DBpia

주문형 멀티미디어 서비스를 위한 대역폭 효율적인 하모닉 스태거드 전송 기술

준회원 김 홍 익*, 정회원 박 승 권**

Bandwidth Efficient Harmonic Staggered Broadcasting Method for Multimedia on-Demand Services

Hong-ik Kim* *Associate Member*, Sung-kwon Park** *Regular Member*

요 약

일정한 대역폭 내에서 시청자의 대기시간과 요구되는 버퍼의량을 줄이는 것은 주문형 비디오(VoD) 서비스 시스템 설계에서 중요한 요소였다. 하지만 기존의 제안된 많은 주문형 비디오 방법들의 높은 복잡도가 구현을 어렵게 하기 때문에, 최근에는 이와 더불어 주문형 비디오 방법의 복잡도를 줄이는 것도 중요한 요소로 간주되고 있다. 본 논문에서는 대역폭의 효율성도 높이면서 기존의 주문형 비디오 방법들의 복잡성을 크게 줄인 하모닉 스태거드 전송 (Harmonic Staggered Broadcasting) 방식을 제안한다. 논문에서 제안하는 하모닉 스태거드 전송 방식은 하모닉 전송 (Harmonic Broadcasting) 방식의 높은 대역폭 효율과 스태거드 전송 (Staggered Broadcasting) 방식의 간단한 구조적 특징을 한꺼번에 가지고 있는 매우 실용적인 주문형 비디오 방법이다. 모의실험 결과 제안된 방식은 시청자 최대 대기시간이 기존 대역폭 효율이 가장 우수한 하모닉 전송 방식과 거의 일치하고, 시청자 최대 버퍼 요구량은 비디오 분할 계수가 5일 때 비디오 데이터의 25% 정도로 매우 낮게 나타났다. 또한 주문형 비디오 방식의 복잡성도 함께 줄일 수 있었다. 본 논문은 하모닉 스태거드 전송 방식의 서버와 클라이언트 동작과정, 성능 모델, 모의실험을 통하여 제안된 방식의 높은 효율성과 실용성을 제시한다.

Key Words : Video-on-demand, Harmonic Staggered broadcasting, Simple structure, Efficiency

ABSTRACT

In providing video-on-demand (VoD) services to a number of clients through networks, the bandwidth requirements of video transmission restrict VoD services. For this reason, many significant broadcasting-based VoD schemes have been proposed to efficiently support services. However, the broadcasting-based VoD schemes approach needs frequency channel hopping, using many channels at the same time and managing many segments of a video. These make it difficult to implement. In this paper, we propose a Harmonic Staggered broadcasting scheme which has a simple structure and substantially improved VoD efficiency. The numerical results demonstrate that the viewer's waiting time of the Harmonic Staggered broadcasting scheme is close to the harmonic broadcasting scheme and the maximum buffer requirements of this can be adapted for demanding rate by adjusting the short front part of a video sizes.

* 한양대학교 전자통신전파공학과대학원 응용통신연구실 (hongik@hanyang.ac.kr)
** 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 (sp2996@hanyang.ac.kr)
논문번호 : KICS2006-11-493, 접수일자 : 2006년 11월 15일, 최종논문접수일자 : 2006년 12월 14일

www.dbpia.co.kr

Ⅰ. 서 론

최근의 컴퓨터 및 통신 기술 그리고 네트워크의 광대역화로 VoD(Video-on-Demand) 서비스가 가능하게 되었고 현재 새로운 부가가치 산업으로 많은 관심을 받고 있다. VoD는 주문형 비디오, 또는 요구형 비디오라고도 불려지며, 통신망을 이용해 디지털 데이터 형태로 저장중인 영화, 교육, 게임, 쇼핑 등의 영상 자료를 먼 거리에 있는 여러 사용자들에게 제공할 수 있는 양방향 시스템이다. 즉 사용자가 선택한 비디오 서비스의 내용을 통신망을 통해 비디오 서버로부터 전송받아 사용자 요구에 따라 가상 VCR(Video Cassette Recorder) 기능을 이용, 원하는 서비스를 제공하는 것을 말한다.

비디오는 동영상, 음성 등의 대용량 데이터의 집합체로써 압축 이후에도 많은 데이터를 전송해야 한다. 이를 네트워크를 통하여 전송할 경우 대단히 큰 채널 대역폭이 필요하고 채널 대역폭을 확보하기 위해서 적지 않은 비용이 소요되므로 채널 대역폭의 효율적 활용이 필요하다.

VoD는 비디오를 전송하는 방식에 따라 분류할 경우 실시간 주문형 비디오 (TVoD True-VoD)[1]와 유사 주문형 비디오(NVoD: Near-VoD)[2]-[10], [12]-[14]로 크게 분류된다. TVoD는 시청자가 원하는 시간에 원하는 프로그램을 선택하여 시청할 수 있는 방식으로 시청자에게 지정된 하나의 채널을 통해서 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하는 대화형 서비스이다. TVoD는 대화형 서비스의 장점이 있지만 시청자가 비디오 서버에서부터 시청자단까지 전송 채널을 점유하기 때문에 서비스의 제공에 많은 대역폭이 필요하고 따라서 많은 비용이 소요된다는 단점이 있다.

반면, NVoD는 대화형 서비스 기능과 시청자의 대기시간을 희생하는 대신, 하나의 비디오 프로그램을 여러 개의 방송채널을 통하여 순차적으로 반복하는 방식이다. NVoD는 하나의 비디오 채널을 이용하여 다수의 시청자들이 동시에 비디오를 시청할 수 있도록 하여 시스템 비용을 획기적으로 줄였다. NVoD가 TVoD에 비해 현저히 적은 채널을 필요로 하지만 많은 시청자들이 요청한 비디오를 즉시 볼 수 없다는 단점이 있다[11]. 하지만 VoD에 대한 시청자의 요구는 특정 비디오에 집중이 강하게 발생하고 이와 동시에 시청자의 요청 시간도 특정 시간대에 집중적으로 발생한다. 이러한 이유로 인기가 많은 비디오에 대해서는 TVoD 보다는 NVoD를 활용하는 것이 대역폭 측면에서 효율적이다.

근래에 NVoD의 성능개선을 위해 활발한 연구가 진행되어 왔으며, 이 연구에는 크기 배칭(Batching) 방식, 패칭(Patching) 방식 그리고 브로드캐스팅(Broadcasting) 방식으로 구분이 된다. 배칭 방식은 서버에서 시청자의 요청을 일정시간 동안 모아서 특정시점에 한꺼번에 서비스 하는 방식이다. 패칭 방식은 비디오 데이터를 스테거드 전송(Staggered Broadcasting) 방식[14]으로 일정한 시간 간격을 두고 전송을 하고 비디오 데이터 전송 주기 시간동안 채널을 덧붙이는 형태로 구성된다. 브로드캐스팅 방식은 비디오 데이터를 대역폭과 길이를 기준으로 해서 다양한 방법으로 나누고 이를 서로 다른 채널에 주기적으로 전송하는 방법이다. 브로드캐스팅방식은 채널 대역폭 효율이 우수하다는 장점이 있지만 복잡성이 증가하기 때문에 실제 구현은 어렵다는 단점이 있다. 패칭 방식은 채널 대역폭 효율을 많이 떨어지지만 구현이 간단하다는 장점이 있다. 논문에서는 브로드캐스팅방식의 간단하고 대역폭 효율이 우수한 NVoD 방법을 제안한다.

