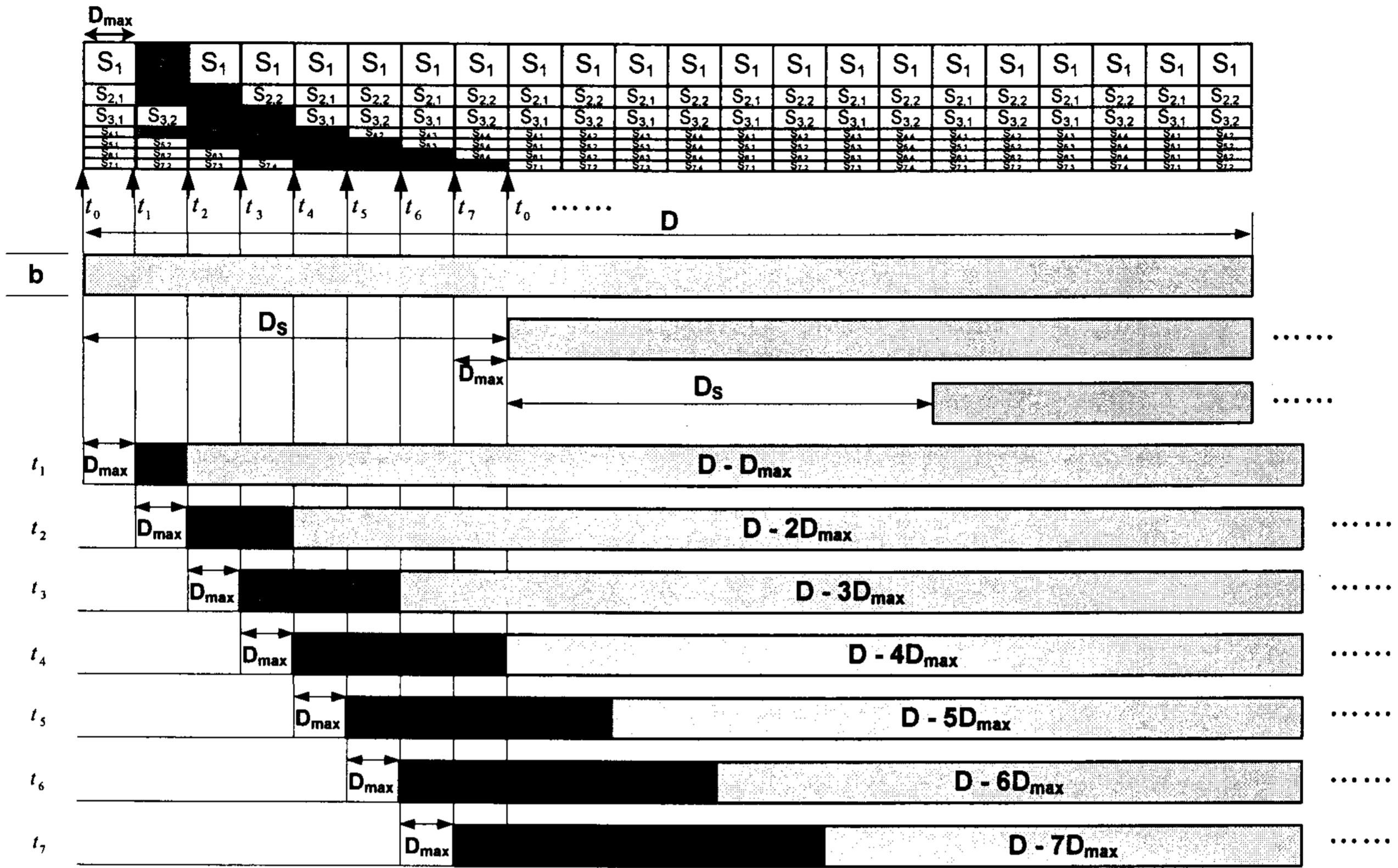


그림.2. 클라이언트에서 Staggered - Staircase 방식의 수신 방법

($N_{ST} = 3$ channels, $N_{SC} = 3$ channels)

