

# VBR 비디오 전송을 위한 수정 Skyscraper Broadcasting 기법

강태우, 진성근, 이재동  
경남대학교 컴퓨터공학과

## A Modified Skyscraper Broadcasting Scheme for VBR Video transmission

Tae-Woo Kang, Sung Geun Jin, Jae-Dong Lee  
Dept. of Computer Engineering, Kyungnam University

E-mail : dcss9210@hawk.com.kyungnam.ac.kr, jdlee@eros.kyungnam.ac.kr

### 요 약

near VOD 시스템의 주기적 브로드캐스팅 방식(periodic broadcasting scheme)으로 여러 가지 방법이 제시되었다. 그러나, 대부분 CBR 비디오를 전송하기 위한 방법이다. 요즘의 비디오들은 주로 VBR방식으로 압축되어 있어 VBR 비디오의 브로드캐스팅 기법이 필요하다. 하지만, 이에 대한 연구가 미미한 상태이다. 본 논문에서는 CBR 비디오의 브로드캐스팅 방식의 하나인 SB(Skyscraper Broadcasting)을 수정하여 VBR 비디오를 브로드캐스팅 하는 방법을 제시하였다. 본 논문에서 제시한 방식의 성능 평가 결과, 짧은 초기지연시간과 적은 버퍼가 필요함을 보였다.

### 1. 서론

True VOD 시스템은 사용자에게 많은 비디오 파일들이 저장되어 있는 비디오 서버에서 비디오를 선택하여 요구 즉시 볼 수 있게 하는 시스템이다. 요구 되어진 비디오들은 클라이언트 측의 사용자에게 네트워크(ADSL, Lan, Cable)를 통해서 전송되어지고, 각 사용자에게 각기 다른 스트림으로 제공되어 진다. 이를 위해서는 서버와 네트워크 대역폭이 방대해야 된다.

브로드캐스팅(broadcasting)을 사용하여 많은 클라이언트에게 하나의 서버 스트림을 공유하도록 허용하고, 네트워크의 대역폭과 서버의 수용력을 효율적으로 이용하는 near VOD 시스템이 더욱 효율적이다. Near VOD에서 널리 사용되는 주기적 브로드캐스팅 방식(periodic broadcasting scheme)은 서버가 고정된 시간 간격으로 각 비디오 객체를 브로드캐스팅하고, 사용자는 비디오를 보기 위해 일정양의 비디오 데이터가 도착할 때까지 기다려야 한다. 이 시간을 초기지연 시간이라 한다.

가장 간단한 주기적 브로드캐스팅 방식은 각 비디오의 여러 복사본을 정해진 시간 간격(예를 들어, 10분)마다 브로드캐스팅하는 것이다. 이 방법은 초기지연시간이 길어지는 단점이 있다. 이를 해결하는 방법으로 non-uniform segmentation 방식(non-uniform segmentation scheme)이 제안되었다[2, 3, 4]. 대표적인 방식으로 PB(Pyramid-based broadcasting), PPB(Permutation-Based Pyramid Broadcasting)[2], SB(Skyscraper Broadcasting)[3], Dynamic Skyscraper Broadcasting 등이 있다.

SB기법은 CBR 비디오를 전송하기 위한 것으로 VBR비디오에 적용할 수 없다. VBR 비디오를 브로드캐스팅하는 방법이 제시되었으나, 화질의 손실이 발생하는 문제점이 있다[1]. 본 논문에서는 VBR 비디오를 브로드캐스팅하는데 있어, 화질의 손실이 없으면서 기존의 브로드캐스팅 방식에 그대로 적용할 수 있는 방법을 제시한다. VBR 비디오는 약간의 prefetch를 허용하면 CBR 방식으로 전송할 수 있다[5]. VBR 비디오 전송에서 prefetch를 사용하여 CBR방식으로 전송할 때, SB방식을 적용하므로써 VBR비디오를 브로드캐스팅 할 수 있다.

본 논문에서 제시한 방법을 CBR비디오의 SB방식과 비교한 결과, 초기지연시간이 짧고, 적은 버퍼를 필요함을 보였다. 본 논문의 2장에서는 관련연구로 SB(Skyscraper Braodcasting) 방식과 VBR 기법으로 저장된 비디오를 CBR 방식으로 전송하는 방식에 대하여 살펴보고, 3장에서는 기존의 Skyscraper Broadcasting 방식을 수정하여 VBR 방식으로 저장된 비디오를 전송하는 방법을 제시하며, 4장에서 성능평가를 보이고, 5장에서 결론을 제시한다.