대표적인 브로드케스팅 방식의 NVoD에는 Fast Broadcasting[3], Harmonic Broadcasting[4],[5], Staircase Broadcasting[6], Pyramid Broadcasting[7],[8], Skyscraper Broadcasting[9], Pagoda Broadcasting[12],[13] 방식 등이 있고, 이들은 크게 피라미드 전송(Pyramid Broadcasting) 방식, 하모닉 전송(Harmonic Broadcasting) 방식 그리고 파고다 전송(Pagoda Broadcasting) 방식으로 분류된다[10]. 이러한 방식은 비디오 데이터의 분할과 시청자단의 저장장치를 이용한 방식이다.

피라미드 전송 방식은 비디오 데이터를 여러개로 분할하여 분할된 비디오 데이터를 서로 다른 논리 채널을 이용하여 전송하는 방법이다. 이때 비디오 데이터의 크기는 α배씩 증가하여 커진다. 따라서 만약 첫 번째 분할된 비디오 데이터의 크기를 S_1이라고 하면 i번째 비디오 데이터의 크기는 $S_i = \alpha^{i-1} \times S_1$가 된다. 여기서 $i = 1,2,...,k$이고, $\alpha \geq 1$ 이다. 그리고 비디오 데이터 S_i는 i번째 채널을 통해서 전송이 된다. 이 방식은 비디오 서버 및 가입자 단의 장비가 복잡해지고, 가입자단의 셋탑박스에 전체 비디오의 70%이상을 저장할 수 있는 큰 저장장치가 필요할 뿐만 아니라 동시에 많은 채널을 사용해야 하므로 실용적인 방법은 아니다. 패스트 전송 (Fast Broadcasting) 방식은 비디오 데이터를 N개의 동일한 크기로 분할하고 대역폭이 b로 일정한 각 채널에 분산하여 전송하는 방법인데, i번째 채널에는

www.dbpia.co.kr

2^{i-1} 개수만큼의 분할된 데이터를 순서대로 각 채널에서 반복적으로 전송하는 방법이다. 이 방식은 피라미드 전송 방식에서 발전되었으며 채널의 대역폭 측면에서 보면 효율성이 높다. 하지만 비디오 데이터가 분할되는 개수가 너무 많고, 시청자 측에서 필요한 버퍼가 최고 비디오 크기의 50%에 해당하므로 실용적인 방법은 아니다. 하모닉 전송 방식은 비디오 데이터를 N개의 동일한 크기로 분할하고, i번째 분할된 데이터는 i번째 채널에서 i개의 데이터로 분할되어 반복하여 전송된다. 이 방식은 비디오 데이터를 동일한 크기로 분할하는 대신 채널 대역폭을 첫 번째 데이터가 사용하는 대역을 b라고 할 때 i번째 채널의 대역폭 b/i로 분할한다. 이 방식은 채널 대역폭 측면에서는 가장 효율적인 방식으로 알려져 있지만 비디오 데이터가 너무 많은 개수로 분할이 되고 사용 대역폭도 계속 변하기 때문에 구현이 어렵기 때문에 실제 구현해서 사용하기는 많은 어려움이 있다. 많은 브로드캐스팅 NVoD 방식들이 제안되어 왔는데 이들 중에서 하모닉 전송 방식이 시청자 대기 시간면에서 우수한 성능을 나타내고 계단형 전송 (Staircase Broadcasting) 방식이 버퍼 요구량면에서 우수한 성능을 보인다고 알려져 있다[20].

본 논문에서는 기존 제안되었던 브로드캐스팅 NVoD 방식의 단점인 복잡성을 줄이고 사용하는 채널 대역폭의 효율도 향상시키는 하모닉 스태거드 전송(Harmonic Staggered Broadcasting) 방식을 제한한다. 이 방식에서는 비디오 데이터를 짧은 선행 부분과 긴 후행 부분으로 나누고 짧은 선행 부분에는 하모닉 전송 방식을 사용하고 긴 후행 부분은 스태거드 전송 방식을 사용한다. 이러한 구조는 분할되는 비디오의 세그먼트 수를 줄일 수 있고, 동시에 사용하는 채널의 수도 줄이고, 관리하는 채널의 수도 감소시켜 간단한 NVoD 방식을 만들어 줄 수 있다. 또한 비디오의 짧은 선행부분에만 비디오가 분할되어 시청자 대기시간과 필요한 버퍼를 줄여 채널 대역폭 측면에서도 효율을 높일 수 있다.모의실험에서는 시청자의 평균 대기시간과 필요한 버퍼를 기준으로 성능을 비교한 결과 하모닉 스태거드 전송 방식이 기존의 방식에 비해 시청자 대기시간과 시청자 버퍼 요구량에서 월등히 우수한 성능을 보였다. 또한 동일한 채널이 주어진 조건에서, 비디오 데이터 분할계수에 따라 시청자 대기시간과 시청자 버퍼 요구량을 조절할 수 있다. 이러한 특성을 활용하여 VoD 시스템이 적용되는 환경과 서비스 제공자의 정책에 맞게 적절하게 조절하여 VoD 시스템을 구성할 수 있다. 따라서 본 논문에서 제한된 방식은 높은 채널 대역폭 효율을 유지하면서 동시에 간단한 구조를 가지며 VoD 시스템의 성능을 필요에 따라 조절할 수도 있는 실용적 NVoD 방법이다.

Ⅱ. 하모닉 스태거드 전송 방식

2.1 하모닉 스태거드 전송 방식의 기본개념

많은 NVoD 방식 중에서 하모닉 전송 방식은 채널대역폭 활용에서는 가장 효율적인 방법으로 알려져 있지만 많은 채널을 한꺼번에 사용해야 하고 데이터의 분할이 너무 많아 구현이 어렵다는 단점을 가지고 있고, 스태거드 전송 방식은 간단한 구조로 구현은 쉽지만 채널대역폭 사용에서 비효율적이다. 이들 NVoD 방식의 장점만을 가지고 단점을 해결하는 전송방식이 논문에서 제안하는 하모닉 스태거드 전송방법이다.

하모닉 스태거드 전송방식에서는 비디오를 짧은 앞부분과 긴 뒷부분으로 나누고 짧은 앞부분에는 하모닉 전송 방식을 적용하여 전송하고 긴 뒷부분에는 스태거드 전송 방식을 이용하여 전송하는 방식이다. 이때 각 부분은 주기적으로 브로드캐스트를 통해서 반복적으로 전송을 하고 스태거드 전송 방식의 반복 주기를 하모닉 전송 방식의 주기와 일치하도록 맞추어서 전송을 하게 된다. 이러한 NVoD 방식은 짧은 앞부분에만 복잡성을 유지하고 나머지 부분은 간단하게 구성이 되므로 구현을 쉽게 할 수 있고 짧은 앞부분에 적용되는 하모닉 전송 방식에 의해서 대역폭 활용도는 전체 비디오에 하모닉 전송 방식이 적용된 것과 거의 비슷하게 유지 할 수 있다.