데이터 D_s 는 사용자 요청시간 t_r 에 따라 D_{SC} 에 포함될 수도 있고 D_{ST} 에 포함될 수도 있다. 각 방식의 채널 수 N_{ST} , N_{SC} 와 사용자 요청시간 t_r 에 따라 수신되는 가변적인 데이터 D_{SC} 와 D_{ST} 는 각각 식 (3), (4)과 같다.

$$D_{SC} = D_s - (n - \tau + 1)D_{max} \quad (3)$$

$$D_{ST} = D - \tau D_{max} \quad (4)$$

따라서 클라이언트가 t_r 시간에서 요청했을 때 수신되는 전체 비디오 데이터 D 는 D_{SC} 데이터와 D_{ST} 데이터를 분할된 세그먼트 순서에 맞게 수신함으로써 전체 비디오의 끊김 현상이 없는 재생이 가능하다. t_0 시간에서는 Staircase Broadcasting 방식으로 수신된 데이터 없이 단지

Staggered Broadcasting 방식만으로도 수신 가능하다. n 은 Staircase Broadcasting 방식으로 전송되는 채널 수 N_{SC} 에 따라 분할되는 $2^{N_{SC}}$ 개의 데이터 세그먼트 수를 나타낸다. 여기서 $D_s - (n - \tau + 1)D_{max}$ 는 N_{SC} 에 따라 $2^{N_{SC}} - 1$ 개로 분할된 데이터 세그먼트로 구성되며 $D - \tau D_{max}$ 는 $D_s - (n - \tau + 1)D_{max}$ 를 제외한 부분이 된다. Staggered - Staircase 방식에 의해 서버에서 송신된 전체 비디오 데이터는 클라이언트에서 서버로 요청하는 시간에 따라 수신 채널을 전환하면서 전체 데이터의 끊김 현상 없는 수신을 보장한다. 시작 데이터 수신시점은 D_{max} 간격으로 나누어져 있으며 사용자 요청 시점에 따라 각 t_r 에서 발생한다. $0 < \tau \leq n$ 의 구간에서 발생하는 t_r 가 최대 τ 값인 t_n 가 될 때 Staircase Broadcasting 방식으로 수신하는 데이터량은

최대가 되고 t_0 과 t_1 사이 구간에서 사용자 요청이 발생시에 Staircase Broadcasting 방식으로 수신하는 데이터 량은 최소가 된다. 서버에서는 Staggered Broadcasting 방식에 의해 구분되는 매 D_s 데이터 시작시점에서 t_r 가 t_0 로 재설정됨을 클라이언트로 알린다.

3.4. Staggered - Staircase 방식의 전송 예

그림 2는 총 채널 대역폭은 $6b$ 를 차지하고 있으며 전체 비디오 데이터를 Staggered Broadcasting 방식 3채널과 전체 비디오 데이터 길이의 $D/3$ 에 해당하는 데이터를 Staircase Broadcasting 방식으로 3채널을 통해 전송하고 있음을 보여준다. 그림 2의 예에서 수신과정은 다음과 같다.

- 1) t_0 과 t_1 사이 구간에서 사용자 요청이 발생시 t_1 에서 Staircase Broadcasting 방식으로 전송되는 C_0^{SC} 채널로부터 전체 비디오 데이터의 시작시점인 S_1 을 수신하기 시작하고 정상적인 재생 소비율 b 로 재생한다.
- 2) 1과정과 동시에 Staggered Broadcasting 방식으로 전송되는 C_0^{ST} 채널로부터 재생 소비율 b 와 동일한 속도로 S_1 다음에 이어질 연속 데이터를 다운로드 하여 버퍼에 저장한다.
- 3) t_2 에서는 이전 과정에서 버퍼에 저장해둔 데이터를 재생시키고 동시에 재생되고 있는 데이터의 다음에 연결되는 데이터 즉, t_3 에 재생될 데이터를 C_0^{ST} 채널로부터 재생 소비율 b 와 동일한 속도로 다운로드하며 버퍼에 저장한다. 각 시간 구간마다 이와 같은 과정을 반복하여 전체 비디오 데이터 D 가 종료되는 시점까지 재생을 완료한다.

