

# 네트워크 트래픽을 반영하는 스무딩 알고리즘의 성능평가

이면재<sup>1</sup>, 박도순<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>백석대학교 정보통신학부

<sup>2</sup>홍익대학교 컴퓨터공학과

## Performance Evaluation of Smoothing Algorithms Reflecting Network Traffic

Myoun-Jae Lee<sup>1</sup> and Do-Soon Park<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Information & Communication, Baekseok University

<sup>2</sup>Department of Computer Engineering, Hongik University

**요약** 적응형 대역폭 할당 방법에서는 가변 비트율의 비디오 데이터에 대해 CBA 알고리즘과 같은 스무딩 알고리즘을 사용하여 전송 계획을 만들고, 이 계획에 따라 데이터를 네트워크 트래픽을 고려하여 전송한다. 그러나, CBA, MCBA, MVBA 등의 알고리즘에서는 전송률이 증가될 때에 오버플로우 경계선 부근에서 전송률이 변화되고, 전송률 증가 구간의 크기가 전송률 감소 구간의 크기보다 일반적으로 크기 때문에, 가용 전송률이 계획된 전송률보다 작은 경우에는 폐기되어야 하는 프레임의 양이 많아지게 된다.

본 논문에서는 폐기되는 프레임 양을 줄이기 위하여 언더플로우 경계선과 오버플로우 경계선의 중간에서 전송률이 변화되지만, 전송률의 증가가 필요한 경우에는 전송률 변화율을 최소로 하는 스무딩 알고리즘과 CBA, MCBA, MVBA 알고리즘을 적응형 대역폭 할당 방법의 전송 계획으로 사용하였을 때, 최소 재생률, 평균 재생률, 재생률 변화량, 그리고 폐기되어야 하는 프레임 양을 비교한다.

**Abstract** In the adaptable bandwidth allocation technique, a transmission plan for variable rate video data is made by smoothing algorithms such as CBA algorithm and the data is sent by the transmission plan considering network traffic. But the CBA algorithm, the MCBA algorithm, MVBA algorithm and the other smoothing algorithms produce a transmission plan where the size of the increasing interval of transmission rate is generally larger than the size of the decreasing interval. And the transmission rate in CBA algorithm, the MCBA algorithm, the MVBA algorithm is changed in overflow curve during the increasing interval of transmission rate. This may cause many frames to be discarded when available transmission rate is larger than transmission rate by the transmission plan.

In this paper, the smoothing algorithm, where transmission rate is changed in the middle of underflow curve and overflow curve to decrease the number of discarded frames, but the transmission rate increases at the minimum, and the CBA algorithm, the MCBA algorithm, the MVBA algorithm are applied to a transmission plan in the adaptable bandwidth allocation technique, and the minimum frame rates, the average frame rates, the variation of frame rates, and the numbers of discarded frames are compared in among algorithms.

**Key Words** : Smoothing, Available Network Traffic

### 1. 서론

가변 비트율 방법은 프레임을 구성하는 비트 수의 차

이가 심하므로 이것을 그대로 전송하려면 QoS를 보장하기 위해서 전송률을 급격히 증가시켜야 되는 버스트(Burst) 현상이 발생할 수 있다[1,2,9]. 이 문제를 해결하

\*교신저자 : 박도순(dspark@hongik.ac.kr)

접수일 09년 07월 03일

수정일 09년 08월 17일

게재확정일 09년 09월 16일

기 위해 스무딩(Smoothing), 적응형 비디오 전송(Adaptable Video Transmission), 적응형 대역폭 할당(Adaptable Bandwidth Allocation) 방법 등[1,2]이 사용된다. 스무딩은 네트워크의 트래픽을 고려하지 않고 전송 계획을 수립하여 비디오 스트림을 전송하는 방법이다. 이를 위한 알고리즘에는 CBA(Critical Bandwidth Allocation)[4], MCBA(Minimum Changes Bandwidth Allocation)[7,8], MVBA(Minimum Variability Bandwidth Allocation)[10,11] 등이 있다. 이 방법들은 점두 전송률, 전송률 변화량 등의 특정 요소에 최적화 된 전송을 할 수 있지만 서버에서 설정한 전송 계획대로 네트워크 자원들이 확보되는 환경에서 제한적으로 사용될 수 있다. 적응형 비디오 전송은 네트워크 트래픽을 고려하지만 전송 계획을 세우지 않고 프레임들을 전송하는 방법이어서 네트워크 트래픽이 유동적인 환경에 사용될 수 있으나 특정 요소에 대한 최적화된 전송을 할 수 없다. 적응형 대역폭 할당은 스무딩 알고리즘을 사용하여 전송 계획을 수립하고, 전송 계획에서 요구되는 전송률이 네트워크의 가용 전송률 보다 큰 경우에는 가용 전송률을 만족시키도록 일부 프레임들을 폐기하여 전송하는 형태로 네트워크 트래픽을 반영한다. 이 방법에는 변경된 CBA(Modified CBA)[1,2]와 적응형 CBA(Adaptable CBA)[1,2]가 있으며, 네트워크의 트래픽이 변동적인 인터넷과 같은 환경에도 적용될 수 있고 특정 요소를 최적화하면서 전송할 수 있다.

