

MPEG 동영상 서비스를 위한 효율적인 전송률 조절 알고리즘 (An Efficient Transmission Rate Control Algorithm for MPEG VOD Service)

이 면 재* 곽 준 원** 송 하 윤*** 박 도 순****
(Myoun-Jae Lee) (Joon-Won Kwak) (Ha-Yoon Song) (Do-Soon Park)

요 약

인터넷 기술의 발전은 멀티미디어 데이터 서비스에 대한 관심을 증가시키고 있는데, 제한된 자원을 갖고 서비스를 할 때에는 QoS(Quality of Service)가 보장되어야 한다. 그러나 제한된 대역폭 내에서 전송량의 급격한 증가와 멀티미디어 서비스 사용자 수의 증가는 QoS의 보장과 네트워크 자원의 이용률을 저하시킬 수 있다. 이를 해결하기 위한 스무딩 기법은 가변 비트율(VBR:Variable Bit Rate)을 가진 비디오 스트림을 전송할 때 전송량의 급격한 증가가 발생되는 버스트(Burst)를 방지하기 위한 방법이다.

본 논문에서는 가변 비트율을 가진 멀티미디어 데이터를 전송할 때 MPEG의 특성을 이용하는 효율적인 스무딩 알고리즘을 제안하며, 제안한 알고리즘과 기존 스무딩 알고리즘을 다양한 환경에서 비교 분석하였다.

ABSTRACT

Multimedia data services have been widely developed with the recent progression of the Internet technology. Multimedia services, especially, must guarantee Quality of Service with restricted environment resources. The abrupt increase of transmission quanta, so called burst, and the number of client that access multimedia server, with limited network bandwidth will damage the quality of service and the utilization of network resource. Smoothing techniques can reduce the burst of a variable bit rate stream by transmitting data at a series of fixed rates. In this paper, we present a new smoothing algorithm using MPEG's characteristics in transmitting stored video data with VBR. The smoothing algorithm we present will be verified with assorted existing techniques in diverse environments.

1. 서론

인터넷의 사용 초기에는 용량이 작은 텍스트 데이터가 주로 전송되었다. 그러나 최근에는 용량이 큰 멀티미디어 데이터 전송에 대한 필요가 증대되면서 효율적인 멀티미디어 서비스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

멀티미디어 데이터 스트림은 저장 장치의 효율적인 관리를 위하여 압축된 형태로 분산 VOD 서버에 저장된다[13]. 이러한 압축 기술에는 프레임당 비트수가 일정한 CBR(Constant Bit Rate)과 프레임당 비트수가 다른 VBR(Variable Bit Rate)[1] 있다. VBR 방법은 CBR방법에 비해 동일한 비디오 화질의 보장 뿐만 아니라 압축률이 높은 장점이 있으나 버스트

* 정희원 : 홍익대학교 전자계산학과 박사과정 수료

** 정희원 : 홍익대학교 컴퓨터공학 석사과정

*** 정희원 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 교수

논문접수 : 2002. 7. 11.

심사완료 : 2002. 8. 3.

(Burst), 즉 특정 프레임이 다른 프레임보다 프레임 당 비트수가 지나치게 많은 경우가 발생하여 데이터 전송시에는 QoS(Quality of Service)를 보장하기가 어렵다. 또한 VOD 서버와 클라이언트 사이에는 한 개 이상의 네트워크가 존재하므로 VOD 서버에서 여러 네트워크를 통해 클라이언트로 비디오 스트림을 전송할 경우에 QoS를 보장하기 위해서는 네트워크 상에서 전송률(Transmission Rate)이 일정해야 하고 지연시간이 최소화되어야 한다. 그러나 멀티미디어 서비스를 이용하는 사용자의 수가 인터넷 통신망의 속도보다 빠른 속도로 증가되고 있어서 네트워크 혼잡(Congestion), 지연(Delay), 저터(Jitter), 그리고 패킷 손실(Packet loss)로 인하여 QoS를 보장하기가 어렵다. 그 해결책으로 VBR 형태의 비디오 데이터를 전송할 때 클라이언트의 버퍼에서 언더플로우(Underflow)와 오버플로우(Overflow)가 발생하지 않는 범위내에서 전송률을 계산하여 해당 전송률로 멀티미디어 데이터, 특히 비디오 스트림(Video Stream)을 보내는 스무딩 기법이 개발되었다[5].

기존 스무딩 알고리즘은 프레임 단위로 전송률을 계산하기 때문에 서버의 CPU 오버헤드(Overhead)가 많이 발생되며, 클라이언트의 수에 비례하여 CPU 오버헤드가 증가되어 QoS를 보장하기가 어려웠다. 본 논문은 기존 스무딩 알고리즘의 단점을 개선하기 위해서 MPEG의 특성을 이용하여 효율적인 스무딩 알고리즘을 제안하고 시간 복잡도와 성능을 기준 스무딩 알고리즘과 비교 분석하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구, 3장에서는 MPEG의 특성을 설명하고 4장에서는 제안한 스무딩

