

IoT 환경에서 첨두 전송률 이용률을 고려한 스무딩 알고리즘의 성능평가

이면재*
백석대학교 컴퓨터공학부 교수

Performance Evaluation of a Smoothing Algorithm Considering Peak Transmission Rate Utilization in IoT Environments

MyounJae Lee*
Professor, Division of Computer Engineering, BaekSeok University

요약 비디오 데이터를 전송하기 위해서는 네트워크 환경에 따라 전송률 변화 횟수, 첨두 전송률, 첨두 전송률 이용률과 같은 요소를 최적화한 전송 계획을 세워야 한다. 이 전송 계획을 스무딩 알고리즘이라고 하며 CBA, MCBA, MVBA 등이 있다. 본 연구에서는 첨두 전송률 이용률을 감소시키기 위한 알고리즘[18]을 다양한 스무딩 알고리즘과 버퍼 크기에서 성능을 평가한다. 평가 요소에는 전송률 변화 횟수, 첨두 전송률, 버퍼 이용률, 첨두 전송률 이용률을 사용한다. 평가 결과, 제안된 알고리즘[18]의 첨두 전송률은 CBA, MCBA, MVBA 스무딩 알고리즘과 유사하고 전송률 변화 횟수는 MVBA 스무딩 알고리즘과 비슷하고 첨두 전송률 이용률은 가장 낮은 결과를 보인다.

주제어 : 사물인터넷, 스무딩, 가변비트율, 비디오 전송, 버스트

Abstract To transmit video data, it is necessary to optimize the transmission plan by considering factors such as the number of transmission rate changes, peak transmission rate, and peak transmission rate utilization, depending on the network environment. This transmission plan is called a smoothing algorithm, with examples including CBA, MCBA, and MVBA. In this study, the proposed algorithm[18] aimed at reducing peak transmission rate utilization is evaluated for performance across various smoothing algorithms and buffer sizes. The evaluation criteria include the number of transmission rate changes, peak transmission rate, buffer utilization, and peak transmission rate utilization. The evaluation results show that the peak transmission rate of the proposed algorithm [18] is similar to those of the CBA, MCBA, and MVBA smoothing algorithms, the number of transmission rate changes is closest to that of the MVBA algorithm, and the peak transmission rate utilization is the lowest.

Key Words : IoT, Smoothing, VBR, Video Transmission, Burst

1. 서론

비디오 데이터는 압축 효율성을 극대화하기 위해 가변 비트율(Variable Bit Rate) 방식으로 저장된다. 그러나

이러한 데이터를 서버에서 그대로 전송하면 순간적으로 높은 전송률이 요구되는 버스트(Burst) 현상이 발생할 수 있다[1-5]. 이를 해결하기 위해 스무딩(Smoothing) 알고리즘이 활용되며, 이는 VBR 방식으로 저장된 비디오

*본 논문은 2024학년도 백석대학교 학술연구비 지원을 받아 작성되었음

*교신저자 : 이면재(davidlee@bu.ac.kr)

접수일 2025년 01월 04일 수정일 2025년 01월 31일 심사완료일 2025년 02월 07일

데이터를 일정한 비트율(Constant Bit Rate)로 전송할 수 있도록 조정하여 급격한 전송률 변동을 완화하는 역할을 한다[2,5].

스무딩 알고리즘은 가변 비트율로 저장된 비디오 데이터를 고정 비트율로 전송할 수 있도록 전송 계획을 세워서 급격하게 요구되는 전송률 증가 문제를 해결하기 위한 것이다[2,5].

스무딩 알고리즘에는 대표적으로 세 가지 유형이 있다. 첫 번째는 CBA (Critical Bandwidth Allocation) [6-8, 17]로, 전송 속도 증가 횟수를 최소화하는 것을 목표로 한다. 두 번째는 MCBA(Minimum Change Bandwidth Allocation)[9]이며, 전송 속도 변경 횟수를 줄이는 데 중점을 둔다. 마지막으로 MVBA (Minimum Variability Bandwidth Allocation) [10,11,12,15]에서는 전송률의 변화량을 최소화하는 것을 목적으로 한다.