그러나 전송 계획에서 요구되는 전송률이 네트워크의 가용 전송률보다 커서 프레임들을 폐기하여야 할 때에 가능한 한 적은 양의 프레임이 폐기되어야 클라이언트 측에서 좀 더 좋은 화질의 데이터를 수신할 수 있는데, 폐기시켜야 되는 프레임의 양은 요구되는 전송률의 증가가 커질수록 많아진다. 또한 전체 데이터를 전송할때에 요구되는 전송률 증가 구간이 많아지면 폐기되어야 하는 프레임의 양이 많아질 수 있다. CBA, MCBA, MVBA 알고리즘과 같이 언더플로우 경계선 부근 또는 오버플로우 경계선 부근에서 전송률이 변화되는 알고리즘을 전송 계획으로 사용하는 경우에 전송률 증가 구간의 크기가 전송률 감소 구간의 크기보다 일반적으로 커진다. 표 1과 표 2는 이를 보여주는 것으로 사용된 비디오 데이터는 E.T.90[1,2,12]와 Croc.Dundee[5,6,12]이다. 표 1은 버퍼 크기가 1MB[2,3]인 경우에 대해 각 알고리즘들에 대한 전송률 증가 및 감소 구간의 크기 비교이며, 표 2는 CBA 알고리즘에서 버퍼 크기에 따른 전송률 증가 및 감소 구간의 크기를 비교한 것이다. 그러므로 네트워크의 트래픽으로 인해 폐기되는 프레임의 전체 양을 줄이기 위해서는 전송률 증가량을 줄이거나 또는 전송률 증가 구간의

크기를 줄여야 한다.

[표 1] CBA, MCBA, MVBA, 개선된 e-PCRTT 알고리즘 [13]에서 전송률 증가 및 감소가 요구되는 구간의 크기 비교

비율 \ 알고리즘	CBA	MCBA	MVBA	개선된 e-PCRTT[13]
E.T.90	증가	57%	56%	60%
	감소	43%	44%	40%
Croc.	증가	51%	53%	54%
	감소	49%	47%	46%

[표 2] CBA 알고리즘에서 버퍼크기에 대한 전송률 증가 및 감소가 요구되는 구간의 크기 비교

비율 \ 버퍼 크기	크기										
	512K	1M	2M	4M	6M	8M	10M	12M	14M	16M	
E.T.90	감소	43%	43%	47%	50%	47%	45%	42%	47%	45%	42%
	증가	57%	57%	53%	50%	53%	55%	58%	53%	55%	58%
Croc.	감소	49%	49%	47%	41%	44%	49%	47%	41%	37%	38%
	증가	51%	51%	53%	59%	56%	51%	53%	59%	63%	62%

본 논문에서는 네트워크의 트래픽으로 인해 폐기되는 프레임의 전체 양을 줄이기 위해 언더플로우 경계선과 오버플로우 경계선의 중간에서 전송률이 변화[13]되지만, 전송률의 증가가 필요한 경우에는 전송률 증가 양과 전송률 증가 구간의 크기를 줄일 수 있도록 하는 스무딩 알고리즘[14]을 사용하여, CBA, MCBA, MVBA 알고리즘들을 전송계획으로 사용하는 경우와의 성능 비교를 한다. 폐기되는 프레임 양을 줄이는 알고리즘에서, 전송률이 증가할때의 전송률은 CBA, MCBA, MVBA 방법보다 작아지고 구간의 크기도 작아지지만 전송률이 감소될때의 전송률은 CBA, MCBA, MVBA 방법보다 커지게 된다. 그러나 전송률 증가 양과 전송률 증가 구간의 크기를 줄임으로 인해 폐기되는 프레임 양의 감소가 전송률 감소시에 폐기되는 프레임 양의 증가보다 커지므로 전체적으로 폐기되는 프레임의 양이 감소하게 된다.

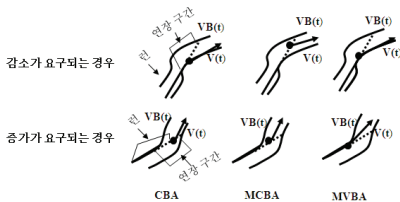
논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 폐기되는 프레임 양을 줄이는 알고리즘[14]을 설명한다. 4장에서는 실험 결과를 설명하고, 5장에서는 결론 및 추후 연구 방향을 기술한다.