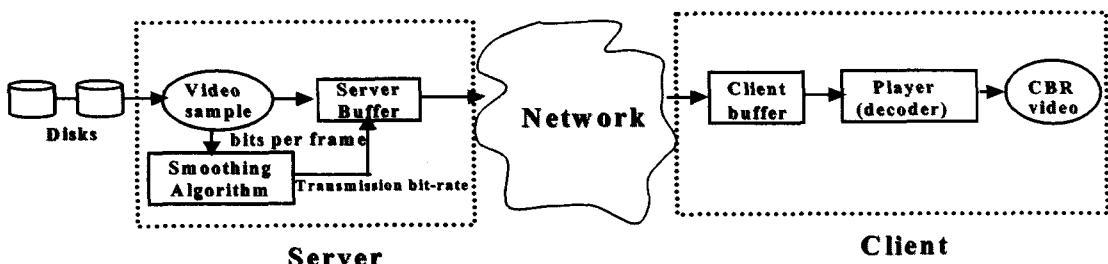
알고리즘을 기술하고, 5장에서는 실험결과를 기술한다. 그리고 6장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 스무딩 기법의 아키텍쳐

스무딩 기법은 압축된 비디오 스트림의 프레임당 비트수, 클라이언트의 버퍼 크기, 그리고 네트워크에서 비디오 스트림의 전송률에 대한 정보들을 기반으로 QoS가 보장될 수 있도록 전송률을 조절하는 기법이다. [그림 1]은 VOD 스트림 전송 구조이다[8].

서버내의 비디오 스트림을 요청될 때에 압축된 프레임당 비트수가 스무딩 알고리즘에 전달되고 해당 프레임은 서버 버퍼에 저장된다. 이때 스무딩 알고리즘은 클라이언트의 버퍼에서 언더플로우와 오버플로우가 발생하지 않도록 전송률을 계산한다. 이후 서버는 계산된 전송률로 버퍼에 저장되어 있는 비디오 스트림을 클라이언트에게 전송한다.



[그림 1] VOD 스트림 전송 구조

[Fig. 1] The VOD stream transmission architecture

2.2 스무딩 기법의 원리

[그림 2]는 스무딩 기법의 원리이다[6]. X축은 시간 즉 프레임의 수를 의미하고 Y축은 누적된 비트수를 의미하며, t 는 t 번째 프레임을 의미한다. $V(t)$ 는 언더플로우 경계선으로 QoS를 보장할 수 있는 전송률 중에서 최소 전송률이다. 즉, 서버에서 언더플로우 경계선보다 작은 전송률로 프레임을 보낸다면, 클라이언트에서 언더플로우가 발생되어 QoS를 보장하지 못한다. $V^B(t)$ 는 오버플로우 경계선으로 QoS를 보장할 수 있는 전송률 중에서 최대 전송률이다. 즉, 서버에서 오버플로우 경계선보다 큰 전송률로 프레임을 보낸다면, 클라이언트에서 오버플로우가 발생되어 QoS를 보장하지 못한다. b 는 클라이언트 버퍼의 크기이다. $V(t)$ 와 $V^B(t)$ 사이 즉 QoS를 보장하는 영역을 제한 영역(Constraint region)이라고 하며 스무딩 기법은 이 영역 내에서 전송률을 제어한다.

식(1), 식(2) 그리고 식(3)은 [그림 2]를 수식으로 표현하였다. 식(1)의 f_i 는 i 번째 프레임의 비트수를 의미하며, $V(t)$ 는 0부터 t 번째까지의 프레임들에서 누적된 비트수이며 언더플로우 경계선을 의미한다. 식(2)은 식(1)에서 클라이언트의 버퍼 크기(b)를 더한 오버플로우 경계선이다. 식(3)은 제한 영역 즉 QoS

가 보장되는 전송률을 의미하며 c_i 는 i 번째 프레임의 전송률을 나타낸다.

2.3 기존 스무딩 알고리즘

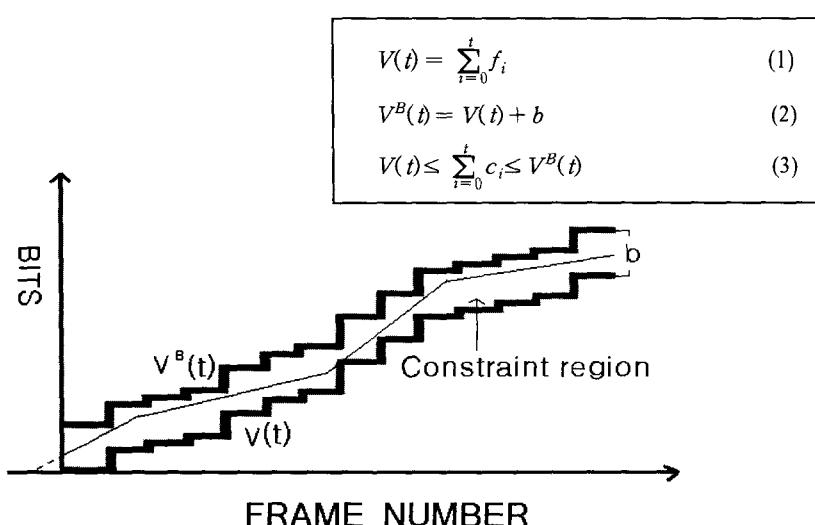
기존 스무딩 알고리즘은 MVBA, CBA, MCBA, RCBS, ON-OFF 그리고 PCRTT 등으로 분류된다 [12].

(1) MVBA(Minimum Variability Bandwidth Allocation)

대역폭이 변화될 경우 전송률 변화량을 최소화하는 알고리즘이다[2][3]. 대역폭(Bandwidth)이 증가 또는 감소되는 경우 완만한 변화를 통해 비디오 화질에 변화로 발생하는 지연을 최소화하는 알고리즘이다. 대역폭의 변화가 적은 비디오 스트림에서 우수한 특징을 가지고 있다.