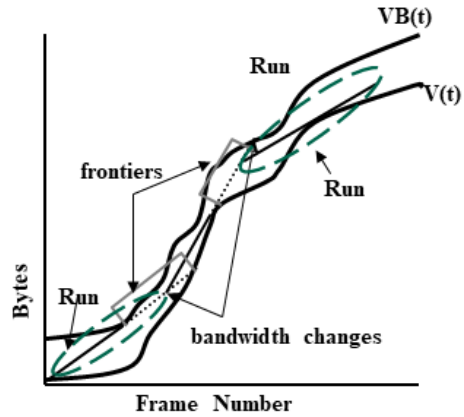
본 연구에는 새로운 전송률을 설정해야 하는 상황에서 가능한 최소한의 전송률을 적용하여 버퍼 사용량을 줄이는 동시에 다른 클라이언트들이 대역폭을 보다 효율적으로 예약할 수 있도록 설계된 제안 알고리즘[18]을 다양한 스무딩 알고리즘과 버퍼 크기에서 성능을 평가한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 스무딩 알고리즘에 대해 설명하며, 3장에서는 제안된 알고리즘[18]의 개념과 동작 방식을 다룬다. 4장에서는 제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 전송률 변경 횟수, 전송률 변화량, 침투 전송률, 침투 전송률 이용률, 버퍼 이용률 등의 요소를 기준으로 CBA, MCBA, MVBA 스무딩 알고리즘과 비교 및 분석을 수행한다. 마지막으로, 5장에서는 연구의 결론을 정리하고 향후 연구 방향에 대해 논의한다.

2. 스무딩 알고리즘

비디오 데이터는 프레임마다 서로 다른 크기의 비트 수를 가질 수 있으며, 이를 일정한 크기로 조정하여 전송하는 계획을 수립하는 것이 중요하다. 이때 효과적인 전송 계획을 수립하기 위해서는 각 프레임을 구성하는 비트 수와 클라이언트의 버퍼 크기에 대한 고려가 필요하다.

프레임별 누적된 비트 수는 언더플로우(Underflow) 경계선(V(t))으로 표현되며, 이를 기반으로 전송 계획이 수립된다. 오버플로우(Overflow) 경계선은 언더플로우 경계선에 클라이언트의 버퍼 크기(b)를 더한 값으로 정



[Fig. 1] Principal of Smoothing algorithm

의된다. 이러한 개념을 활용하여 스무딩 기법을 적용하면, 보다 안정적인 비디오 데이터 전송이 가능하다. [Fig. 1]은 이 스무딩 기법의 원리를 나타낸다. f_i 는 i 번째 프레임의 비트 수이다. 언더플로우 경계선 $V(t)$ [13]는 0번째 프레임부터 t 번째 프레임까지의 비트 수의 합이다. 전송 계획에서 세워진 전송률이 언더플로우 경계선보다 낮은 경우 언더플로우가 발생된다.

$$V(t) = \sum_{i=0}^k f_i \dots\dots\dots \text{식(1)}$$

$$VB(t) = b + \sum_{i=0}^k f_i \dots\dots\dots \text{식(2)}$$

오버플로우 경계선을 나타내는 $VB(t)$ 는 특정 프레임의 언더플로우 경계선에 클라이언트 버퍼 크기를 더한 값으로 정의된다. 스무딩 알고리즘을 적용한 전송 계획이 이 경계선을 초과하면, 클라이언트 측에서 오버플로우가 발생할 수 있다. 따라서, 서버는 데이터 전송이 언더플로우 경계선과 오버플로우 경계선 사이에서 이루어지도록 계획을 수립해야 한다.

스무딩 알고리즘을 활용한 전송 계획에서는 여러 프레임을 동일한 전송률로 전송할 수 있으며, 이러한 구간을 런(Run)이라고 한다. 또한, 연장 구간(Frontier)은 동일한 전송률로 전송할 수 있는 마지막 프레임 이후에도 QoS(Quality of Service)를 보장하면서 연속적으로 전송할 수 있는 프레임들의 범위를 의미한다.