그림 1은 하모닉 스태거드 전송 방식의 기본적인 비디오 데이터 분할방법을 보여준다. 전체 비디오 길이 D를 짧은 선행 부분 D_a과 긴 후행 부분 D_b로 분할하고, D_a 부분에는 하모닉 전송 방식을 사용하여 전송하고 D_b는 스태거드 전송 방식을 사용하여 전송하다. D_a에 하모닉 전송 방식을 적용하기 위해서는 D_a 부분을 동일한 크기로 나누고 이를 다시 데어터의 분할된 순서만큼 재분할 하여 전송하되 채널의 크기도 전송되는 데이터의 분할 순서만큼 나누어진 대역폭을 가진다. D_b는 분할하지 않고 하나의 세그먼트를 동일한 간격으로 반복전송을 하는 구조를 가진다. 자세한 전송방법은 아래에서 다시 설명하도록 하겠다.

www.dbpia.co.kr

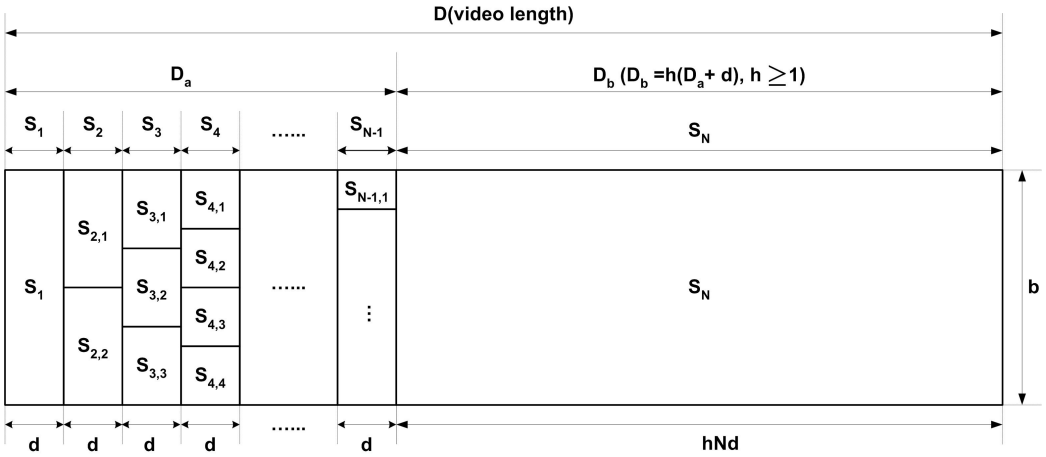


그림 1. 하모닉 스태거드 전송방식의 기본적인 비디오 데이터 분할방법.

2.2 서버에서 송신 방법

그림 1에서 나타나듯이 서버에서 NVoD 서비스로 전송되는 비디오의 길이를 D, 비디오의 재생 소모율을 b라고 가정하면, 전체 비디오의 크기 V는 $V=D\times b$ 로 표현이 된다. 비디오 전송에 할당된 대역폭의 크기를 B라고 하면, $B=\beta\times b$로 표할 수 있고, 이때 $\beta\geq 1$ 이다. 서버에서는 하모닉 스태거드 전송 방법은 아래의 방법을 따라서 전송이 된다.

1) 비디오의 길이 D를 짧은 비디오 앞부분 D_a과 긴 비디오 뒷부분 D_b로 나눈다. 이때 D_a 과 D_b의 관계는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$D_b = h(D_a + d),\ h \geq 1 \tag{1}$$

여기서 h는 비디오 분할 계수이고, d는 D_a에서 동일한 크기로 분할되는 데이터 세그먼트 하나의 길이이다. h는 양의 정수일 때 분할된 부분을 쉽게 동기화 할 수 있다. 분할된 짧은 비디오 앞부분 크기 V_a은 $V_a = D_a \times b$ 이고, 긴 뒷부분 크기 V_b는 $V_b = D_b \times b$ 이다.

2) 전체 비디오 길이 D는 N개의 세그먼트로 분할이 된다. 비디오 앞부분 D_a은 $N-1$개의 동일한 크기로 나누고, 비디오 뒷부분 D_b는 하나로 나누어진다. 따라서 D_a에 속하는 세그먼트의 길이 d는 식 (2)과 같이 표현된다.

$$d = \frac{D_a}{N-1} \tag{2}$$

분할된 비디오는 S로 표현을 하는데 S_i는 i번째 비디오 세그먼트를 나타낸다. 모든 세그먼트는 번호 순서대로 연결되어 있다. 모든 연결된 비디오를 합치면 전체 비디오를 구성할 수 있다. 비디오 앞부분 D_a에 속하는 S_1부터 S_{N-1}의 길이는 d로 동일하다.

3) D_a부분에 속하는 i번째 세그먼트 S_i는 i개의 하위 세그먼트로 분할한다. 이때 세그먼트 S_i의 하위 세그먼트는 $\{S_{i,1},...,S_{i,i}\}$로 표시한다. 하모닉 전송 방식이 적용되는 짧은 비디오 앞부분 D_a부분에 할당되는 채널의 개수를 m 이라고 가정하고, 스태거드 전송 방식이 적용되는 긴 비디오 뒷부분 D_b에 할당되는 채널의 개수를 n 이라고 가정한다. $\{C_1^{Da},...,C_{N-1}^{Da}\}$는 하모닉 전송 방식이 적용되는 부분의 채널을 말하고, $\{C_1^{Db},...,C_n^{Db}\}$은 스태거드 전송 방식이 적용되는 부분의 채널을 나타낸다. C_l^{Di} $(i=a,b)$의 표기법은 Di부분의 l번째 채널을 나타낸다.

4) D_a부분에 속하는 세그먼트 S_i에서 분할된 하위 세그먼트는 채널 C_i^{Da}를 통해서 전송된다. 채널 C_1^{Da}의 채널 대역폭이 b일 때 채널 C_i^{Da}의 채널 대역폭은 b/i이다. 채널 C_i^{Da} 내에는 S_i에서 분할된 하위 세그먼트들이 주기적으로 브로드캐스트 방식으로 전송된다. 채널 C_j^{Db}, 여기서 $j=1,...,n$, 내에서는 $D_b(S_N)$ 세그먼트가 스태거드 전송 방식으로 주기적으로 브로드캐스트 되어 전송 된다. 이때 스태거드 전송 방식의 반복 주기 D_s는 짧은 앞부분에 적용되는 하모닉 전송 방식과 주기를 맞추기 위해서