## 2. 관련 연구

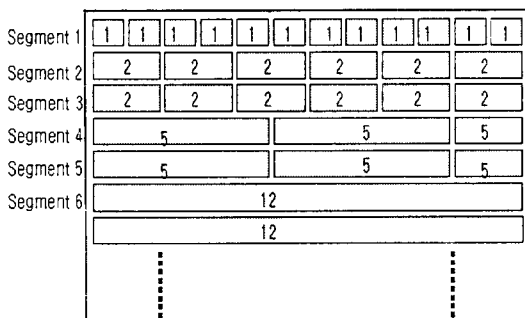
### 2.1 Skyscraper Broadcasting Scheme

SB 방식은 서버의 대역폭  $B$  bit/sec에  $M$ 개의 CBR비디오를 고르게 채널에 할당한다. 각 비디오를 위해 할당되는 대역폭은  $\frac{B}{M}$  bit/sec이 된다. 각 비디오의 상영률(playback rate, 1초에 상영을 위해 필요한 데이터의 양)을  $b$  bit라 가정하자. 이때, 각 비디오를 브로드캐스팅하기 위하여  $K$ 개의 fragment로 나누어 각 fragment에  $b$  bit/sec의 대역폭을 할당하고, 각 fragment의 크기는 아래의 함수로 구하며,  $K$ 는  $\frac{B}{M*b}$  가 된다.

$$f(n) = \begin{cases} 1 & n=1 \\ 2 & n=2,3 \\ 2f(n-1)+1 & n \bmod 4 = 0, \\ f(n-1) & n \bmod 4 = 1, \\ 2f(n-1)+2 & n \bmod 4 = 2, \\ f(n-1) & n \bmod 4 = 3 \end{cases}$$

위의 함수를 이용하여 다음과 같은 broadcast series를 구할 수 있다.

[1, 2, 2, 5, 5, 12, 12, 25, 25, 52, 52, ...].



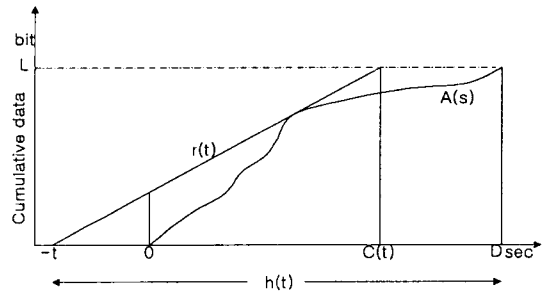
<그림 1> SB 방법

위의 <그림1> 에서처럼 broadcast series에 따라 각 비디오 데이터를 세그먼트화 하여 브로드캐스팅

하는데, 최대 세그먼트의 크기를  $W$ 로 제한한다([3]에 따르면  $W$ 의 최적값이 52임.). 각 비디오의 상영시간을  $D$ 초라 하면 초기 지연 시간은 아래와 같이 구할 수 있다.

$$D_1 = \frac{D}{\sum_{i=1}^K \min(f(i), W)} \text{ sec}$$

클라이언트에서는 전송된 각 세그먼트들을 odd loader, even loader를 이용하여 데이터를 버퍼에 채우고, 비디오 상영기를 이용하여 상영한다. 이때, 수신측의 필요한 최대 버퍼 크기는  $b \cdot D_1 \cdot (W-1)$  bit 이다.