이러한 개념을 바탕으로 다양한 스무딩 기법이 개발되어 왔으며, 대표적으로 CBA, MCBA, MVBA 알고리즘이 있다.

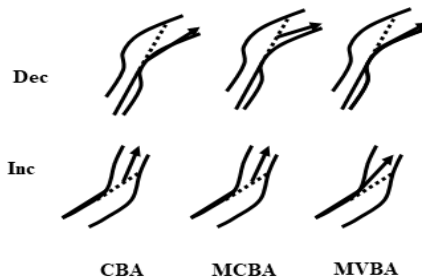
CBA 알고리즘은 전송률 변경 횟수를 최소화하는 것

을 목표로 한다. 전송률 증가가 필요한 경우, 연장 구간에서 새로운 전송률로 가장 많은 프레임 전송할 수 있는 지점을 찾아 해당 프레임 이전까지를 하나의 런으로 구성한다. 이렇게 하면 전송률이 증가할 때 가능한 많은 프레임이 동일한 전송률로 전송된다. 반대로, 오버플로우를 방지하기 위해 전송률 감소가 필요한 경우에는 연장 구간 이전 프레임까지를 하나의 런으로 설정한다.

MCBA 알고리즘은 전송률의 변화 횟수를 더욱 최소화하는 방식으로 설계되었다. 전송률의 증가 또는 감소가 필요한 경우, 연장 구간 내에서 새로운 전송률로 가장 많은 프레임을 전송할 수 있는 지점을 찾아 해당 프레임 이전까지를 하나의 런으로 설정한다.

MVBA 알고리즘은 전송률 변화량 자체를 최소화하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 연장 구간 내에서 전송률 변화량이 가장 적은 첫 번째 프레임을 새로운 전송률로 설정하여 전송을 수행한다.

이러한 알고리즘의 전송률 변화 과정은 [Fig. 2]에서 확인할 수 있다.



[Fig. 2] CBA, MCBA, MVBA Algorithm[18,19]

3. 제안 스무딩 알고리즘

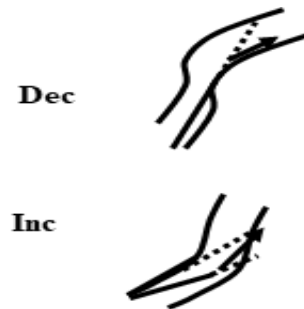
MVBA 알고리즘에서는 전송률 증가가 필요할 경우, 현재 구간의 시작 프레임부터 선택된 프레임까지의 최소 전송률을 해당 구간의 전송률로 설정한다. 반면, CBA 알고리즘은 전송률 증가 횟수를 줄이기 위해, 새로운 전송률로 가장 많은 프레임을 전송할 수 있는 프레임을 새로운 구간의 시작 지점으로 선택한다. MCBA 알고리즘은 전송률 증가와 감소가 필요한 경우 모두에서 전송률 변화 횟수를 최소화하기 위해, 가장 많은 프레임을 새로운 전송률로 전송할 수 있는 프레임을 새로운 구간의 시작 프레임으로 설정하는 방식을 따른다.

[18]에서 제안된 알고리즘은 전송률 변화가 필요한 상

황(증가 또는 감소)에서, 선택된 프레임까지의 QoS를 보장하는 전송률 중 최소 전송률을 해당 구간의 전송률로 결정하는 방식을 적용한다. 전송률 증가가 필요한 경우, MVBA 알고리즘과 마찬가지로 연장 구간의 첫 번째 프레임을 다음 런의 시작 프레임으로 설정하여 전송률 증가량을 최소화한다. 전송률 감소가 필요한 경우, QoS를 유지하면서 허용 가능한 최소 전송률을 선택하여 현재 구간의 마지막 프레임으로 설정한다.