www.dbpia.co.kr

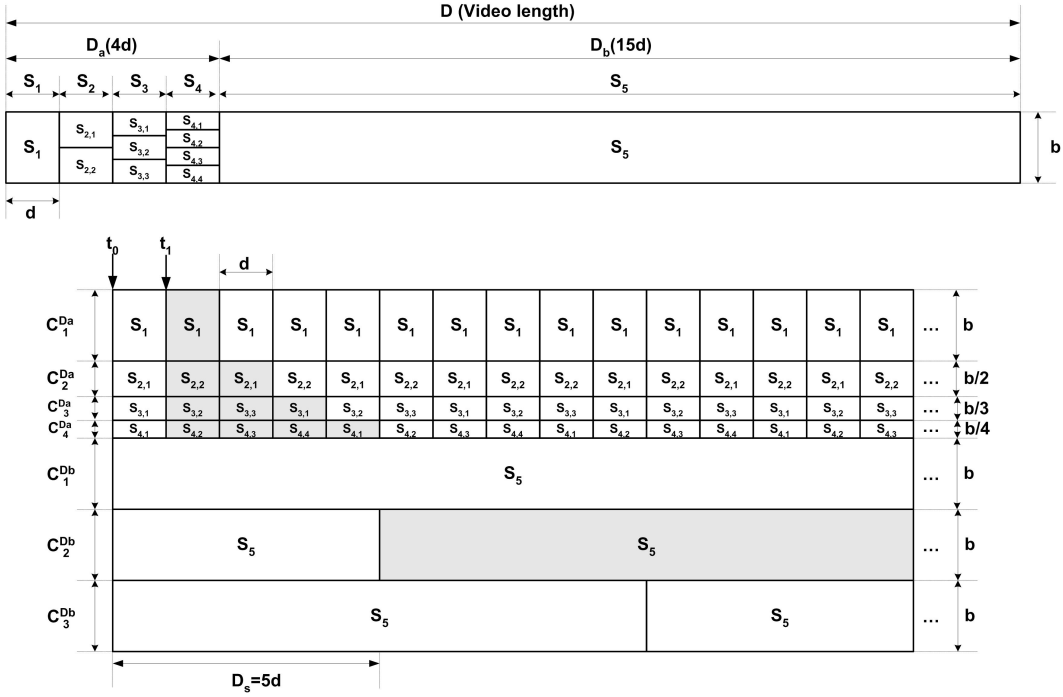


그림 2. 하모닉 스태거드 전송 방법의 예, (h=3, N=5, $m=\sum_{r=1}^{4}1/r$ 채널, n=3채널)

$D_s = D_a + d$가 되어야 한다. 스태거드 전송 방식에 할당된 채널 n은 $n = D_b/D_s = h$로 표현될 수 있다. 따라서 하모닉 스태거드 전송 방식으로 비디오를 전송하기 위해서 필요한 전체 대역폭은 식 (3)과 같다.

$$B = \sum_{i=1}^{N-1}\frac{b}{i} + nb = mb + nb \qquad (3)$$

여기서 $m = \sum_{r=1}^{N-1}\frac{1}{r}$은 짧은 비디오 앞부분 D_a 부분에 할당되는 채널의 개수이고 또한 N-1에 대한 하모닉 스태거드 전송 수라고 부른다.

그림 2는 하모닉 스태거드 전송 방식의 서버 측면에서의 동작을 보여주고 있다. 비디오의 길이 D는 비디오 분할 계수 h에 의해서 D_a과 D_b로 분할된다. 여기서 $C_l^{Di}(i=a,b)$의 표기법은 Di부분의 l번째 채널을 나타낸다. 비디오 분할 계수 h는 3이고 비디오 분할 개수 N은 5이다. D_a를 하모닉 전송 방식으로 전송하기 위해서 할당된 채널의 개수 m은 $\sum_{r=1}^{4}1/r$ 채널이고, D_b를 스태거드 전송 방식으로 전송하기 위해서 할당된 채널의 개수 n은 3이다. 스태거드 전송 방식이 적용되는 D_b의 전송주기 D_s는 $D_a + d$이고 여기서 d는 D_a을 하모닉 전송 방식으로 전송하기 위해 $D_a/(N-1)$ 길이로 동일하게 분할한 세그먼트의 길이이다.

2.3 클라이언트에서 수신 방법

클라이언트에서 버퍼의 용량이 비디오 시청을 위해서 데이터를 저장하기에 충분하다고 가정하면, 비디오 데이터를 수신해서 시청하기 위해서는 아래와 같은 절차를 따라야한다.

1) 먼저 시청자가 비디오의 시청을 원하는 시점을 기준으로 채널 C_1^{Da}에서 가장 먼저 시작하는 비디오 데이터 세그먼트 S_1을 다운로드 받으면서 바로 시청할 수 있도록 한다.
2) 비디오 데이터 세그먼트 S_1을 채널 C_1^{Da}에서 다운로드 하면서 채널 C_2^{Da}과 채널 C_{N-1}^{Da} 사이에 있는 데이터 세그먼트들을($S_{2,1},\ldots,S_{N-1,1}$) 다운로드 받기 시작한다. 이때, 마지막 비디오 데이터 세그먼트 S_N의 비디오 전송 시작지점과 S_1의 비디오 데이터 시작 지점이 동일한

www.dbpia.co.kr

경우에 S_N을 S_1의 시작과 동시에 저장을 해야 시청자가 비디오를 단절 없이 시청할 수 있고, S_1과 S_N의 시작 지점이 다를 경우에는 S_1의 시작 지점에서부터 가장 빠르게 나타나는 S_N을 저장하면 된다.

3) 만약 비디오 데이터 세그먼트 S_1을 t_0에서 다운로드 하기 시작하고, 채널 C_1^{Da}내의 S_1의 길이가 d이라고 하면, 채널 C_i^{Da}에서 재생을 위해 저장이 필요한 구간은 t_0 부터 $t_0+(i-1)d$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_1부터 $S_2,...,S_N$의 순서로 끊어지지 않고 시청이 가능하도록 한다.

4) 채널 C_i^{Da} $(i=1,...,N-1)$ 에서는 S_i의 i개의 하위 세그먼트들을 받게 되면 해당 채널에서는 다운로드를 멈춘다. 채널 C_j^{Db} $(j=0,1,...,n-1)$ 에서는 마지막 비디오 데이터 세그먼트 S_N을 해당 채널 한곳에서 수신하게 되면 다운로드를 멈춘다.

그림 2는 하모닉 스태거드 전송 방식이 서버에서 h=3, N=5, $m=\sum_{r=1}^{4}\frac{1}{r}$ 채널 그리고 n=3 채널의 경우 데이터 전송의 예를 보이고 있다. 비디오의 전체 길이 D를 비디오 분할계수 h(=3)에 의해서 D_a와 D_b가 $D_b=3(D_a+d)$의 상관관계를 가지며 분할된다. N=5 이므로 D_a 부분은 4개의 동일한 크기로 $(d=D_a/4)$ 분할이 되고, D_b는 하나의 크기로 분할이 된다. D_a부분에서 동일한 크기로 분할된 4개의 데이터 세그먼트들은 C_1^{Da}, C_2^{Da}, C_3^{Da} 그리고 C_4^{Da}에서 전송이 되는데, 이때 채널 C_i^{Da}에는 세그먼트 S_i 데이터가 동일한 크기를 갖는 i개의 하위 세그먼트들로 분할되어 전송이 되고 채널 C_i^{Da}의 대역폭은 b/i 이다. n=3 이므로 D_b 부분은 하나의 세그먼트로 3개 채널에서 스태거드 전송 방식을 사용해서 전송을 한다. 위의 전송방식 에서 스태거드 전송 주기 D_s는 $5d$, D_a는 $4d$, D_b는 $15d$ 이다. 시청자 버퍼 요구량이 최소가 될 때는 시청자가 비디오 데이터 세그먼트를 t_1에서부터 수신할 경우인데, V_b(D_b 부분)에 대한 버퍼가 필요 없게 되는 부분이다. 시청자 버퍼 요구량이 최대가 될 때는 비디오 데이터 세그먼트를 t_0에서부터 수신할 경우인데, 이 경우에는 V_a을 다운로드 하는 동시에 V_b도 함께 다운로드 해야 한다. 시청자가 필요한 최대 버퍼 요구량에 대해서는 아래에서 더욱 자세하게 설명하도록 하겠다.