<그림 2> VBR 비디오의 CBR 전송

### 2.2 VBR 방식의 비디오를 CBR 방식으로 전송[5]

VBR 비디오의 상영시간이  $D$ 초이고,  $i$  번째 초동안에 상영될 데이터의 양을  $I_i$ 라 두면, 전체 비디오 데이터의 양  $L = \sum_{i=1}^D I_i$  이다. <그림2>에서 보여주는 것처럼 VBR 비디오는 CBR 비디오와 다르게 매 초마다 필요한 데이터의 양이 다르다. 시간  $s$  에서 누적된 데이터의 합  $A(s) = \sum_{i=1}^s I_i, s > 0$  이 되고,  $s=0$  일 때  $A(s)$ 는 0 이다. 서버에서 클라이언트로의 전송이  $-t$  에서 시작된다면, 즉, prefetch 시간을  $t$ 로 했을 때 임의의  $s$  시간에서의 클라이언트 버퍼의 양  $B_s(t)$ 는 아래와 같다.

$$B_s(t) = \begin{cases} r(t)(s+t) & -t \leq s \leq 0 \\ r(t)(s+t) - A(s) & 0 \leq s \leq C(t) \\ L - A(s) & C(t) \leq s \leq D \end{cases}$$

prefetch시간을  $t$ 로 했을 때 최소의 CBR 방식의 전송률  $r(t)$ 는 아래의 식으로 구할 수 있다.

$$r(t) = \max_{0 \leq s \leq D} \frac{A(s)}{t+s}$$

여기서, CBR 방식의 전송률이란 매초마다 같은 양의 전송을 한다고 가정했을 때의 전송률을 나타낸다. 전

송률  $r$  이 주어졌을 때 클라이언트가 필요로 하는 최소의 버퍼량은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$B(t) = \max_{-t \leq s \leq D} B_s(t)$$

위의 식들을 이용하여 주어진 비디오에 대하여 클라이언트가 필요로 하는 버퍼의 양을 최소로 하는 CBR 방식의 전송률  $r$ , prefetch 시간  $t$ , 그리고 클라이언트가 필요로 하는 버퍼양  $B_{max}$  를 구할 수 있다. 이것의 의미는 클라이언트에서 비디오의 상영시작  $t$  초 전에  $r$  bit/sec의 전송률로 전송하면 전체 비디오를 최소의 버퍼( $B_{max}$ )를 사용하여 끊어짐이 없이 상영할 수 있음을 나타낸다.

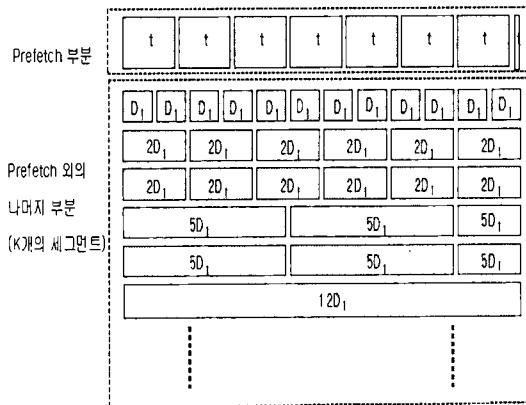
### 3. 수정 Skyscraper Broadcasting 방법

#### 3.1 VBR 비디오의 CBR 변환

VBR 비디오의 전체 상영시간을  $D$ 초,  $i$  번째 초의 필요한 데이터를  $l_i$  bit, 전체 비디오의 양을  $L$  bit라 하자. 2.2 절에서 설명한 방법으로 클라이언트의 버퍼를 최소로 하는 prefetch 시간  $t$ , CBR 전송률  $r$ , 버퍼양  $B_{max}$ 을 구할 수 있다.

#### 3.2 VBR 비디오 전송을 위한 수정 SB 방법

VOD 시스템의 서버의 대역폭이  $B$  bit/sec 이라고 하고,  $M$  개의 비디오를 브로더캐스팅 하려고 한다. 따라서 각 비디오에 할당되는 대역폭은  $\frac{B}{M}$  bit/sec 이다. 3.1 절에서 구한  $t$  와  $r$ 을 이용하여 SB 방법에



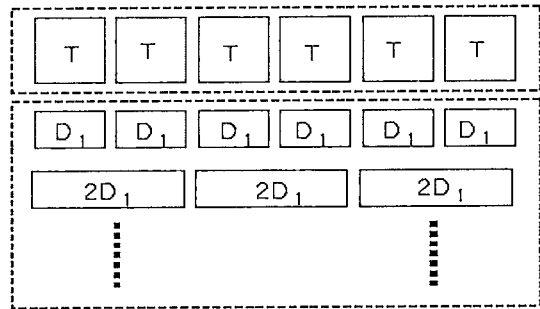
<그림 3> 수정 SB(prefetch 시간 :  $t$ )

적용하기 위해서는 기존의 SB 방법을 수정해야 된다. 먼저, prefetch가 필요하므로 prefetch를 위한 세그먼트

가 필요하다. 나머지는 SB 방식처럼  $K$ 개의 세그먼트로 나누어 전송하면 된다. 따라서, <그림3>처럼  $K+1$  개의 세그먼트로 나눌 수 있다.