이러한 방식을 적용하면, 전송률 증가량을 최소화하는 동시에, 전송률 감소가 필요할 때에도 낮은 전송률을 유지할 수 있는 전송 계획을 수립할 수 있다. 결과적으로, 각 런에서 낮은 전송률을 유지하면서도 비디오 프레임을 안정적으로 전송할 수 있으며, 새로운 전송률을 설정해야 하는 경우에는 가능한 낮은 전송률을 할당할 수 있다는 장점이 있다. 이로 인해 전체적인 평균 전송률을 낮추는 효과도 기대할 수 있다.

[Fig. 3]은 제안된 스무딩 알고리즘[18]에서의 전송 계획을 보여준다.



[Fig. 3] The Proposed Smoothing Algorithm[18]

〈표 1〉은 의사 코드를 표현한다. t 는 프레임 번호를 나타내며 q 는 버퍼에 채워져 있는 바이트 수이고, t_s 는 런의 시작 프레임을 나타낸다. n 은 비디오 스트림을 구성하는 프레임 개수이다. C_{max} 와 C_{min} 은 각각 이전 프레임까지 QoS를 보장하는 전송률 중에서 최대 전송률과 최소 전송률을 의미한다.

단계 (2)는 런의 시작 프레임부터 현재 검색중인 프레임 t 까지의 언더플로우 경계선과 만나는 지점(Under_t)와 오버플로우 경계선과 만나는 지점(Over_t)를 계산한다. t 프레임에서 C_{max} 와 C_{min} 은 Under_t와 Over_t 영역 안에 있어야 한다. C_{max} 와 C_{min} 이 이 영역을 벗어나는 경우 언더플로우와 오버플로우가 발생된다. 단계 (3)에서 (7)까지는 프레임 t 에서의 Under_t가 C_{max} 보다 크거나 Over_t

가 C_{min} 보다 작게 된다면, 즉 QoS를 보장하는 범위를 벗어난다면 련의 시작 프레임부터 프레임 (t-1)까지의 전송률을 C_{min} 으로 설정하고 프레임 (t-1)을 ts로 할당하고 t 프레임을 ts로 대입하여 다음 련의 시작 프레임을 t 프레임이 되도록 한다. $output(ts\sim t-1, b_{(t-1)})$ 는 프레임 ts부터 프레임 (t-1)까지의 전송률을 $b_{(t-1)}$ 로 설정하는 함수이다.

<Table 1> Pseudo code

```

proposed Algorithm( )
    t=1, ts=1, C_max=b
    C_min=size of 1st frame, q=0;
    n=the number of last frame
    REPEAT
    (1) set t=t+1
    (2) Under=(VB(t)-(V(ts)+q)/(t-ts),
        Over=(VB(t)-(V(ts)+q)/(t-ts)
    (3) IF (C_max < Under) Or (C_min > Over)
    (4)     b_{(t-1)}=Cmin;
    (5)     output(ts-t-1, b_{(t-1)})
    (6)     ts=t-1
    (7) ENDIF
    (8) compute C_max, C_min, q
    (9) UNTIL t == n
    END PROCEDURE
    
```