4. 성능분석

4.1. 사용자 대기 시간

사용자 대기시간은 그림 2에서 나누어진 하나의 세그먼트의 길이와 같고 이 논문에서는 D_{max} 로 명시한다. D_{max} 는 Staircase Broadcasting 방식에 의해 $n = 2^{N_{sc}}$ 개의 세그먼트로 분할된 길이와 같으며 사용자가 기다려야만 하는 최대 대기 시간을 의미한다. 그 이유는 사용자 요청시점에서 채널 C_0^{SC} 을 이용하여 비디오의 첫 번째 세그먼트인 S_1 의 수신을 하지 않게 된다면 다음 S_1 의 시작 시점을 기다려야 하기 때문이다. 이 때 D_{max} 는 식 (5)과 같다.

$$D_{max} = \frac{D_s}{2^{N_{sc}}} \quad (5)$$

예를 들어 전체 비디오 데이터 길이 D 가 100분인 비디오를 Staggered Broadcasting 방식으로 5개 채널과 Staircase Broadcasting 방식으로 5채널을 이용한 Staggered - Staircase 방식을 이용한다면 사용자 최소 대기 시간 D_{max} 는 약 37초에 불과하게 된다. 하지만 Staggered Broadcasting 방식으로 동일한 대역폭을 가지는 10개 채널로 서비스할 경우 $D_{max} = D/N_{ST}$ 에 의해서 10분의 최대 사용자 대기 시간이 필요하게 된다. 따라서 단순하고 시스템 복잡도가 낮은 Staggered Broadcasting 방식만을 이용할 때보다 Staggered - Staircase 방식을 이용하면 약간의 시스템 복잡도 증가 만으로도 사용자 대기시간을 20배 가량 줄일 수 있고 대역폭 효율을 증대시킬 수 있다.

4.2. 클라이언트 버퍼 요구량

Staggered - Staircase 방식으로 인한 버퍼는 전체 비디오 데이터 수신시점이 t_1 일 때부터 증가하기 시작하여 t_7 시점에서 수신을 시작할 때 최대 버퍼가 필요하게 된다. t_7 에서 수신을 시작할 때 즉, Staircase Broadcasting 방식으로

수신하는 가장 마지막 시작 시점에서 Staircase Broadcasting 방식으로 가장 많은 데이터를 수신하고 Staggered Broadcasting 방식으로 가장 많은 데이터를 버퍼에 저장하게 된다. Staggered Broadcasting 방식으로 인한 버퍼 증가율이 Staircase Broadcasting 방식의 버퍼 감소율보다 크기 때문에 Staggered - Staircase 방식의 최대 버퍼 요구량은 Staggered Broadcasting 방식에 의한 최대 버퍼 요구량과 같다. 전체 버퍼 요구량은 증가량과 감소량의 합 $Z = input(Z) + output(Z)$ 으로 나타낼 수 있으며 이는 식 (6)과 같다.

$$Z = \frac{(2^{N_{sc}} - 1)}{2^{N_{sc}}} D_{sc} b \quad (6)$$

5. 모의 실험

이 장에서는 JAS와 SBB 방식의 성능을 이 논문에서 제시하고 있는 Staggered - Staircase 방식의 성능과 비교 분석한다. 전체 비디오 길이 D 는 120분으로 가정하고 전체 필요 채널 수가 동일한 조건에서 Staggered - Staircase 방식은 N_{st} 를 5채널로 제한하고 N_{sc} 의 변화에 따른 성능분석을 실행하였다. JAS 방식과 SBB 방식에서는 arrival rate λ ($\lambda = 2$) 를 적용하여 계산하였다. 그림 3은 추가되는 Patching 채널에 의해 증가하는 전체 필요 채널 수에 따른 각 방식들의 사용자 최대 대기시간 D_{max} 의 비교를 나타낸다. 실험결과에서 알 수 있듯이 Staggered - Staircase 방식을 이용하여 비디오를 전송할 경우 Staircase Broadcasting 방식으로 전송하는 채널 수 N_{sc} 가 증가함에 따라 사용자 최대 대기시간 D_{max} 가 감소함을 보여주고 있다. 사용자 최대 대기 시간으로 분석하면 JAS방식과 SBB방식, 그리고 Staggered - Staircase 방식 순으로 사용자 최대 대기시간의 감소량이 크지만 전체 필요 채널 수가 증가 함에 따라 대기시간의

감소량의 차이가 줄어들어 가는 것을 알 수 있다.