Ⅲ. 성능모델링

VoD 서비스 측면에서 시청자의 대기시간은 매우 중요한 요소이다. 만약 서비스 대기 시간이 길어진 경우에는 시청자들이 VoD 서비스를 외면할 수 있기 때문에 주어진 대역폭 내에서 시청자의 대기시간을 줄이는 것은 VoD 시스템 구성에서 가장 중점을 두어야 한다. 또한 VoD 서비스를 위해 필요한 버퍼나 저장 공간 또한 관심 있게 보아야 한다. 그 이유는 VoD 서비스를 하기 위해서 필요한 셋탑박스의 가격이 추가적인 저장 공간의 필요로 상승되고 VoD를 구성하기 위한 복잡성도 함께 증가하기 때문이다. 그리고 VoD 서비스를 위한 송수신 방법의 복잡성을 감소도 필요하다. 이는 송수신 방법이 복잡해지면 VoD 서버와 셋탑 박스의 복잡성이 증가하여 시스템 구현을 위한 가격이 증가할 뿐만 아니라 실제 구현이 어려운 경우도 발생하기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 시청자의 최대 대기시간, 시청자의 최대 버퍼 요구량 그리고 복잡도를 VoD 시스템의 성능을 평가하는 기준으로 하겠다.

3.1 시청자 대기시간

시청자 대기시간은 채널 C_0^{Da}에서 비디오 데이터 S_1의 길이이다. 그 이유는 만약 비디오의 첫 번째 데이터 세그먼트 S_1을 채널 C_1^{Da}에서 시청자가 놓치게 되면 비디오의 시작을 위해서 시청자는 S_1의 길이만큼 기다려야 비디오를 시청할 수 있으므로 최대 시청자 대기시간은 S_1의 길이이다. S_1의 길이(d)는 식 (2)에와 같이 $D_a/(N-1)$로 나타낼 수 있다. 여기서 비디오 전체 길이 D는 $D=D_a+D_b$이고, $D_b=h(D_a+d)$ 이므로 이들의 관계를 이용하면 식 (4)와 같이 다른 형태로 표현이 가능하다.

$$d=\frac{D}{hN+N-1} \tag{4}$$

예를 들어 만약 비디오의 길이(D)가 123분, 비디오 분할계수(h)가 3, 스태거드 전송 방식에 할당된 채널(n)은 3, N-1에 대한 하모닉 스태거드 전송 수

www.dbpia.co.kr

(m)은 4로 비디오 전송을 위한 조건이 주어질 경우, N은 31, D_a는 30분, D_b은 93분이 된다. 이러한 환경에서 하모닉 스태거드 전송 방식을 사용할 경우에는 최대 시청자 대기시간이 1분 정도이고, 비디오를 전송하기 위해서 필요한 채널은 7b이다. 하지만 동일한 조건에서 스태거드 전송 방식의 데이터 전송 방식 최대 시청자 대기시간은 17.6분 정도로 나타난다. 이와 같은 간단한 비교에서도 나타나듯이 하모닉 스태거드 전송 방식은 기존의 방식과 비교해서 간단한 구조로 대역폭 사용에 대한 효율성을 높이는 방법이다.

3.2 시청자 버퍼 요구량

하모닉 스태거드 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. 만약 하모닉 스태거드 전송 방식에서 세그먼트 S_1을 채널 C_1^{Da}로부터 t_0부터 수신하기 시작했다면 $t_0+(i-1)d$ 와 t_0+id 사이에서는 채널 $C_{i+1}^{Da},...,C_{N-1}^{Da}$에 있는 데이터 하위 세그먼트들을 저장해야 한다. 이때, 마지막 비디오 데이터 세그먼트 S_N의 비디오 전송 시작지점과 S_1의 비디오 데이터 시작 지점이 동일한 경우에 S_N을 S_1의 시작과 동시에 저장을 해야 시청자가 비디오를 단절 없이 시청할 수 있고, S_1과 S_N의 시작 지점이 다를 경우에는 S_1의 시작 지점에서부터 가장 빠르게 나타나는 S_N을 저장하면 된다.

하모닉 스태거드 전송 방식에서 시청자 최대 버퍼 요구량이 발생하는 경우는 그림 2의 t_0에서 비디오가 수신 시작되었을 경우이다. 이때 시청자 최대 버퍼 요구량이 발생하는 시점은 하모닉 전송 방식이 적용되는 V_a에서 발생하는 시청자 최대 버퍼 요구량 시점과 차이가 난다. 그 이유는 하모닉 전송 방식이 적용되는 V_a에서 시청자 최대 버퍼 요구량 시점 이후에는 버퍼는 감소하게 되지만 이 구간에서 하모닉 전송 방식의 감소율보다 S_N에 적용되는 스태거드 전송 방식의 버퍼 증가율이 더 크기 때문에 버퍼는 계속적으로 증가 하게 된다. 결국 하모닉 스태거드 전송 방식에서 최대 시청자 버퍼 요구량은 버퍼의 증가율과 감소율이 같아지는 $t_0+(N-1)d$ 지점이 된다. (여기서 t_0는 수신 시작지점) 여기서는 하모닉 전송 방식이 적용되는 마지막 채널 C_{N-1}^{Da}까지 수신하는 데이터의 크기는 $(N-1)db$이지만 그 시간동안 재생되는 비디오 데이터의 크기 또한 $(N-1)db$ 이다. 또한 스태거드 전송 방식이 적용되는 S_N의 데이터는 $(N-1)db$ 만큼의 시간동안 S_N 데이터를 수신 시작지점에서 동시에 수신하여 저장을 한다. 따라서 시청자 최대 버퍼 요구량 Z는 식 (5)과 같이 표현된다.

$$Z=(N-1)db=D_ab=V_a \tag{5}$$

최대 사용자 버퍼 요구량은 하모닉 전송 방식이 적용되는 마지막 채널 C_{N-1}^{Da}의 $t_0+(N-1)d$ 에서 발생하고 그 이후 스태거드 전송 방식이 적용되는 채널로 전환되고서는 버퍼 요구량은 유지되다가 비디오 데이터 S_N의 수신이 끝나면 줄어든다.