각 세그먼트에 할당되는 대역폭은 CBR 전송률  $r$  이다. 따라서  $(k+1)*r = \frac{B}{M}$  을 만족하는  $K$ 를 구할 수 있다. 이 때, 클라이언트에서 prefetch를 위한 부분만 전송되면 상영을 시작할 수 있고, 나머지 데이터는 SB 방식과 똑같은 방법으로 전송하면 전 비디오를 상영할 수 있다. 이 때의 초기지연 시간은  $t_1$ 이 된다. 5장의 성능평가 결과에 따르면 prefetch 시간  $t$ 가  $D_1$ 보다 훨씬 크기 때문에 초기지연 시간이 길어지는 문제가 있다.

VBR 비디오 양은 CBR 보다 약  $\frac{1}{2}$  정도이다[6]. 따라서, VBR 비디오 전송을 위한 대역폭이 CBR 만큼 클 필요가 없다. 이를 이용하여 prefetch를 위한 세그먼트에 더 큰 대역폭을 할당할 수 있다.



<그림 4> 수정 SB(prefetch 시간 :  $T$ )

prefetch를 위해  $P$  bit/sec의 대역폭을 할당하면 <그림4> 처럼 되고, 세그먼트의 개수  $K$ 는 아래의 식으로 구할 수 있다.

$$K = \frac{(\frac{B}{M} - P)}{r}$$

prefetch 되는 시간  $T = \frac{r \cdot t}{P}$ 가 된다.

클라이언트의 상영시작시간은  $T$ 를 반드시 prefetch한 후  $D_1$ 을 전송받을 수 있을 때이다. 따라서 초기 지연시간은  $T + D_1$ 이 된다.

#### 3.3 초기지연시간의 최소화 방안

클라이언트에서 prefetch를 위한 세그먼트와  $D_1$ 을 동시에 전송받을 수 있고,  $T \leq D_1$ 을 만족하는 최대의

T를 사용하면 초기지연시간을  $D_1$ 으로 줄일 수 있다.

### 3.4 클라이언트에서 필요로 하는 버퍼양

필요한 버퍼는 두 가지가 있다. VBR 비디오를 CBR 방식으로 전송함으로써 필요한 버퍼양  $B_{max}$ 와 SB방식을 적용함으로써 필요로 하는 버퍼양  $B_{SB}$ 이다.  $B_{SB}$ 는 아래의 식으로 구할 수 있다.

$$B_{SB} = r \cdot D_1 \cdot (W - 1) \text{ bit}$$

$$\text{필요한 버퍼양} = B_{sb} + B_{max}$$

### 3.5. 클라이언트의 요구사항

CBR 비디오를 위한 SB기법을 사용할 때의 클라이언트는 대역폭이  $b$  bit/sec 인 두 개의 채널을 동시에 액세스할 수 있고, 필요한 버퍼가 있으면 된다. 하지만, 수정된 SB에서는 대역폭이  $P$  bit/sec인 한 채널과  $r$  bit/sec인 한 채널을 동시에 액세스 가능해야 되고, 필요한 버퍼가 있어야 가능하다.

## 4. 성능평가

### 4.1 VBR 비디오

성능 평가를 위하여 MPEG로 압축된 스타워즈 VBR 비디오[7]를 사용하였다. 이 비디오 상영시간은 7255초이고, 전체 비디오의 양은 약 2.7Gbit 이다. CBR과 VBR 비디오 파일의 크기의 비는 1.8 : 1로 하고[6], 모든 성능평가는 [3]의 성능분석에 사용된 데이터를 고려하여, 한 비디오에 할당되는 대역폭을 4, 8, 12, 16Mbit에 대하여 하였다.