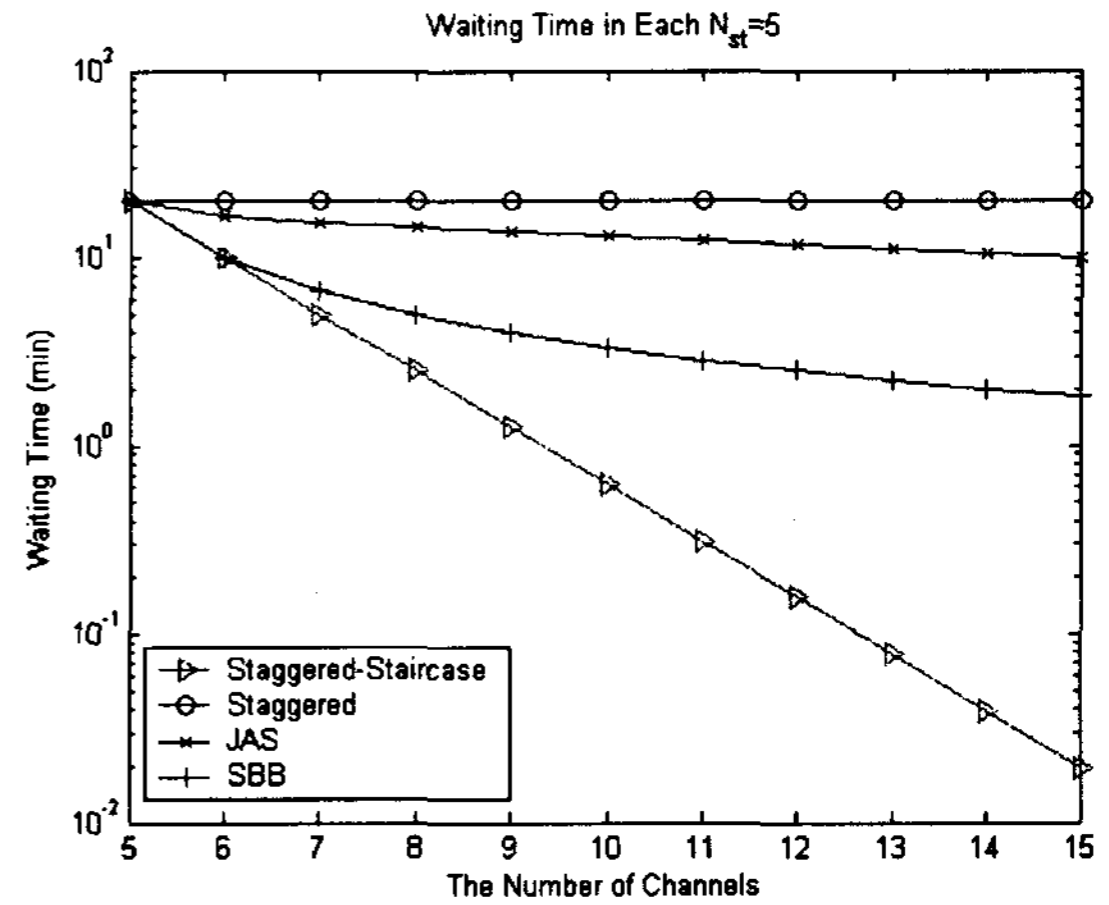


그림.3 $N_{st} = 5ch$ 일 때 total channel수에 따른 각 방식들의 사용자 대기 시간 비교

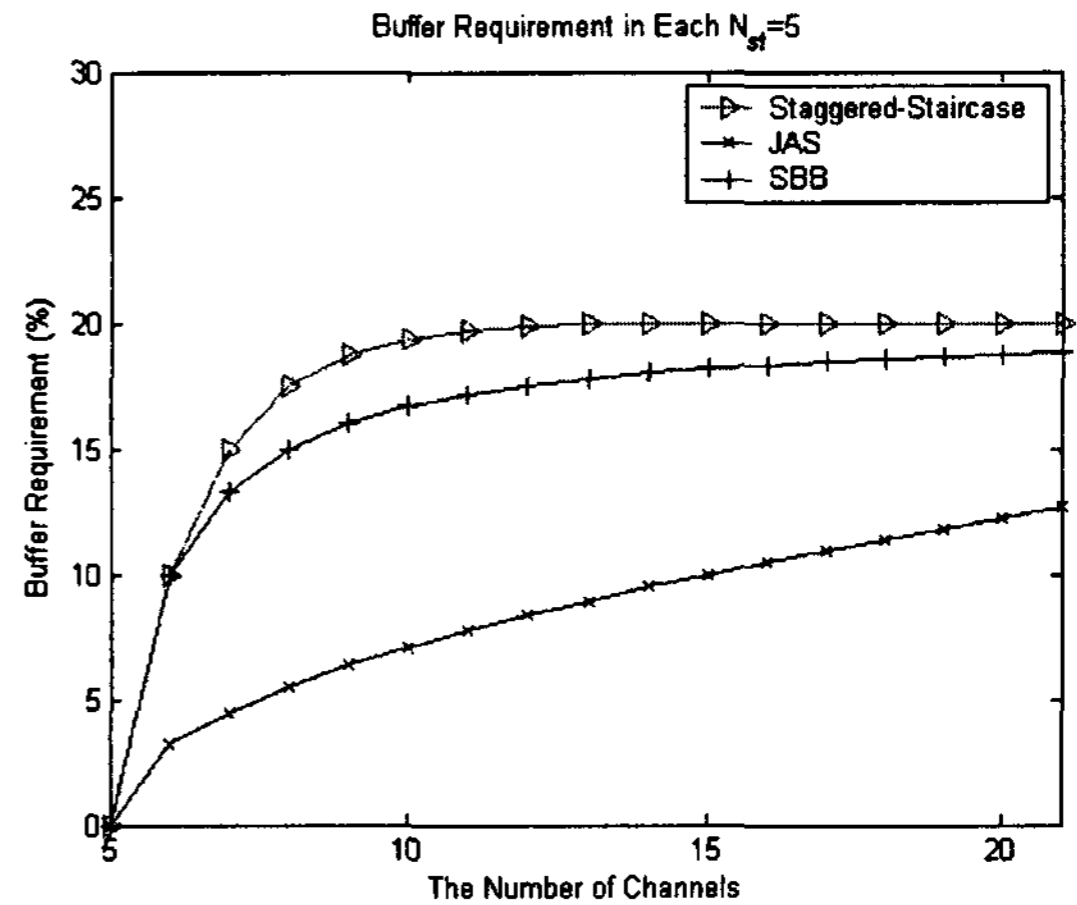


그림.4 $N_{st} = 5ch$ 일 때 total channel수에 따른 각 방식들의 최대 버퍼 요구량 비교

그림 4에서는 N_{st} 와 추가되는 N_{sc} 에 의해 증가하는 전체 필요 채널 수 S 에 따른 각 방식들의 사용자 최대 버퍼 요구량 Z 의 비교를 나타낸다. 이 실험에서는 N_{sc} 가 증가함에 따라 사용자 최대 버퍼 요구량 Z 가 증가하다가 N_{sc} 가 5채널 이상으로 할당될 때부터는 전체 비디오의 최대 약 20% 분량의 버퍼를 필요로 함을 알 수 있다. 이 방식은 기존의 NVoD방식 가운데 최대 버퍼 요구량에서 가장 효율이 높은 Staircase

Broadcasting 방식이 전체 비디오 데이터의 25%를 버퍼를 필요로 하는 것보다 뛰어난 성능을 보이고 있다. 채널 대역폭 효율이 낮지만 시청자 요구에 일대일 대응을 하는 유니캐스트 방식으로 전송하는 JAS방식과 SBB방식은 이 논문에서 제안하고 있는 Staggered - Staircase 방식보다 최대 버퍼 요구량에서 다소 성능이 우수해 보이지만 채널이 증가할수록 최대 버퍼 요구량은 근사한 성능으로 간주할 수 있다.