3.3 시스템 복잡도

VoD 시스템 구성의 복잡도는 구현을 위해서는 중요한 요소이다. 아무리 성능이 우수한 VoD 구현 방식이라 할지도 복잡도가 너무 크게 되면 구현이 어렵게 되어 실용성이 떨어지게 되고 VoD 서버와 셋탑박스의 가격 상승의 요인이 되기 때문이다. VoD 시스템 구성에서 VoD 서비스를 위한 비디오 데이터의 세그먼트 수, 관리 채널 수, 동시사용 채널 수, 호핑(Hopping) 채널 수가 복잡도를 높이는 중요한 요인들이 된다. 표 1은 이러한 요소들을 하모닉 스태거드 전송 방식과 기존 성능이 우수한 VoD 방식들을 비교해서 나타내었다. 여기서 β는 서비스 채널 대역폭이고, N은 하모닉 스태거드 전송 방식에서 D_a전송을 위해 사용채널 수를 나타내며($m=\sum_{r=1}^{N}\frac{1}{r}$), N_H는 하모닉 전송 방식에서 사용채널수 이다. ($\beta=\sum_{r=1}^{N_H}\frac{1}{r}$)

표 1. 하모닉 스태거드 전송 방식과 기존 VoD 방식의 복잡도 비교. (β는 채널 대역폭, N은 하모닉 스태거드 전송 방식에서 D_a전송을 위해 사용채널 수, N_H는 하모닉 전송 방식에서 사용채널 수)

전송방법	세그먼트	관리채널	동시사용채널	호핑채널
하모닉 스태거드	$\frac{N(N+1)}{2+1}$	$N+1$	$N+1$	$N+1$
패스트	$2^{\beta}-1$	β	$1\sim\beta$	β
계단형	$\sum_{i=1}^{\beta}(2^{i-1})^2$	$2^{\beta}-1$	$2^{\beta-1}$	$2^{\beta}-1$
하모닉	$\frac{N_H(N_H+1)}{2}$	N_H	N_H	N_H

www.dbpia.co.kr

하모닉 스태거드 방식에는 분할된 짧은 앞부분에 만 데이터 분할이 되어 전송이 되기 때문에 기존의 제안된 방식들보다 복잡도는 매우 감소한다는 것은 표 1에서 쉽게 확인할 수 있다.

Ⅳ. 모의실험

시청자 최대 대기시간, 시청자 최대 버퍼 요구량 그리고 시스템 복잡도를 피라미드 전송 방식, 패스트 전송 방식, 계단형 전송 방식, 하모닉 전송 방식을 하모닉 스태거드 전송 방식과 비교하였다. 하모닉 스태거드 전송 방식의 모의실험을 위해 본 논문에서는 비디오의 길이 D를 모두 100분으로 하였고, 시청자 최대 대기시간과 시청자 최대 버퍼 요구량 비교에서는 비디오 분할 계수 h는 3과 5로 하여 다른 방식들과 비교하였다. 또한 비디오 분할 계수 h에 따른 시청자 최대 대기시간 d과 시청자 최대 버퍼 요구량 Z 변화에 대한 것도 측정하였다.

4.1 시청자 대기시간

그림 3은 시청자 최대 대기시간 d와 서버의 채널 대역폭 β와의 관계를 나타내고 있다. 여기서 비디오의 길이 D는 100분이고, 하모닉 스태거드 전송 방식의 비디오 분할 계수 h는 3과 5로 실험을 하였다.

하모닉 스태거드 전송 방식의 결과는 비디오 분할 계수 h보다 1이 더 증가된 부분부터 나타난다. 그 이유는 비디오 분할 계수 h가 스태거드 전송 방식의 채널수를 정하기 때문에 하모닉 전송 방식이 적용되는 D_a구간에 채널이 최소한 하나 이상은 존재해야 하모닉 스태거드 전송 방식이 적용될 수 있기 때문이다.

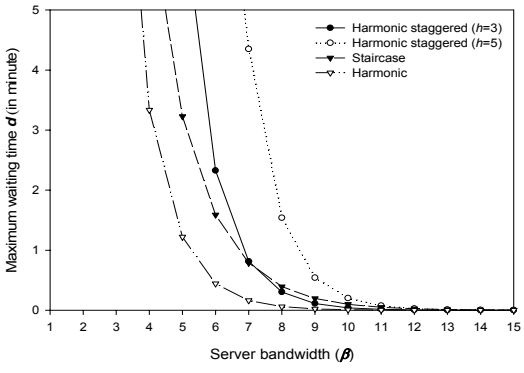


그림 3. 하모닉 스태거드 전송 방식과 기존 NVoD 방식의 시청자 최대 대기시간 비교. (비디오 길이 D는 100분, 하모닉 스태거드 전송 : $h(=n)$=3과 5)

실험결과에서 알 수 있듯이 하모닉 전송 방식의 시청자 최대 대기 시간이 전 구간에서 가장 짧게 나타나고 있다. 하지만 채널 대역폭 β가 증가 할수록 하모닉 스태거드 전송 방식과 거의 동일한 결과를 얻을 수 있다는 것을 확인할 수 있다. 비디오 분할 계수 h가 3일 때, 하모닉 스태거드 전송 방식의 시청자 최대 대기 시간은 피라미드 전송 방식과 스태거드 전송 방식 보다는 짧고 패스트 전송 방식과 계단형 전송 방식과는 채널 대역폭 β가 6.5 정도 까지만 비슷하게 나타나고 그 이후에는 하모닉 스태거드 전송 방식의 시청자 최대 대기 시간이 짧게 나타났다. 또한 하모닉 스태거드 전송 방식에서 비디오 분할 계수 h가 감소할수록 시청자 최대 대기시간 d도 같이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 하지만 채널 대역폭이 증가 할수록 시청자 최대 대기시간 차이는 거의 없어진다.

4.2 시청자 버퍼 요구량

그림 4는 사용자 최대 버퍼 요구량 Z와 필요 채널 대역폭 β와의 관계를 나타내고 있다. 여기서 하모닉 스태거드 전송 방식의 비디오 분할 계수 h는 3과 5로 실험을 하였다. 하모닉 스태거드 전송 방식의 최대 버퍼 요구량도 시청자 최대 대기시간의 경우와 같은 이유로 비디오 분할 계수 h보다 1이 더 증가된 부분부터 나타난다.

실험 결과 최대 버퍼요구량이 패스트 전송 방식은 50%, 하모닉 전송 방식은 37%, 계단형 전송 방식은 25%의 비디오 데이터에 수렴하는 것으로 나타났다. 그래프에는 실험 결과 값이 너무 크게 나와 표현되어 있지 않지만 피라미드 전송 방식은 비디오 데이터의 75% 정도가 버퍼 요구량이었다. 하모닉 스태거드 전송 방식의 최대 버퍼 요구량은 비디

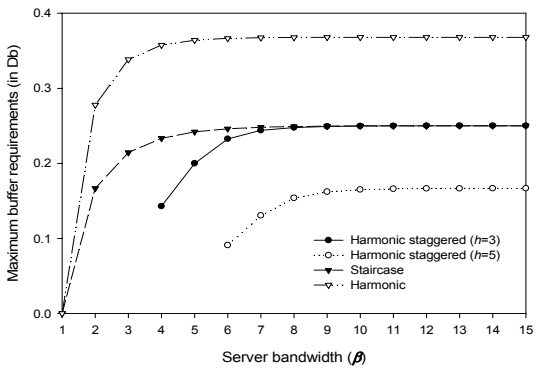


그림 4. 하모닉 스태거드 전송 방식과 기존 NVoD 방식의 시청자 최대 버퍼 요구량 비교. (h= 3과 5)

www.dbpia.co.kr

오 분할 계수 h가 3일 때 계단형 전송 방식과 거의 동일한 결과로 나타났다. 그리고 하모닉 스태거드 전송 방식에서 비디오 분할 계수 h가 증가할수록 시청자 최대 버퍼 요구량 Z는 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과에서 시청자 최대 버퍼 요구량은 비디오 분할 계수 h에 의해서 조절 가능하다는 것을 확인할 수 있다.