## 2. 관련연구

### 2.1 스무딩

스무딩 방법은 네트워크의 트래픽을 고려하지 않고 비

디오 데이터를 전송할 수 있는 전송 계획으로, QoS를 만족하면서 전송률 변화 횟수, 전송률 변화량등과 같은 특정 요소를 최적화하기 위한 목적으로 다양한 스무딩 알고리즘들이 연구되어 왔다. 그림 1은 CBA, MCBA, MVBA 알고리즘의 전송률 조절 방법이다[3,4,6-8,10,11].  $V(t)$ 는 언더플로우 경계선으로 비디오 데이터를 구성하는 첫 번째 프레임부터 프레임  $t$ 까지의 누적된 바이트 수이며,  $VB(t)$ 는 오버플로우 경계선으로 언더플로우 경계선에 클라이언트의 버퍼 크기를 더한 값이다. 연장 구간인 점선은 현재의 전송률에 의해 언더플로우 경계선(오버플로우 경계선)을 만나는 경우에 이 지점부터 오버플로우(언더플로우)를 발생시키는 프레임까지의 구간을 의미하며, 이 연장 구간에 속한 프레임들 중에서 동일한 전송률로 전송할 수 있는 새로운 런의 시작 프레임을 선택하는 방법에 따라 스무딩 알고리즘의 목적이 달라진다.

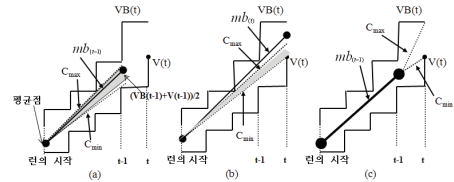


[그림 1] CBA, MCBA, MVBA의 전송률 조절 방법

CBA 알고리즘[4]에서는 현재 전송률에 의해 오버플로우가 발생된다면 연장 구간의 첫 프레임을 새로운 런의 시작 프레임으로 설정하며, 현재 전송률에 의해 언더플로우가 발생하는 경우에는 연장 구간에 속한 프레임들 중에서 새로운 전송률로 가장 많은 프레임을 전송할 수 있는 프레임을 검색하여 이 프레임을 새로운 런의 시작 프레임으로 설정하므로서 전송률 증가 횟수를 최소화한다. MCBA 알고리즘[7,8]의 목적은 전송률 변화 횟수의 최소화인데, 이를 위해 다음 런의 전송률을 감소 또는 증가시켜야 할 때에 연장 구간에 있는 프레임들중에서 새로운 전송률에 의해 가장 많은 프레임을 전송할 수 있는 프레임을 검색하여 이 프레임을 다음 런의 시작 프레임으로 설정한다. MVBA 알고리즘[10,11]은 전송률 변화량을 최소화하는 것이 목적이며, 이를 위해 다음 런의 전송률을 증가 또는 감소시켜야 할 때에 연장 구간의 첫 프레임을 다음 런의 시작 프레임으로 설정한다. PCRTT(Piecewise Constant Rate Transmission and Transport)[15]를 개선한 e-PCRTT(enhanced-PCRTT) 알고리즘[16,17]에서는 초기 지연 시간 동안 클라이언트 버퍼에 버퍼 크기의 1/2에 해당하는 바이트 수를 미리 저장하고 각 구간에서 언더플로우가 발생되지 않을 최소 전송률과 오버플로우가 발생

되지 않을 최대 전송률의 평균을 해당 구간의 전송률로 설정한다. 한편 e-PCRTT를 개선하여 전송률 변화 횟수에 제한이 없고 구간의 크기가 가변적인 스무딩 알고리즘[13]에서는 그림 2의 방법으로 런을 설정한다.

$C_{max}$ 는 런의 시작 프레임부터 현재 검색하고 있는 프레임까지의 전송률들 중에서 QoS를 보장하는 최대 전송률이고  $C_{min}$ 은 최소 전송률이다.  $mb_{(t-1)}$ 는 현재 검색중인 프레임 ( $t-1$ )에 의해 생성되는 전송률이며, 오버플로우 경계와 언더플로우 경계의 평균값이다. 그림 2 (a)는 프레임 ( $t-1$ )에서 설정하려는 전송률  $mb_{(t-1)}$ 이 QoS를 만족하기 때문에 다음 프레임  $t$ 를 검색해야 하는 상황이다. 그림 2 (b)는 프레임  $t$ 에서 설정하려는 전송률  $mb_{(t)}$ 가 QoS를 만족하지 않아서 프레임  $t$ 는 같은 런이 될 수 없음을 보여준다. 그래서, 그림 2 (c)에서와 같이 런의 시작 프레임부터 프레임 ( $t-1$ )까지의 프레임들을 프레임 ( $t-1$ )에서의 전송률, 즉  $mb_{(t-1)}$ 로 설정하여 하나의 런을 생성한다.