(2) CBA (Critical Bandwidth Allocation)

대역폭이 증가될 경우 전송률의 변경 횟수를 최소화하고 대역폭이 감소될 경우 전송률 변화량을 최소화하는 알고리즘이다[9]. 이 알고리즘은 버퍼의 이용률이 우수한 특징이 있다.



[그림 2] 전송률 조절 과정

[Fig. 2] The control process of transmission rate

(3) MCBA(Minimum Changes Bandwidth Allocation)

대역폭이 감소되거나 증가될 경우 전송률의 변경 횟수를 최소화하는 알고리즘이다[10]. 이 알고리즘은 변경 횟수를 최소한으로 줄임으로 전송률 계산에 소요되는 CPU 오버헤드를 최소화하는 특징이 있다.

(4) RCBS(Rate-Constrained Bandwidth Smoothing)

최대 대역폭 r 이 제약조건으로 주어진 상태에서 클라이언트 버퍼의 이용률을 최소화하는 알고리즘이다[11]. 이 알고리즘은 N번째 프레임에서 시작해서 첫 번째 프레임까지 역으로 진행하면서 최대 대역폭 r 의 전송률을 초과한 경우 최대 대역폭 r 로 전송률을 제한하고 그렇지 않는 경우 해당 전송률을 아무런 변화없이 그대로 유지시키는 방식으로 진행한다. 다른 알고리즘에 비해 전송률의 변화폭이 심한 특징이 있다.

(5) ON-OFF(On period and Off period Smoothing Algorithm)

최대 대역폭 r 이 제약조건으로 주어진 상태에서 on 일 때 비디오 스트림을 r 의 전송률로 보내고 off 일 때 비디오 스트림을 보내지 않는 알고리즘으로 최대 대역폭 r 와 클라이언트의 버퍼 크기에 따라서 on-off 횟수가 조절되는 알고리즘이다[7]. 다른 알고리즘에 비해 구현이 용이한 특징이 있다.

(6) PCRTT(Piecewise Constant Rate Transmission and Transport)

PCRTT는 일정한 시간 간격으로 전송률을 제어하는 방식으로 누적된 비트수의 합, 즉 $V(t)$ 에서 프레임당 비트수의 평균값을 구한 후 클라이언트에서 언더플로우를 방지하기 위해 계산된 전송률을 오프셋(offset)만큼 증가시키는 방법이다[4]. 시간 간격이 넓은 경우 오버플로우와 언더플로우가 발생할 수 있어 적당한 시간 간격을 정해야 하는 어려움이 있다.

3. 비디오 압축 (Video Compression)

비디오 압축은 데이터에 내재된 중복성을 없애고 중요하고 필요한 것만을 뽑아 데이터의 용량을 줄이는 과정인데 원본의 1/10이상으로 압축되어 전송되는 데이터는 사람의 눈으로 볼 때 원본 영상과 차이가 없어야만 한다. 비디오 압축에 사용되는 기술은 DCT(Discrete Cosine Transform), 양자화(Quantization), 런길이 부호화(Run-Length), 허프만 부호화(Huffman Coding), 움직임 보상인 DPCM(Differential Pulse Code Modulation) 등이 있다. 1980년대부터 디지털 AV서비스의 국제 표준화에 따라 국제적인 표준 방식을 정하는 국제표준화기구(ISO)와 국제전기표준회(IEC)의 합동기술위원회(JTCI) 산하의 전문부회(SC29, Sub-Committee 29)에서는 영상 신호 압축 부호화에 관한 MPEG 표준화 작업을 시작했다. 그로부터 지금까지 MPEG은 CD등 디지털 저장매체에 VHS 테이프 화질의 동영상과 음향을 1.5Mbps 이내로 압축, 저장하기 위한 MPEG-1과 DTV, HDTV 등과 같이 방송용으로 사용하기 위한 고화질 동영상 및 오디오 압축기술 MPEG-2를 표준화했다. 또한 MPEG은 64Kbps보다 낮은 비트율인 PSTN이나 이동통신 전화에 응용하기 위한 압축으로 멀티미디어 응용제품 전반에 걸쳐 사용 가능한 압축기술인 MPEG-4를 표준으로 내놓았다.

3.1 기본적인 압축원리

(1) 화면의 공간적 상관관계에 따른 압축

한 화면을 최소단위로 분해하는 점을 화소(Pixel)라고 한다. 예를 들어 화면이 푸른 하늘과 바닷가의 배경일 경우 서로 이웃하는 화소가 대부분 같다. 이를 공간적 중복성이라 한다. 그러나 일반적으로 프레임당 비트수를 저장할 때 비효율적 용량을 많이 차지하게 된다. 이 문제점을 해결하기 위해 높은 압축률로 인하여 우수한 화질을 얻을 수 있는 DCT를 이용한다.

(2) 화면간 시간적 상관관계에 따른 압축

서로 이웃하는 화면들 사이에는 매우 비슷한 장면이 있다. 예로 화면에서 차가 오랫동안 정지한 경우 화면의 배경과 차는 움직이지 않았기 때문에 그 부분에서 서로 이웃하는 화면들이 같다. 이를 시간적 중복성이라 한다. 따라서 압축할 때 시간적 중복성을 고려해서 압축률을 키면 높은 압축률과 우수한 화질을 얻을 수 있다.