4.3 비디오 분할 계수 h 효과

위의 두가지 모의실험 결과에서도 알 수 있듯이 비디오 분할 계수 h에 따라서 하모닉 스태거드 전송 방식의 성능이 달라지는 것을 알 수 있다. 따라서 이 실험에서는 비디오 분할 계수에 따른 시청자 최대 대기시간과 최대 버퍼 요구량과의 관계를 알아본다. 여기서 비디오의 길이 D는 100분이고 논리 채널 수 k는 10, 12, 14로 설정하였다. 하모닉 스태거드 전송 방식의 주어진 채널 대역폭 β 에서 비디오 분할 계수 h의 변화에 따른 시청자 최대 대기시간과 시청자 최대 버퍼 요구량의 변화를 실험하였다.

그림 5은 채널 대역폭 β가 정해져있고, 비디오 길이 D는 100분 일 때, 비디오 분할 계수 h와 시청자 최대 대기 시간과의 관계를 나타낸다. 정해진 논리 채널 수 안에서는 비디오 분할 계수 h가 증가할수록 시청자 최대 대기시간 d도 함께 증가하는 것을 볼 수 있다. 채널 대역폭 β가 적게 할당되고, 비디오 분할 계수 h가 크게 설정될수록 최대 시청자 대기시간은 빨리 증가하는 것을 알 수 있다. 즉 하모닉 스태거드 전송 방식이 동일한 환경에서는 하모닉 전송 방식에 할당되는 채널의 수가 많을수록 시청자 최대 대기 시간이 짧아지는 것을 알 수 있다.

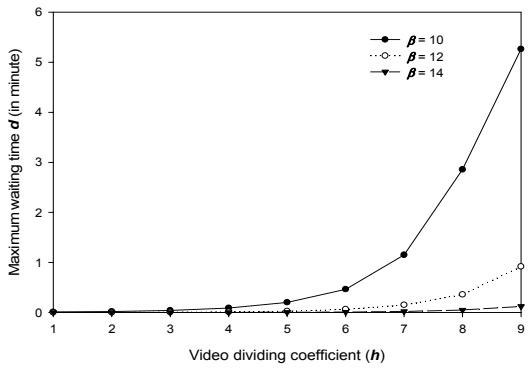


그림 5. 하모닉 스태거드 전송 방식에서 시청자 최대 대기시간(d)과 비디오 분할계수(h)의 관계. (비디오 길이 D는 100분)

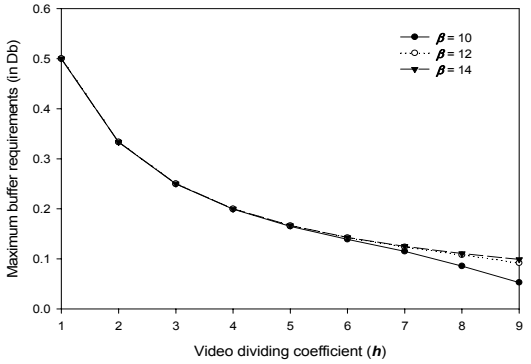


그림 6. 하모닉 스태거드 전송 방식에서 최대 시청자 버퍼 요구량(Z)과 비디오 분할계수(h)의 관계

그림 6은 주어진 채널 대역폭 β에서 비디오 분할 계수 h와 시청자 최대 버퍼 요구량과의 관계를 나타낸다. 비디오 분할 계수 h가 증가 할수록 최대 버퍼 요구량은 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 그리고 채널 대역폭 β가 적게 할당되고, 비디오 분할 계수 h가 크게 설정될수록 최대 시청자 버퍼 요구량은 많이 줄어 들 수 있다는 것을 알 수 있다. 여기서 비디오 분할 계수 h의 값이 작을 때에는 최대 시청자 버퍼 요구량은 별다른 차이를 보이지 않는다. 이런 결과는 하모닉 스태거드 전송 방식이 동일한 환경에서는 스태거드 전송 방식에 할당되는 채널의 수가 많을수록 시청자 최대 버퍼 요구량은 작아진다는 것을 알 수 있다.

모의실험을 통해서 하모닉 스태거드 전송 방식의 성능에 대해서 알아보았다. 실험 결과에서 알 수 있듯이, 본 논문에서 제안하는 하모닉 스태거드 전송 방식은 주어진 채널에서 하모닉 전송 방식이 적용되는 비디오 선행 데이터 부분에 많은 채널이 할당되면 시청자 최대 대기시간이 감소하지만 시청자 최대 버퍼 요구량이 늘어나고, 스태거드 전송 방식이 적용되는 후행 비디오 데이터 부분에 많은 채널이 할당될수록 시청자 최대 버퍼 요구량은 줄어들지만 시청자 최대 대기시간이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 특성을 이용하여 채널 분배는 주어진 채널 대역폭의 반씩 나누어서 적용하는 것이 시청자 대기시간과 버퍼 요구량 두가지 측면 모두에서 효율적이다. 하지만 이러한 특성을 이용하여 VoD 시스템이 적용되는 환경에 맞게 조절하여 VoD 시스템을 구성할 수 있다.

VoD 방식에서 복잡성은 실험을 통해 확인한 시청자 대기시간과 버퍼 요구량과 더불어 중요한 요

www.dbpia.co.kr

소이다. 본 논문에서 제안된 NVoD 방식은 기존의 NVoD 방식들과 달리 비디오 데이터의 분할이 짧은 비디오 데이터의 앞부분에만 적용이 되어 비디오 데이터 분할의 수를 획기적으로 줄이고, 긴 비디오 데이터의 뒷부분은 하나의 데이터로 처리 하여 채널 호핑 수도 크게 줄였다. 뿐만 아니라 하모닉 전송 방식이 적용되는 짧은 비디오 데이터 앞부분에서만 동시 사용 채널이 발생할 수 있으므로 시스템의 복잡성도 크게 개선했다.

4.4 시스템 복잡도

표 2는 서버의 채널 대역폭 β는 5이고 하모닉 스태거드 방식의 분할된 짧은 앞부분에 할당된 채널의 수 m은 2이며 긴 뒷부분에 할당된 채널 n과 비디오 분할계수 h는 3일 경우 각 VoD 방식별로 시스템 복잡도를 비교한 결과이다.

표 2의 결과에서 알 수 있듯이 논문에서 제안된 하모닉 스태거드 방식은 복잡도 비교에서도 기존 제안되었던 방식들보다 간단한 구조로 VoD 서비스가 가능하다는 것을 확인할 수 있다. 또한 기존 제안되었던 방식들과 비교해서 간단한 구조로 VoD 서비스가 가능한 하모닉 스태거드 전송 방식은 실용성이 뛰어나고 VoD 서버나 셋탑박스에 비용 상승 요인을 줄이는 특성이 나타는 것을 확인할 수 있다.