6. Conclusion

이 논문에서 제안한 Staggered - Staircase 방식은 Near VoD 전송방식들 가운데 채널 대역폭과 사용자 대기시간, 그리고 클라이언트 최대 버퍼 요구량 관점에서 전송효율이 좋은 Staircase Broadcasting 방식을 다소 비효율적이지만 가장 간단한 구조로 알려진 Staggered Broadcasting 방식에 적용함으로써 상호간의 장단점을 보완할 수 있는 전송구조를 제안하고 있다. 응용 NVoD 전송방식으로 기존에 소개된 JAS 방식, SBB 방식 그리고 BMP 방식과 같은 Patching Scheme들은 멀티캐스트 전송방식과 유니캐스트 전송방식의 결합된 형태라 할 수 있으며 이러한 방식은 유니캐스트 전송으로 인한 채널 대역폭 운용에 비효율적인 단점을 가진다. 하지만 이 논문에서 제시한 Staggered - Staircase 방식은 멀티캐스트 전송방식과 멀티캐스트 전송방식의 혼합형 전송구조로 설계되어 기존 방식들보다 전송 채널 대역폭 관점에서는 우수한 성능을 나타내고 있다. JAS 방식, SBB 방식 그리고 BMP 방식과 같은 Patching Scheme들이 동시 시청자 수에 따른 성능 변화가 심한데 비해 Staggered - Staircase 방식은 시청자 수에 따른 성능 변화가 없다. 또한 Batching Scheme의 특징인 비디오 데이터 분할로 인해 사용자 대기시간, 그리고 클라이언트 최대 버퍼 요구량의 성능에 추가적인 효율성을

보장한다. 제안된 Staggered - Staircase 방식은 NVoD 전송 성능 향상과 더불어 기존의 다양한 방식들의 단점인 채널 증가에 따른 과도한 세그먼트 분할로 인한 복잡도를 비교적 줄일 수 있다. 특히 Staggered - Staircase 방식은 비교적 사용자 대기시간이 짧아야 하고 클라이언트 버퍼가 많이 요구되지 않으며 사용자의 시청 요청수가 짧은 시간에 기하급수적으로 증가될 수 있는 비디오에 적용이 가능하다. 그리고 Staggered Broadcasting 방식과 Staircase Broadcasting 방식의 채널 비율을 NVoD 방식을 이용하는 환경에 따라 적절히 조정함으로써 다양한 콘텐츠의 전송환경에서 적용 가능한 장점이 있다. 향후 이와 같은 복합형 NVoD 전송구조를 바탕으로 복잡도를 낮추면서도 전송 효율과 활용도를 향상시키기 위한 다양한 NVoD 전송방식에 대한 연구가 필요하다.

[참고문헌]

- [1] L. S. Juhn and L. M. Tseng, "Staircase data broadcasting and receiving scheme for hot video service," *IEEE Trans. Consumer Electron.*, vol. 43, no. 4, pp. 1110- 1117, Nov. 1997.
- [2] S. Chan and S. Yeung, "Client buffering techniques for scalable video broadcasting over broadband networks with low user delay," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 48, no. 1, pp. 19- 26, Mar. 2002.
- [3] A. Dan, D. Sitaram, and P. Shahabuddin, "Dynamic batching policies for an on-demand video server," *ACM/Springer Multimedia Syst.*, vol. 4, pp. 112- 121, June 1996.

* 서울시 산학연 협력사업 Seoul R&BD Program
(Seoul Research and Business Development Program)