(3) 부호화 발생률의 편중에 따른 압축

한 화면에서의 화소당 하나씩 RGB 또는 YUV 방식으로 저장된다. 공간적 중복성의 원리를 이용한 DCT에서 수치가 같은 화소가 많이 발생하는 특징이 생긴다. 이 원리를 응용해서 양자화는 DCT를 통해 얻어진 DCT 계수 값 등을 어떤 상수들로 나눠 유효 자리의 비트 수를 줄인다. 호프만 부호는 빈번히 발생하는 데이터 코드는 적은 수의 비트로 표현하고, 빈번하지 않은 데이터는 상대적으로 많은 비트수로 표현해 전체 데이터의 크기를 줄인다.

3.2 MPEG의 특성 소개

MPEG의 기본 프레임 타입은 I 프레임, P 프레임, 그리고 B 프레임으로 분류된다.

(1) I 프레임 (Intra-coded frame)

공간적 중복성의 원리만을 이용하여 압축된 프레임을 I 프레임이다. I 프레임의 특징은 데이터 스트

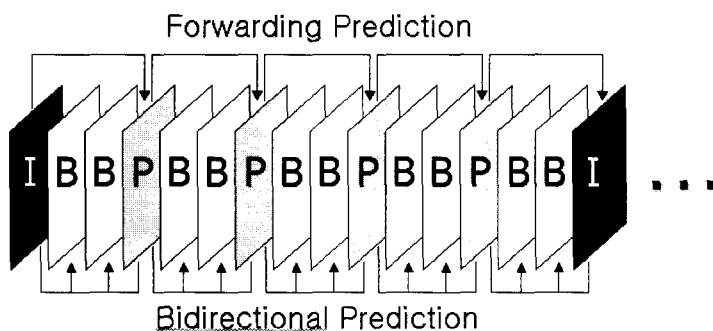
립의 어느 위치에도 올 수 있으며, 데이터의 임의 접근을 위해 사용되며, 다른 이미지들의 참조없이 부호화가 된다는 점이다. 이전 또는 이후의 다른 프레임과는 관계없이 독립적으로 하나의 프레임으로 부호화된다.

(2) P 프레임 (Predictive-coded frame)

공간적 중복성 뿐만 아니라 시간적 중복성의 원리를 이용하여 압축된 프레임이 P 또는 B 프레임이다. P 프레임의 특징은 부호화와 복호화를 할 때 이전의 I 프레임 정보와 이전의 P 프레임의 정보를 사용한다. P-프레임은 연속되는 이미지들의 전체 이미지가 바뀌는 것이 아니라 이미지의 블록이 옆으로 이동한다는 점에 착안한 것이다. 즉 움직임이 있는 경우 앞 화면에 있는 물체 자체의 모양에 큰 변화없이 옆으로 이동하는 경우가 대부분이므로, 이전의 화면과 현재의 화면 차이가 매우 적은 것을 이용해 차이 값만 부호화한다.

(3) B 프레임 (Bidirectional-coded frame)

부호화와 복호화를 할 때 이전과 이후의 I 프레임과 P 프레임 모두를 사용한다. B 프레임을 사용하면 높은 압축률을 얻을 수 있다. B-프레임은 이전의 I 또는 P 프레임과 B 프레임 이후의 I 프레임 또는 P 프레임의 차이값을 가진다. MPEG은 프레임간에 계층적 상관 관계를 가진다. P 프레임은 이전의 I 또는 이전의 P 프레임을 사용해서 재생된다. 또한 B 프레임은 이전과 이후의 P 또는 B 프레임을 사용해



[그림 3] 압축 패턴(길이=15 프레임)

[Fig. 3] Compression Pattern (length = 15 frames)

서 재생된다. 반면 I 프레임은 다른 프레임과 독립적으로 재생이 가능하다. 연속되는 프레임들을 I 프레임으로 구분하여 나타낸 구조를 GOP(Group of Pictures)라 한다. MPEG의 GOP 패턴은 기본적으로 [그림 3]과 같은 형태를 갖는다[1].

4. 제안 알고리즘

스무딩 알고리즘은 가변 비트율을 가진 비디오 스트림을 서버가 클라이언트에게 전송할 때 QoS를 보장하는 알고리즘이다. MVBA은 전송률 변화량을 최소로 하는 특징을 가지고 있다. 즉, 대역폭이 증가될 경우 서서히 증가시켜 인접하는 클라이언트가 받는 비디오 스트림에 최소한 영향을 주고 대역폭이 감소될 경우 서서히 감소시켜서 비디오 화질에 변화

로 발생하는 지연을 최소화하는 알고리즘이다. 제안된 MVBAG (Minimum Variability Bandwidth Allocation with GOP of Pictures)은 기존의 MVBA을 바탕으로 GOP단위로 전송률 변화를 조절하여 서버의 CPU 오버헤드를 줄이는 동시에 비디오 스트림의 최대 전송률을 제한하는 기능도 고려된 알고리즘이다.