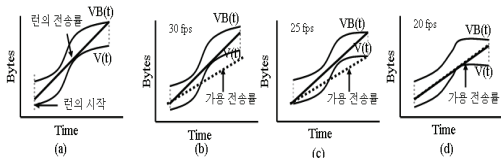


[그림 2] 개선된 e-PCRTT 알고리즘[13]에서의 전송률 조절 방법

## 2.2 적응형 대역폭 할당

적응형 대역폭 할당은 비디오 데이터에 대한 전송 계획을 수립한 후에 네트워크 트래픽을 고려하여 전송하는 방법이다. 즉, 스무딩 알고리즘에 의한 전송 계획에서 요구되는 전송률이 네트워크의 가용 전송률보다 큰 경우에는 가용 전송률을 만족시킬 때까지 전송하려는 프레임들 중에서 일부 프레임을 폐기시키는 방법이다. 변경된 CBA[1,2]에서는 CBA 알고리즘을 수행하여 전송 계획을 설정하고 전송하려는 프레임에서 요구되는 전송률이 가용 전송률을 만족시키지 못할 경우에는 해당 프레임을 폐기시킨다. 이 방법은 CBA 알고리즘을 1회 수행하므로 계산 시간이 적게 소요되지만 가용 전송률에 따라 프레임의 폐기 여부가 결정되므로 광범위한 기간에 많은 프레임들이 폐기될 수 있다. 적응형 CBA 방법[1,2]에서는 CBA 알고리즘을 수행하여 전송 계획을 설정하고, 계획된 전송률이 가용 전송률을 만족시키지 못하는 경우에는

가용 전송률을 만족시킬 때까지 런을 구성하는 프레임들 중에서 일부 프레임을 폐기시키는데, 그림 3은 이 방법에서의 재생률 조절 과정이다. 그림 3 (a)는 CBA 알고리즘을 수행하여 생성된 런이며, 그림 3 (b)는 초당 30개의 프레임을 재생해야 하는 경우에 요구되는 전송률이 가용 전송률보다 커서 재생률 조절이 필요한 경우이다. 그림 3 (c)는 재생률을 25 fps로 감소시켰으나 아직도 런의 전송률이 가용 전송률보다 커서 재생률을 그림 3 (d)에서와 같이 20 fps로 감소하여 가용 전송률을 만족시켜야 한다. 이 방법은 네트워크 트래픽이 변동될 때마다 런을 생성하기 위해 CBA 알고리즘을 수행하므로 계산 시간이 많이 소요된다[2].



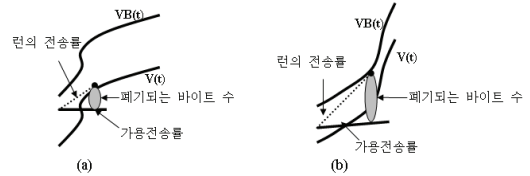
[그림 3] 적응형 CBA 방법에서의 재생률 조절 과정

### 3. 폐기되는 프레임 양을 줄이는 알고리즘

#### 3.1 배경

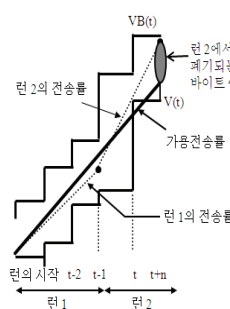
CBA, MCBA, MVBA 스무딩 알고리즘들은 그림 1과 같이 언더플로우 경계선 또는 오버플로우 경계선 부근에서 전송률이 변화된다. 이 알고리즘들이 적응형 대역폭 할당 방법에서의 전송 계획으로 사용될때, 계획된 전송률이 네트워크의 가용 전송률보다 크다면 가용 전송률을 만족시키기 위해 프레임들이 폐기되어야 한다. 그림 4는 이러한 상황인데, 그림 4 (a)는 전송률의 감소가 요구되어 런의 전송률이 언더플로우 경계선과 만나는 경우이고, 그림 4 (b)는 전송률의 증가가 요구되어 오버플로우 경계선과 만나는 경우이다. 두가지 경우에 가용 전송률이 런의 전송률보다 작다면, 런의 전송률은 그림 4 (b)가 그림 4 (a)보다 크기 때문에 그림 4 (a)에서 보다 그림 4 (b)에서 폐기되는 프레임 양이 훨씬 많게 된다. 특히 CBA, MCBA, MVBA 알고리즘을 사용하는 경우에는 표 1과 표 2에서와 같이 전송률 증가 구간이 감소 구간보다 일반적으로 크기 때문에 런의 전송률보다 작은 가용 전송률이 자주 발생하는 경우에는 폐기되어야 하는 프레임의 전체 양이 많아질 수 있다. 따라서 폐기되는 프레임의 양을 줄이기 위해서는 전송률 증가량을 줄이든지 또는 증

가 구간의 크기를 줄여야 한다.