4. 성능 평가

본 연구에서는 MPEG-2 형식으로 저장된 비디오 데이터를 활용하였으며, 각 프레임을 구성하는 바이트 수

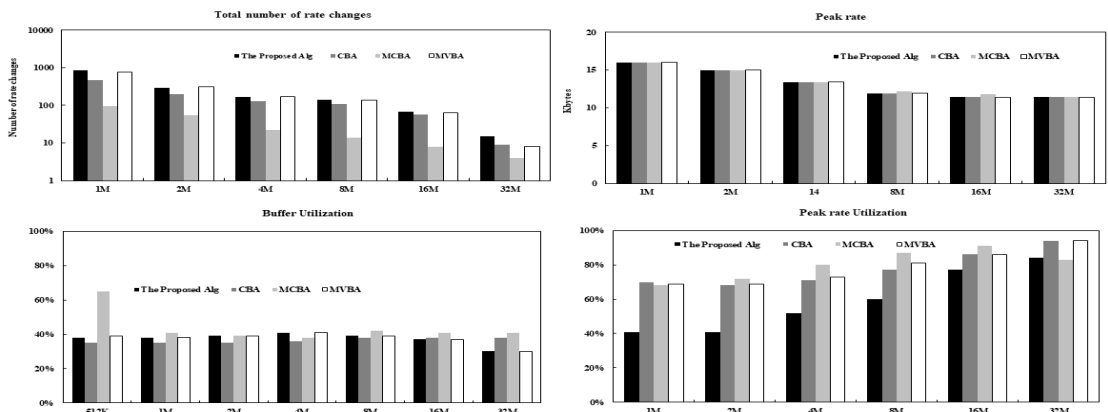
가 기록된 데이터를 사용하였다[12,14,15,16]. <표 2>는 MPEG-2 형식의 비디오 소스에 대한 다양한 파라미터를 정리한 것으로, 단위는 KB이다. 여기에서 Length는 비디오의 재생 시간(단위: 분)을 의미하며, Ave는 프레임을 구성하는 바이트 수의 평균값을 나타낸다. 또한, Max와 Min은 각각 프레임 당 최대 및 최소 바이트 수를 의미하며, Std. Dev는 프레임 당 바이트 수의 표준 편차를 나타낸다. 표준 편차 값이 클수록 프레임을 구성하는 바이트 수의 변동 폭이 크다는 것을 의미한다.

본 연구에서는 제안된 알고리즘[18]과 다른 스무딩 알고리즘의 성능을 비교하기 위해 클라이언트 버퍼 크기를 1MB부터 32MB까지 설정하여 실험을 진행하였다. 실험 환경으로는 [18]연구와 동일한 환경으로 Intel 3.9GHz 프로세서와 8GB 메모리를 갖춘 컴퓨터를 사용하였다.

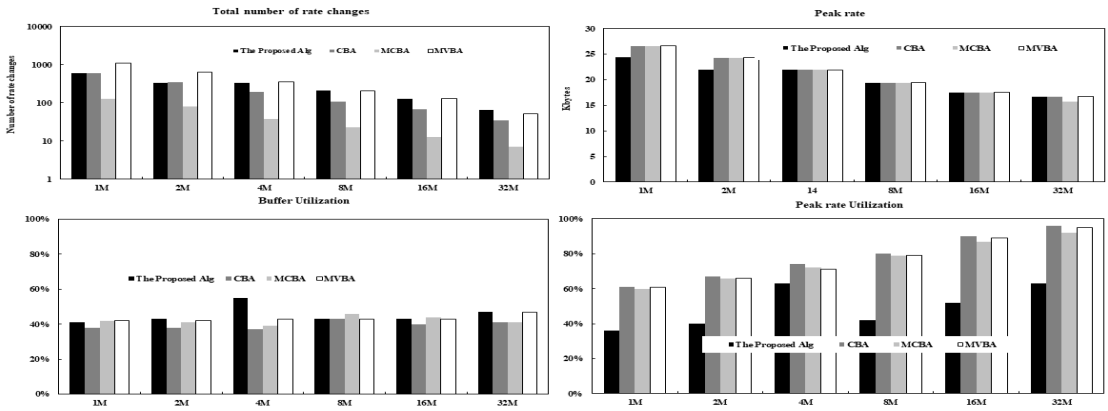
비디오 소스 중 1993 Final Four는 프레임 당 바이트 수 변동 폭이 가장 큰 데이터이며, 세미나 비디오는 상대적으로 변동 폭이 매우 적은 데이터로 선정되었다. 제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 전송률 변화 횟수, 첨두 전송률, 버퍼 이용률, 첨두 전송률 이용률의 지표를 비교하였다.