4.1 MVBAG 알고리즘

제안된 MVBAG은 프레임 단위로 스무딩을 처리하지 않고 MPEG의 특성을 고려하여 GOP단위로 처리할 수 있도록 기존의 MVBA을 보완하는 동시에 최대 대역폭이 제한된 경우를 고려한 알고리즘이다. 제안된 MVBAG 알고리즘은 클라이언트가 최대 대역폭을 예약 받은 후 전송률 변화량을 최소로 하며

```

PROCEDURE MVBAG ()
Initialize queue TB and T
REPEAT
    (1) increase t, Cmax = V(first(TB)), Cmin = V(first(T))
    (2) IF Cmax < V(t) then
    (3)   REPEAT
        (4)     output (Cmax), delete (first(TB))
        (5)     Cmax = Constraint Bandwidth
        (6)     UNTIL empty (first(TB))
        (7)     delete (first(T))
        (8) ELSE IF Cmin > VB(t) then
        (9)   REPEAT
        (10)    output (Cmin), delete (first(T))
        (11)    Cmin = V(first(T))
        (12)    UNTIL empty (first(T))
        (13)    delete (first(TB))
        END IF
    (14) maintaining TB whose time is the convex lower bound of VB(t)
    (15) insert(TB, t)

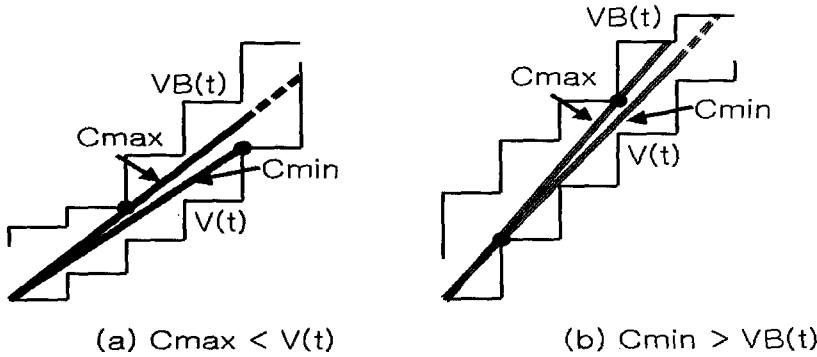
    (16) maintaining T whose time is the concave upper bound of V(t)
    (17) insert(T, t)

    (18) UNTIL t = M
END PROCEDURE

```

[그림 4] MVBAG 알고리즘

[Fig. 4] MVBAG algorithm



[그림 5] 언더플로우와 오버플로우를 방지하기 위해 전송률을 조절하는 과정
[Fig. 5] The control process of transmission rate for protecting underflow, overflow

CPU 오버헤드를 최소화하는 MPEG 서버 구축에 이용될 수 있다. [그림 4]의 MVBAG은 (1)~(13), 즉 계산된 전송률로 전송하는 경우 QoS가 보장되는지 판단하는 부분과 (14)~(17), 즉 최대 전송률과 최소 전송률을 구하는 부분으로 나뉘어진다. (1)에서 t 는 t 번째 GOP를 의미한다. $\text{first}()$ 는 큐에 있는 첫 번째 원소를 참조하고 C_{\max} 와 C_{\min} 의 초기값을 결정하는 함수이다. $V(t)$ 는 0 번째부터 t 번째 GOP까지의 누적된 비트수를 의미하고 언더플로우 경계선을 나타낸다. $V^B(t)$ 는 오버플로우 경계선을 의미한다. C_{\max} 은 t 까지 제한 영역에 있는 전송률 중에서 최대 전송률이며 C_{\min} 은 최소 전송률이다. (2)에서 (7)은 언더플로우가 발생을 막기 위한 과정으로 C_{\max} 값은 [그림 5]의 [a]와 같이 변경된다. (8)에서 (13)은 오버플로우 발생을 막기 위한 과정으로 C_{\min} 값은 [그림 5]의 [b]와 같이 변경된다. 그리고 두 번째 부분의 (14)에서 최대 오목 경계선(concave upper bound)은 t 까지 제일 높은 언더플로우 경계값을 의미한다. 또한 (16)에서 최소 볼록 경계선(convex lower bound)은 t 까지 제일 낮은 오버플로우 경계값을 의미한다. 이 값들은 T 와 TB 의 큐에 저장된다. (18)에서 M 은 MPEG으로 압축된 비디오 데이터의 GOP개수이다.

4.2 MVBAG 시간 복잡도

<표 1>은 기존 스무딩 알고리즘과 제안된 MVBAG의 시간 복잡도 비교이다. N 은 비디오 스트림을 구성하는 프레임 개수이고 M 은 GOP개수이다. GOP당 15 개의 프레임이 있으므로 $N=15M$ 이다.

<표 1> 시간 복잡도 비교
Table 1> Time Complexity comparison of smoothing algorithms

Algorithm	Object function	Complexity
CBA	전송률 변화 횟수와 변화량 최소화	$O(N)$
MCBA	전송률 변화량의 최소화	$O(N)$
RCBS	전송률 변화 횟수의 최소화	$O(N)$
ON-OFF	ON, OFF 횟수 최소화	$O(N)$
PCRTT	전송률을 조절하는 시간 간격 최대화	$O(N)$
MVBAG	GOP단위의 전송률 변화량의 최소화	$O(N)$