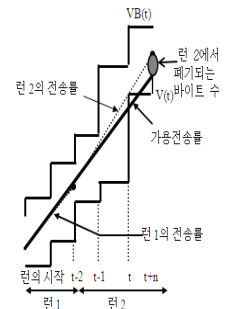


[그림 4] 네트워크 트래픽이 고려되는 경우에 CBA, MCBA, MVBA 알고리즘들에서 폐기되는 프레임 양의 비교

개선된 e-PCRTT 알고리즘[13]에서는 그림 2의 과정으로 런을 구하는데, 전송률 증가량을 고려하지 않아서 새로운 구간에서 급격하게 높은 전송률이 요구될 수 있다. 그래서, 이 알고리즘을 적응형 대역폭 방법에서의 전송 계획으로 사용하는 경우에도 앞에서 언급한 것과 유사한 상황이 발생할 수 있다. 그림 5는 이러한 상황의 예인데, 런1에서는 가용 전송률이 런의 전송률 보다 커서 폐기되는 프레임이 없지만 런2에서는 가용 전송률이 런의 전송률보다 작아서 프레임들이 폐기되어야 한다. 그러나 그림 6에서와 같이 런1을 구성하는 프레임들 중에서 프레임 (t-2)까지를 런으로 설정하여 런1과 런2의 전송률 증가를 완만하게 변화시킨다면, 가용 전송률을 만족시키기 위해 폐기시켜야 되는 프레임 양이 그림 5에서 보다 적어질 수 있다.



[그림 5] 개선된 e-PCRTT 알고리즘[13]에서의 폐기되는 프레임 양의 예

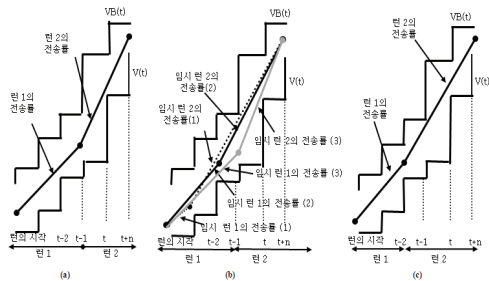


[그림 6] 폐기되는 프레임 양을 줄이기 위한 방법의 예

#### 3.2 알고리즘

폐기되는 프레임의 양을 줄이기 위해 [14]에서는 언더플로우 경계선과 오버플로우 경계선의 중간에서 전송률이 변화[13]되지만, 전송률의 증가가 요구되는 경우에는 연속되는 두개 런들의 전송률이 가장 완만하게 변화될

수 있는 프레임들을 검색하여 이 프레임들을 새로운 런의 시작 프레임으로 설정한다. 그림 7은 전송률 조절 방법의 원리이다. 그림 2에서와 같이 런1과 런2를 구하고, 런1의 전송률로 프레임들을 전송하는 경우에 언더플로우가 발생되는지 또는 오버플로우가 발생되는지 여부를 점검한다. 그림 7 (a)는 런1의 전송률로 전송하는 경우에 언더플로우가 발생되어 런2의 전송률이 증가되어야 하는 경우이다. 이 경우에 그림 7 (b)에서와 같이 런1의 시작 프레임부터 프레임 (t-1)까지에 속한 프레임들 각각에 대해, 시작 프레임부터 각 프레임까지의 전송률을 임시 런1의 전송률로 다시 설정하고, 이 프레임을 시작점으로 하여 임시 런2의 전송률을 계산하여 전송률의 증가가 가장 완만하게 되는 프레임들을 검색한다. 그래서, 그림 7 (c)에서와 같이 검색된 프레임 (t-2)까지를 런1으로 결정하고 프레임 (t-2)부터 프레임 (t+n)까지를 런2로 설정한다. 새로운 런의 전송률 감소가 요구되는 경우에는 그림 2와 동일한 방법으로 런을 설정한다. 이와 같은 원리를 사용한 알고리즘이 표 3이며, n은 비디오 스트림을 구성하는 프레임 개수이고 ts는 런의 시작 프레임이다. 단계 (6)은 런의 시작 프레임부터 현재 검색중인 프레임 t까지의 전송률인  $mb(t)$ 를 계산하는 과정으로 q는 버퍼에 채워져 있는 바이트 수이다. 단계 (7)에서 (14)까지는 현재 런의 설정과 이 런의 전송률을 결정하는 과정이다. 단계 (8)의 next\_run\_flag는 새로운 런의 전송률이 증가 또는 감소가 요구되는지를 나타내는 플래그이며, 전송률이 증가인 경우에는 단계 (10)과 (11)에 의해 전송률이 가장 완만하게 증가되는 프레임들을 검색하여 런들을 결정한다. 단계 (13)의  $output(ts-t-1, mb(t-1))$ 는 프레임 ts부터 프레임 (t-1)까지의 전송률을  $mb(t-1)$ 로 설정하는 함수이다.