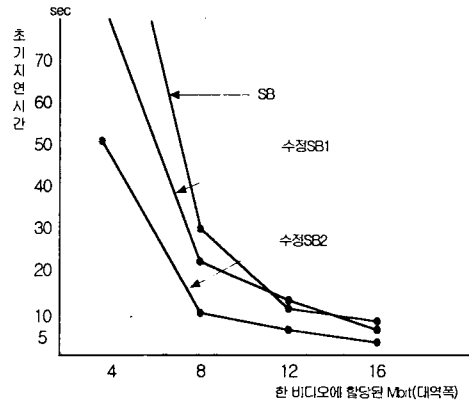
### 4.2. 초기지연시간

<그림 3>에서 수정 SB1은 초기지연 시간이  $T + D_1$ 인 경우이고, 수정 SB2는 3장에서 언급한 것처럼, prefetch 시간과  $D_1$ 시간을 거의 같도록 하여 초기지연시간을  $D_1$ 으로 한 경우이다. <그림 5>에서 보듯이 수정 SB2 방법이 CBR 비디오를 위한 SB 방법보다 짧은 초기지연 시간을 가진다.

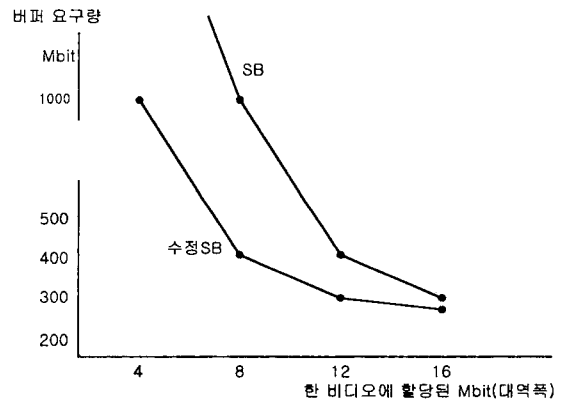
### 4.3. 클라이언트의 버퍼양

<그림6>에서 보듯이 SB방법과 수정SB방법은 할당되는 대역폭이 커짐에 따라 버퍼량이 적어진다. 수정SB가 SB보다 더 적은 버퍼를 필요로 하지만, 할당된 대역폭이 커짐에 따라 감소되는 비율은 작다. 이는 수

정SB에서는 VBR비디오를 CBR로 전송하기 위한 고정된 양의 버퍼가 필요하기 때문이다.



<그림 5> SB와 수정 SB의 초기지연시간 비교



<그림 6> 버퍼 요구량

## 5. 결론

near VOD시스템에서 널리 사용되는 주기적 브로드캐스팅 방식 중, non-uniform segmentation 방식들은 CBR 비디오에 적용하기 위한 것이다. 그러나, 요즘의 비디오들은 MPEG 등의 기술로 압축된 VBR 비디오이다.

본 논문에서는 non-uniform segmentation 방식 중 대표적인 Skyscraper Broadcasting 기법을 수정하여 VBR 비디오를 브로드캐스팅할 수 있는 방법을 제안했다. 성능 평가 결과, 짧은 초기지연시간과 적은 버퍼를 필요로 함을 보였다.

[참고문헌]

- [1] D. Saporilla, K. Ross, M. Reisslein "Periodic Broadcasting with VBR-Encoded Video" In Proc. of IEEE Infocom'99, pp.464-471
- [2] C. C. Aggarwal, J. L. Wolf, 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, Hiroshima, Japan, June 1996.
- [3] K. A. Hua, S. Sheu, "Skyscraper broadcasting: A new broadcasting scheme for metropolitan video-on-demand systems," In Proc. of the ACM SIGCOMM, Cannes, France, September 1997
- [4] S. Viswanathan, Imielinski, "Metropolitan area video-on-demand service using pyramid broadcasting", Multimedia Systems, vol. 4, no. 4, pp.197-208, August 1996
- [5] S. Sen, J. Dey, J. Kurose, J. Stankovic, and D. Towsley "Streaming CBR transmission of VBR stored video" SPIE Symposium on Voice Video and Data Communications, Dallas, TX, Nov. 1997
- [6] W. S. Tan, N. Duong, J. Princern, "A comparison study of variable bit rate versus fixed bit rate video transmission", In Australian Broadband Switching and Services Symposium, 1991, pp. 134-141
- [7] <ftp://ftp.telcordia.com/pub/vbr.video.trace/>