5. 실험 결과

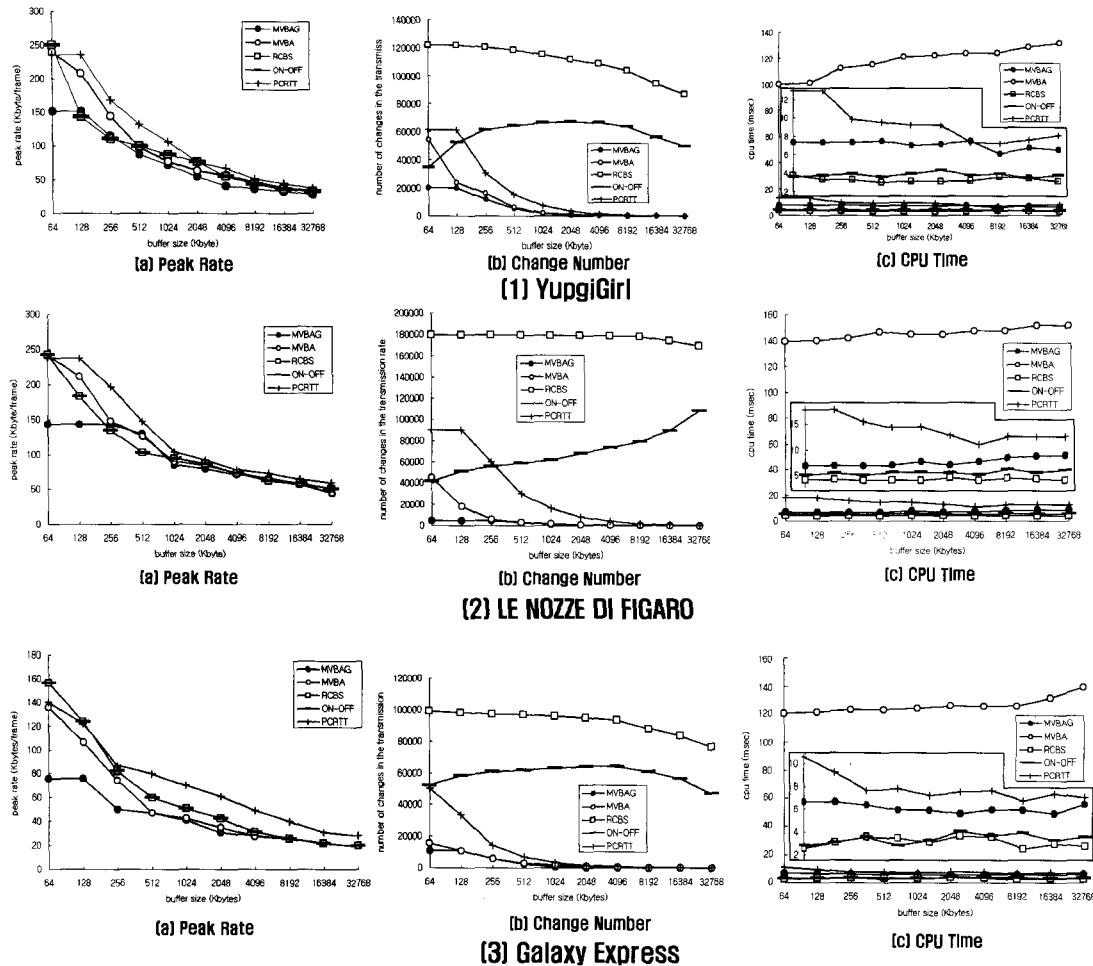
제안된 MVBAG 알고리즘과 기존 알고리즘들의 성능을 비교 평가하기 위해서 <표 2>와 같은 7개의 다양한 비디오 소스를 가지고 실험했다. Music Video는 프레임당 비트수의 변화가 심하고 News는 프레임당 비트수의 변화가 적은 비디오 소스이다. Star Wars, Jurassic Park은 프레임당 비트수 (BPF: Bits Per Frame)의 변화가 심한 특징을 가지고 있다. 엽기적인 그녀는 한국 영화, Le Nozze Di Figaro는 화면의 움직임이 적은 오페라, Galaxy Express는 만화로 소스를 설정하여 다양한 비디오 소스의 비교를 시도하였다. <표 2>는 MPEG 비디오 소스에 사용된 엔코딩 파라미터들이다.