[그림 7] 전송률 조절 방법의 원리[14]

[표 3] 알고리즘[14]

```

algorithm(){
(1) t=ts+1
(2) compute Cmax, Cmin
(3) n=number of last frame
(4) while(t<=n) {
(5)   t=t+1
(6)   mb(t)=((VB[t]-V[t])/2.0 -(V[ts]+q))/(t-ts)
(7)   if ( (Cmax < mb(t)) or (Cmin > mb(t)) )
(8)     determine next_run_flag
(9)     if (next_run_flag==Inc)
(10)      determine temporal current run and temporal
      next run
(11)      t=find the frame with the smallest rate
      increase between temporal current run and temporal
      next run
(12)    endif
(13)    output(ts-t-1,mb(t-1))
(14)  endif
(15)  compute Cmin, Cmax, q
(16) }
}
    
```

#### 4. 실험 결과

폐기되는 프레임 양을 줄이는 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 적응형 대역폭 할당 방법에서의 전송 계획으로 이 알고리즘과 CBA, MCBA, MVBA 알고리즘을 각각 사용하여 평가 요소인 최소 재생률[1-3], 평균 재생률[1-3], 재생률 변화량[1-3], 그리고 폐기되는 프레임 양을 비교한다. C 언어로 스무딩 알고리즘들과 적응형 대역폭 할당 방법들을 각각 구현하여 실험하였으며 실험에 사용된 컴퓨터의 속도는 Pentium 2.8GHz, 메모리는 1GB이다, 실험에 사용된 비디오 데이터는 E.T.90[1,2,12]이며 가용 전송률과 버퍼 크기를 다양하게 설정하여 성능을 평가한다.

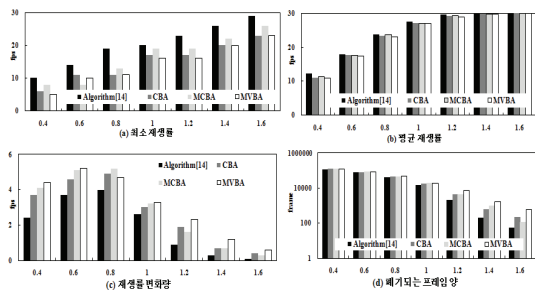
##### 4.1 가용 전송률의 변화에 대한 결과

가용 전송률의 변화에 따른 성능을 평가하기 위하여 버퍼 크기를 5MB[1-3]로 고정하고, 가용 전송률은 비디오 스트림을 구성하는 프레임들의 평균 바이트 수의 0.4배부터 1.6배[1-3]까지 설정하여 실험하였다.

그림 8은 각 가용 전송률에 대해 최소 재생률, 평균 재생률, 재생률 변화량, 폐기되는 프레임의 양을 비교한 결과이다. 그림 8 (a)는 최소 재생률을 비교한 결과로서, 모



든 가용 전송률에서 알고리즘[14]에서의 최소 재생률이 다른 알고리즘들에서 보다 크다. 이는 전송률의 증가가 요구되는 경우에 전송률의 증가량이 가장 적은 프레임들을 검색하여 런을 설정하므로 폐기시켜야 되는 프레임들이 적어지기 때문이다. 모든 알고리즘에서 가용 전송률이 클수록 최소 재생률이 커지는데, 이는 가용 전송률이 커지므로 인해 프레임을 적게 폐기시켜도 가용 전송률을 만족시킬 수 있기 때문이다. 그림 8 (b)는 평균 재생률을 비교한 결과이다. 앞에서 언급한 이유로 인해 알고리즘[14]가 다른 방법들보다 우수하다. 모든 알고리즘에서 가용 전송률이 1.6배인 경우에 평균 재생률은 30인데, 이는 가용 전송률과 버퍼가 충분히 커서 거의 모든 구간에서의 재생률이 30이 되기 때문이다. 그림 8 (c)는 재생률 변화량을 비교한 결과로써, 제안 알고리즘의 재생률 변화량이 가장 작다. 알고리즘[14]에서는 전송률이 증가되는 경우와 전송률이 감소되는 경우 모두에서 언더플로우 경계점과 오버플로우 경계점의 중간에서 전송률이 변화되지만, 다른 알고리즘들에서는 전송률이 언더플로우 경계선 부근과 오버플로우 경계선 부근에서 변화되므로 전송률 증가 구간에서는 제안 알고리즘보다 많은 프레임이 폐기되고, 전송률 감소 구간에서는 제안 알고리즘보다 적게 폐기되기 때문이다. 그림 8 (d)는 폐기되는 프레임 양을 비교한 결과이다. 알고리즘[14]에서 폐기되는 프레임의 양이 다른 알고리즘들에서 보다 적는데, 이는 표 4에서와 같이 알고리즘[14]에서는 전송률 증가가 요구되는 구간의 크기가 전송률 감소가 요구되는 구간 크기보다 작아지고, 전송률 증가가 요구되는 구간에서 폐기되는 프레임의 감소 양이 전송률 감소가 요구되는 구간에서 폐기되는 프레임의 증가 양보다 많기 때문이다. 모든 알고리즘에서 가용 전송률이 커질수록 폐기되는 프레임 양이 적어지는데, 이는 가용 전송률이 클수록 프레임들을 적게 폐기시켜도 가용 전송률을 만족시킬 수 있기 때문이다.