표 2. 하모닉 스태거드 전송 방식과 기존 VoD 방식의 복잡도 비교. (β=5, m=2, n=h=3)

전송방법	세그먼트	관리채널	동시사용 채널	호핑채널
하모닉 스태거드	7	4	4	4
패스트	31	5	1~5	5
계단형	341	31	16	31
하모닉	3403	82	82	82

V. 결 론

본 논문은 NVoD 방식들 중에서 채널 대역폭 효율이 좋은 하모닉 전송 방식과 간단한 구조로 적용이 쉬운 스태거드 전송 방식의 장점을 상호결합 하여 하모닉 스태거드 전송 방식을 제안 하였다. 하모닉 스태거드 전송 방식은 비디오 데이터를 짧은 선행 부분과 긴 후행 부분으로 나누고 짧은 선행 부분에는 하모닉 전송 방식을 적용하고, 긴 후행 부분에는 스태거드 전송 방식을 적용한 다음 상호 동기를 맞추어서 NVoD 서비스를 하는 방식이다. 이러한 구조는 비디오의 짧은 앞부분만 데이터 분할을 통한 비디오 서비스를 하기 때문에 채널 대역폭 효율을 높일 수 있고, 또한 NVoD 시스템 구조를 간단하게 할 수 있어 성능 향상이 가능하였다. 그리고 하모닉 스태거드 전송 방식의 성능을 피라미드 전송 방식, 패스트 전송 방식, 계단형 전송 방식, 하모닉 전송 방식들과 비교하여 하모닉 스태거드 전송 방식의 성능이 우수함을 보였다. 또한 비디오 데이터 분할 정도가 하모닉 스태거드 전송 방식의 성능에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 것도 모의실험을 통하여 제시하였다.

제안된 방식은 우수한 성능과 더불어 기존에 제안되었던 다양한 NVoD 방식들의 단점으로 알려진 구성의 복잡성을 해결하였다. 특히 많은 수로 분할되었던 비디오 데이터 세그먼트를 크게 줄이고, 많은 수의 데이터 세그먼트를 전송하기 위한 복잡한 채널 관리의 문제점도 크게 줄였으며, 한꺼번에 사용하는 채널의 수도 크게 줄여 기존 제안되었던 NVoD 방식보다 실용적이면서 효율적인 방식이다. 그리고 시청자 수에 대해서 성능의 영향이 없기 때문에 대규모의 서비스에도 적용 가능하다. 또한 비디오 분할에 따라서 시청자의 대기시간과 필요한 버퍼량을 조절 할 수 있기 때문에 NVoD 방식이 적용되는 환경에 따라서 이들을 조절해서 적용이 가능하다. 따라서 제안된 방식은 많은 시청자를 지원하는 NVoD 시스템에 적용이 가능하면서 우수한 성능과 동시에 간단한 구조를 유지하기 때문에 실용적으로 적용이 가능한 방법으로 기대된다. 향후 이러한 연구를 바탕으로 NVoD 방식의 복잡성을 더욱 감소시키면서 우수한 성능을 유지할 수 있는 다양한 NVoD 방식에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

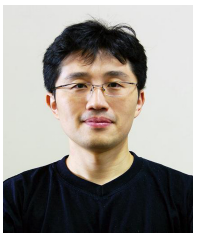
〔1〕 Yu-Chee Tseng, Ming-Hour Yang, Chi- He Chang, “A recursive frequency-splitting scheme for broadcasting hot videos in VoD service”, IEEE Transactions on Communications, Vol.50, pp.1348 -1355, Aug. 2002.

〔2〕 S. Viswanathan and T. Imielinski., “Pyramid Broadcasting for video on demand service”, In IEEE Multimedia Computing and Networking Conference, Vol.2417, San Jose, California, pp 66-77, 1995.

www.dbpia.co.kr

〔3〕 Li-Shen Juhn, Li-Ming Tseng, "Fast data broadcasting and receiving scheme for popular video service", IEEE Transactions on Broadcasting, Vol.44, pp.100 -105, Mar. 1998.
〔4〕 L .S. Juhn and L. M. Tseng, "Harmonic broadcasting for video-on-demand service", IEEE Trans. Broadcast., vol.43, no.3, pp.268 - 271, Sep. 1997.
〔5〕 L .S. Juhn and L. M. Tseng, "Enhanced harmonic data broadcasting and receiving scheme for popular video service", IEEE Trans. Consumer Electron., vol.44, pp.343 - 346, Mar. 1998.
〔6〕 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.
〔7〕 S. Viswanathan and T. Imielinski, "Metropolitan area video-on demand service using pyramid broadcasting", IEEE Multimedia Syst., vol. 4, pp. 197 - 208, 1996.
〔8〕 C. C. Aggarwal, J. L.Wolf, and P. S. Yu, "A permutation-based pyramid broadcasting scheme for video-on-demand system", Proc. IEEE Int. Conf. Multimedia Computing and Systems, Jun. 1996.
〔9〕 Kien. A. Hua and Simon. Sheu. "Skyscraper Broadcasting: a new broadcasting scheme for metropolitan video-on-demand systems", In SIGCOMM 97, Cannes, France, Sept., pp. 89-100, 1997.
〔10〕 H. K. Sul, H. Kim, and K. Chon, "A hybrid pagoda broadcasting protocol with partial preloading", in Proc. Int. Conf. Multimedia and Expo 2003 (ICME'03), 2003.
〔11〕 Wei-De Chien, Yuan-Shiang Yeh, and Jia-Shung Wang, "Practical Channel Transition for Near-VOD Services", IEEE Transactions on Broadcasting, Vol.51, No.3, pp.360-365, September, 2005.
〔12〕 J. F. Paris, S. W. Carter, and D. D. E. Long, A hybrid broadcasting protocol for video on demand", in Proc. 1999 Multimedia Computing and Networking Conf., Jan. 1999.
〔13〕 J. F. Paris, "A simple low-bandwidth broadcasting protocol for video-on-demand", in Proc. 8th Int. Conf. Computer Communications and Networks, Oct. 1999.
〔14〕 K. C. Almeroth and M. H. Ammar, "The use of multicast delivery to provide a scalable and interactive video-on-demand service", IEEE Journal on Selected Area in Communications, 14(5), 1110-22 Aug 1996.
〔15〕 Z.-Y. Yang, L.-S. Juhn, and L.-M. Tseng, "On optimal broadcasting scheme for popular video service", IEEE Trans. Broadcasting, vol.45, pp. 318-322, Sept. 1999.
〔16〕 A. Dan, D. Sitaram, and P. Shahabuddin. "Scheduling Policies for an On-demand Video Server with Batching,"In Proc. of ACM Multimedia, pp. 15-23, Oct. 1994.

김 홍 익 (Hong-ik Kim) 준회원



1996년 2월 한국항공대학교 전자공학과 공학사
2003년 2월 한양대학교 전자통신전파공학과 공학석사
2007년 2월 한양대학교 전자통신전파공학과 공학박사
1996년 3월~2000년 8월 삼성항공 전산팀
2002년 6월~2002년 12월 한국전자통신연구원 무선인터넷 보안팀
<관심분야> Digital Signal Processing, CATV Multimedia Systems, Intelligence Broadcasting, Broadband Communication Systems

박 승 권 (Sung-kwon Park) 정회원

1982년 2월 한양대학교 전자통신전파공학과 공학사
1983년 8월 Stevens Institute of Technology, 전자공학과 공학석사
1987년 12월 Rensselaer Polytechnic Institute, 전자공학과 공학박사
1984년 1월~1987년 8월 Rensselaer Polytechnic Institute, Electrical, Computer and Systems Engineering Dept., Research Assistant
1987년 9월~1992년 8월 Tennessee Technological University, Electrical Engineering Dept., 조교수
1992년 9월~1993년 1월 Tennessee Technological University, Electrical Engineering Dept., 부교수
1993년 3월~현재 한양대학교 공과대학 전자전기컴퓨터공학부, 교수
<관심분야> 지능형 데이터 방송, CATV Multimedia Systems, Digital Signal Processing

www.dbpia.co.kr