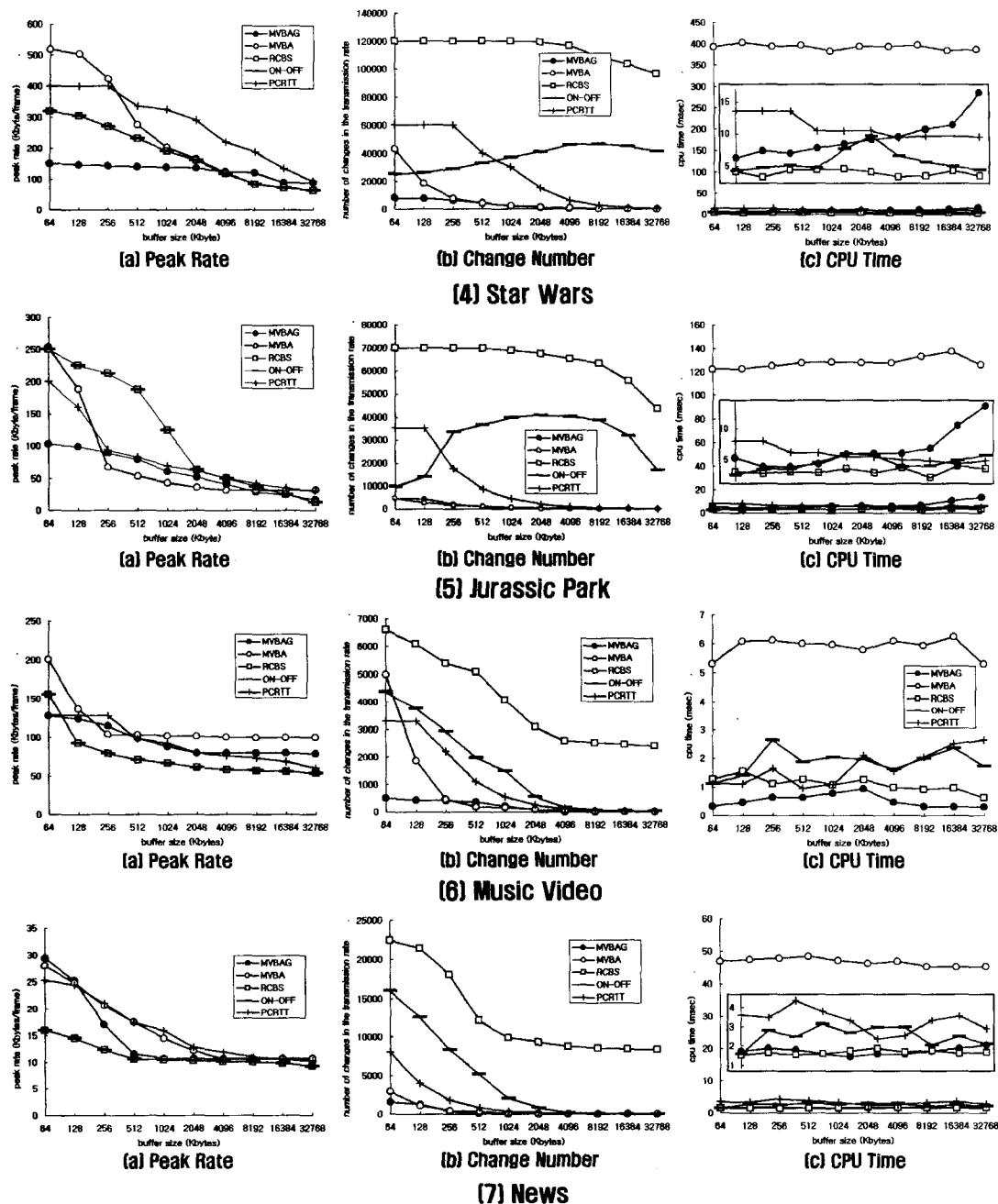
[그림 6]는 기존 스무딩 알고리즘과 MVBAG 알고리즘을 <표 2>의 비디오 소스를 사용하여 클라이언트 버퍼의 크기에 따라 최대 전송률, 전송률 변화 횟수, CPU 실행시간에 대한 비교이다. [그림 6]의 (a)은 최대 전송률과 클라이언트 버퍼에 따른 그래프의 비교로 프레임당 비트수가 작고 화질이 떨어지는 News에서 최대 전송률이 상대적으로 높았으나 다른 비디오 소스에서는 다른 스무딩 알고리즘보다 작거나 같은 최대 전송률을 보이고 있다. [그림 6]의 (b)은 전송률 변화 횟수와 버퍼에 따른 그래프의 비교로 모든 비디오 소스에서는 다른 스무딩 알고리즘에 비해 MVBAG와 MVBA는 훨씬 낮은 전송률 변화

횟수를 보이고 있다. 특히 MVBAG는 MVBA에 비해서 버퍼 크기가 작을 때 전송률 변화 횟수가 상대적으로 많았으나 버퍼 크기가 클수록 작거나 같아진다. 즉, MVBAG는 GOP 단위로 MVBA는 프레임단위로 전송률을 계산하여 GOP단위가 프레임단위보다 크기 때문에 MVBAG는 작은 버퍼 크기로 QoS을 보장하기에 다소 어려움이 생겨서 MVBA 보다 전송률 변화 횟수가 많았다. [그림 6]의 (c)은 CPU 실행 시간과 버퍼 크기의 비교로 MVBAG가 MVBA보다 실행시간이 훨씬 적게 소요되나 RCBS와 ON OFF 스무딩 알고리즘보다는 다소 많이 소요됨을 보인다. 이유는 MVBAG가 큐의 삽입과 삭제에 대한 CPU 오버헤드부분이 크기 때문에 상대적으로 크게 소요된 것이라고 본다.

<표 2> MPEG 비디오 소스의 파라미터들
<Table 2> Parameters of MPEG video sources

Video Source	Number of Frame	Avg BPF	Max BPF (Kbytes)	Min BPF (Kbytes)	GOP pattern	Resolution
YupgiGirl	211999	21.12	261.87	1.35	IBBPBBPBBPBBPBB	352*240
LE NOZZE DI FIGARO	179684	18.62	254.12	1.62		
Galaxy Express	99063	15.75	192.62	0.67		
Star Wars	11997	33.5	367.37	0.5		
Jurassic Park	70001	15.75	286.62	0.75		
Music Video	6599	72.37	220.62	58.37		
News	22409	10.5	29.37	2.75		





[그림 6] 실험결과

[Fig. 6] Experimental result

결과적으로 다른 스무딩 알고리즘에 비해 제안된 MVBAG은 최대 전송률과 전송률 변화 횟수가 비디오 소스에 따라서 작거나 같은 수치를 보인다. 또한 MVBAG은 MVBA보다는 CPU 실행시간이 평균 15 배 감소됨을 보여준다.

6. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 프레임 단위로 전송률을 제어하는 MVBA의 CPU 오버헤드를 단축하기 위해 GOP 단위로 전송률을 제어하는 MVBAG을 제안하였다. 이러한 결과로 시간 복잡도는 MVAB의 경우 $O(N)$ 인 반면에 MVBAG은 $O(M)$ 으로 감소되었다. 제안된 MVBAG 스무딩 알고리즘은 GOP 단위로 전송률을 제어하므로 서버 CPU 오버헤드가 감소되어 MPEG 서비스를 제공하는 서버에서 효율적일 수 있을 것이다. 또한 VOD 서비스시 제한된 대역폭내에서 병목 현상이 발생할 경우 MVBAG의 최대 전송률을 제한하는 기능을 이용하면 하나의 클라이언트가 필요 이상의 대역폭을 사용하는 것을 방지함으로 인해 보다 질 좋은 서비스를 제공할 것이다.

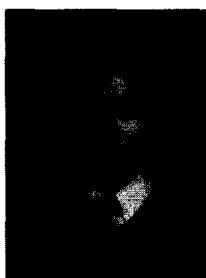
하지만, 다른 스무딩 알고리즘은 프레임단위로 전송률을 제어하지만 제안된 알고리즘은 프레임보다 큰 단위인 GOP단위로 전송률을 계산을 하므로 제안된 MVBAG에서 비디오 스트림을 잡시 저장하는 버퍼의 크기가 상대적으로 큰단점을 가지고 있다. 향후에 제안된 알고리즘에 적합한 버퍼 크기와 제어 방법에 관한 연구를 통해 보완할 예정이다.

※ 관련연구

- [1] D. Le Gall, "MPEG: A video compression standard for multimedia applications", Communications of the ACM, vol.34, pp.47-58, April 1991.
- [2] 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.
- [3] J. D. Salehi, "Scheduling network processing on multimedia and multiprocessor servers, Ph.D. dissertation, Univ. Massachusetts, Amherst, Sept. 1996
- [4] J. M. McManus et. al., Video-on-Demand Over ATM: Constant-Rate Transmission and Transport , in IEEE Journal on selected areas in comm., Vol. 14 No. 6, August 1996.
- [5] J. Kwak, M. Lee, H. Song and D. Park, "An Effective Smoothing Algorithm of VBR Video Stream over Internet", Proceedings of 29th KISS Spring Conference, vol 1, pp.436-438, April 2002.
- [6] J. Zhang and J. Hui. "Applying traffic smoothing techniques for quality of service control in VBR video transmissions." Computer Communications, pp375--389, April 1998.
- [7] J. Zhang and J. Y. Hui, Traffic Characteristics and Smoothness Criteria in VBR Video Traffic Smoothing, in Proc. of the ICMC and Systems, June 3-6, 1997, Ottawa, Ontario, Canada. IEEE Computer Society, 1997.
- [8] P. Thiran, et. al., "Network calculus applied to optimal multimedia smoothing" in INFOCOM 2001.
- [9] W. Feng, et. al., "Smoothing and buffering for delivery of prerecorded compressed video," in Proc. of ISET/SPIE Symp. on Multimedia Comp. and Networking, pp. 234-242, Feb. 1995.

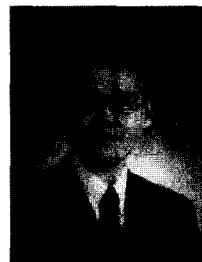
- [10] W. Feng, et.al. , "Optimal buffering for the delivery of compressed prerecorded video," Proc. of the IASTED/ISMM Intl Conference on Networks, Jaunary 1995.
- [11] W. Feng, Rate-constrained bandwidth smoothing for the delivery of stored video, in SPIE Multimedia Networking and Computing 1997.
- [12] W. Feng and J. Rexford. "Performance evaluation of smoothing algorithms for transmitting prerecorded VBR video," IEEE Trans. on Multimedia, September 1999.
- [13] 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.

이 면 재



1992.2.22 홍익대학교
전자계산학과 졸업(이학사)
1994.2.22 홍익대학교
전자계산학과 졸업(이학석사)
1994.1.1~1999.6.30
정원엔 시스템 연구소 근무
2000.3.1~ 현재
용인 송담대학 정보통신학과
겸임교수
2001.5~2002.3
코리아 홈넷 수석 연구원
2002.4.~ 현 아라마루
수석 연구원
2002.6. 홍익대학교
전자계산학과 박사과정 수료

곽 준 원



2001.2.22 홍익대학교
컴퓨터공학 졸업(공학사)
2002.6. 홍익대학교
컴퓨터공학 석사과정 재학중

송 하 윤



1991.2 서울대학교
계산통계학 졸업(공학사)
1993.2 서울대학교
전산과학 졸업(공학석사)
1995.9~2001.2 Univ. of
California, Los Angeles
Computer Science
2001.2~ 현 홍익대학교
컴퓨터공학과 교수

박 도 순



1978.2 서울대학교
전자공학 졸업(공학사)
1980.2 한국과학기술원
전자공학 졸업(공학석사)
1988.2 고려대학교 전자계산
박사 졸업(공학박사)
1980.3~1983.3
국방과학연구소 선임연구원
1983.3~ 현 홍익대학교
컴퓨터공학과 교수