[그림 8] 각 가용 전송률에 대해 최소 재생률, 평균 재생률, 재생률 변화량, 폐기되는 프레임 양을 비교한 결과

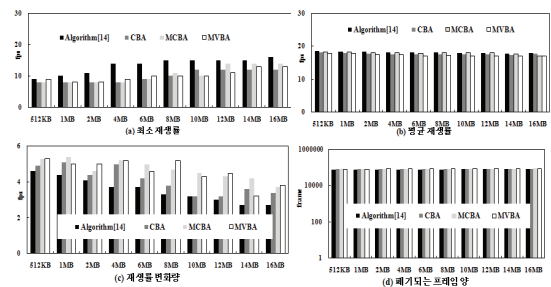
[표 4] 폐기되는 프레임 양을 줄이는 알고리즘에서 전송률 증가 및 감소 구간의 크기 비교

비율	버퍼 크기	512K	1M	2M	4M	6M	8M	10M	12M	14M	16M
E.T.90	증가	47%	45%	48%	45%	47%	48%	49%	49%	48%	47%
	감소	53%	55%	52%	55%	53%	52%	51%	51%	52%	53%
Croc.	증가	44%	43%	41%	47%	47%	49%	27%	27%	29%	47%
	감소	56%	53%	59%	53%	53%	51%	73%	73%	71%	53%

#### 4.2 버퍼 크기의 변화에 대한 결과

버퍼 크기가 평가 요소에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 가용 전송률을 비디오 스트림을 구성하는 프레임들의 평균 바이트 수의 0.6배[1-3]로 고정하고 버퍼 크기를 512KB부터 16MB[1-3]까지 설정하여 실험하였다.

그림 9는 각 버퍼 크기에 대해 최소 재생률, 평균 재생률, 재생률 변화량, 폐기되는 프레임 양을 비교한 결과이다. 그림 9 (a)(b)에서 알고리즘[14]에서의 최소 재생률과 평균 재생률이 가장 우수한다. 이는 그림 8의 분석시에 언급한 이유와 동일하다. 그림 9 (c)는 재생률 변화량을 비교한 결과이다. 그림 8 (c)의 분석시에 언급한 이유로 알고리즘[14]의 재생률 변화량이 가장 작다. 다른 알고리즘들의 재생률 변화량은 버퍼 크기가 커져도 오히려 커진 경우가 있는데, 이는 버퍼 크기에 따라 전송률 변화량이 큰 런 또는 작은 런이 생성되어 이전 구간에 비해 훨씬 많거나 적은 프레임이 폐기되기 때문이다. 그림 9 (d)는 폐기되는 프레임 양을 비교한 결과인데, 알고리즘[14]에서 폐기되는 프레임의 양은 그림 8 (d)의 분석에서 언급한 동일한 이유로 가장 작다.



[그림 9] 버퍼 크기에 대해 최소 재생률, 평균 재생률, 재생률 변화량, 폐기되는 프레임 양을 비교한 결과

#### 5. 결론 및 추후 연구 방향

CBA, MCBA, MVBA 스무딩 알고리즘들을 적용형 대

역폭 할당 방법에서의 전송 계획으로 사용하는 경우에 전송률이 증가 즉 오버플로우 경계선에 가까운 전송률인 경우에는 네트워크의 가용전송률이 계획된 전송률보다 작다면 많은 프레임들이 폐기될 수 있는데, 이 알고리즘들은 전송률 증가 구간의 크기가 크기 때문에 폐기되어야 하는 전체 프레임 양이 많아지게 된다. 한편 e-PCRTT 알고리즘을 개선한 알고리즘[13]은 새로운 구간의 전송률 증가량을 고려하지 않아서 급격하게 높은 전송률이 요구될 수 있어서, 이를 전송 계획으로 사용하는 경우에도 폐기되는 프레임 양이 많아질 수 있다.

본 논문에서는 폐기되는 프레임의 양을 줄이기 위해 언더플로우 경계선과 오버플로우 경계선의 중간에서 전송률이 변화되지만 전송률의 증가가 요구되는 경우에는 전송률 증가량을 최소로 하는 런을 설정하여 전송률 증가량을 줄이고 증가 구간의 크기를 줄이는 스무딩 알고리즘[14]의 성능을, 다른 스무딩 알고리즘들인 CBA, MCBA, MVBA를 적응형 대역폭 할당 방법에서의 전송 계획으로 사용하는 경우와 비교 평가하였다. 폐기되는 프레임을 줄이기 위한 스무딩 알고리즘[14]은 CBA, MCBA, MVBA 알고리즘보다 폐기되는 프레임 양이 적어지며, 또한 최소 재생률, 재생률 변화량, 평균 재생률에서 모두 우수하였다. 그러나, 스무딩 알고리즘[14]에서는 프레임의 중요도를 고려하지 않고 프레임을 폐기시키는 문제점을 갖고 있으며 추후에는 이를 고려하는 방법에 대한 연구를 진행할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] Wu-chi Feng, Ming Liu, "Critical Bandwidth Allocation Technique for Stored Video Delivery Across Best-Effort Network", pp.25, (OSU-CISRC-8/98-TR32) Electronic report under 1998/TR32.ps
- [2] Wu-Chi Feng, Ming Liu, "Extending critical bandwidth allocation Techniques for stored video delivery across best-effort networks", International Journal of COMMUNICATION SYSTMES Int.J.Commun.sust, 2001.
- [3] Wu-Chi Feng, Ming Lue, Brijesh Krishnaswami, "A Priority Based technique for the Best-Effort Delivery of Stored Video", SPIE/IS&T Multimedia Computing and Networking 1999 Sanjose, California, January 1999.
- [4] W. Feng, S. Sechrest, "Critical Bandwidth Allocation for the Delivery of Compressed Prerecorded Video," Computer Communications, Vol.18, No.10, pp.709-717, Oct 1995.
- [5] W. Feng and J. Rexford, "Performance evaluation of smoothing algorithms for transmitting prerecorded VBR video", IEEE Trans. on Multimedia, September 1999.
- [6] Wu-chi Feng, "A Comparison of Bandwidth Smoothing Techniques for the Transmission of Prerecorded Compressed Video", in Proc. IEEE INFOCOM, pp.58-66, April 1997.
- [7] W. Feng, et.al., "Optimal Buffering for the Delivery of Compressed Prerecorded Video", Proc. of the IASTED/ISMM Intl Conference on Networks, January 1995.
- [8] J.Zhang and J.Hui, "Applying traffic smoothing techniques for quality of service control in VBR video transmissions", vol.21, pp.375-389, April 1998.
- [9] D. Le Gall, "MPEG: A video compression standard for multimedia applications", Communications of the ACM, vol.34, pp.47-58, April 1991.
- [10] J.D. Salehi, et. al., "Supporting stored video: Reducing rate variability and end-to-end resource requirements through optimal smoothing", in Proc. of ACM SIGMETRICS, pp.222-231, May 1996.
- [11] J. D. Salehi, "Scheduling Network Processing on Multimedia and Multiprocessor Servers", Ph.D. dissertation, Univ. Massachusetts, Amherst, Sept 1996.
- [12] <http://web.cecs.pdx.edu/~wuchi/Video>
- [13] 이면재, 박도순, 이준용, "가변 비트율 비디오 전송을 위한 효율적인 스무딩 알고리즘", 한국정보처리학회, 제 11-C권 제 7호, 2004.12.
- [14] 이면재, 박도순, "적응형 대역폭 할당 방법을 위한 효율적인 전송 계획", 한국정보처리학회, 제 14-C권 제 3호, 2007.6
- [15] J. McManus and K.Ross, "Video on demand over ATM:Constant-rate Transmission and Transport", in proc.of ACM SIGMETRICS, Selected Areas in Communications, IEEE Journal Vol.14, pp.1087-1098, Aug 1996.
- [16] O.Hadar S.Greenberg, "Statistical multiplexing and admission control policy for smoothed video streams using e-PCRTT algorithm", International Conference on Information Technology: Coding and Computing, March 2000.
- [17] Ofer Hadar Reuven Cohen, "PCRTT Enhancement for Off-Line Video Smoothing", The Journal of Real Time Imaging. Vol. 7, No. 3, pp.301-314, June 2001.

**이 면 재(Myoun-Jae Lee)**

[종신회원]



- 1992년 2월 : 홍익대학교 전자계산학과 (이학사)
- 1994년 2월 : 홍익대학교 전자계산학과(이학석사)
- 2006년 2월 : 홍익대학교 전자계산학과(이학박사)
- 2006년 8월 ~ 2009년 2월 : 남서울대학교 멀티미디어학과 교수
- 2009년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수

<관심분야>

게임 인공지능, 게임 엔진

---

**박 도 순(Do-Soon Park)**

[정회원]



- 1978년 2월 : 서울대학교 전자공학(학사)
- 1980년 2월 : 서울대학교 컴퓨터공학부 (석사)
- 1988년 2월 : 고려대학교 수학과 (박사)
- 1980년 3월 ~ 1983년 3월 : 국방과학연구소 연구원
- 1983년 3월 ~ 현재 : 홍익대학교 컴퓨터 공학과 교수

<관심분야>

컴퓨터 구조, 설계 자동화