<Table 2> MPEG Video Parameters

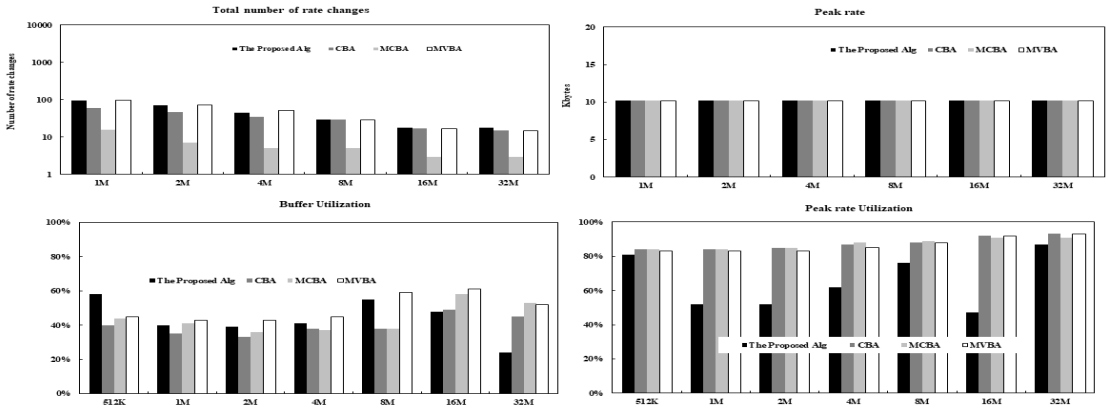
Name	Length	Ave	Max	Min	Std.Dev
Crocodile Dundee	94	2.59	18.98	1.233	2.281
E.T.100	110	2.17	19.49	2.278	2.513
Seminar	63	2.07	10.71	7.012	0.578
1993 Final Four	41	3.95	28.872	2.504	4.041



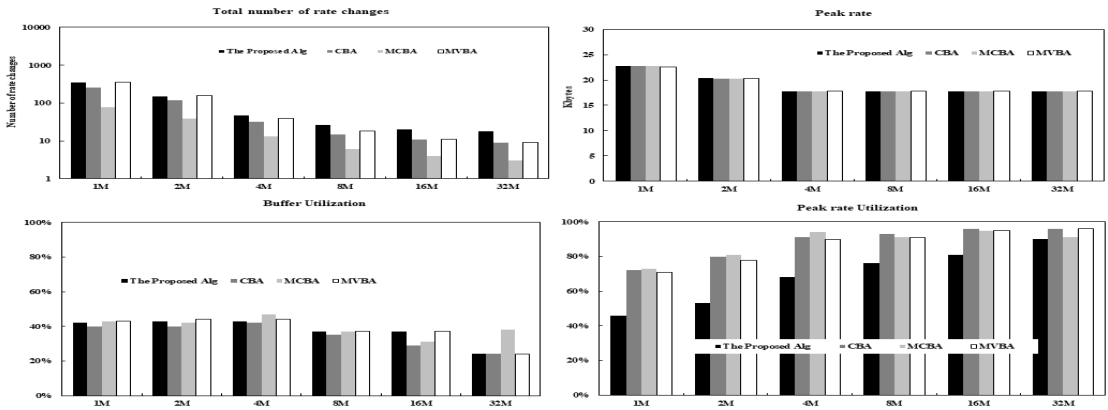
[Fig. 4] Comparison of the number of rate changes, peak rate, buffer utilization, and peak rate utilization for Crocodile Dundee



[Fig. 5] Comparison of the number of rate changes, peak rate, buffer utilization, and peak rate utilization for E.T. 100



[Fig. 6] Comparison of the number of rate changes, peak rate, buffer utilization, and peak rate utilization for Seminar



[Fig. 7] Comparison of the number of rate changes, peak rate, buffer utilization, and peak rate utilization for 1993 Final Four

[Fig. 4]는 Croc Dundee에 대한 비교 결과이다. 전송률 변화 횟수(Total number of rate changes) 비교에서는 전송률 변화 횟수를 최소화하는 MCBA 알고리즘이 가장 적다. 제안된 알고리즘은 새로운 구간의 전송률을 QoS를 보장하는 전송률들 중에서 가장 낮은 전송률을 새로운 구간의 전송률로 설정하기 때문에 한 개의 런으로 보낼 수 있는 프레임의 개수가 적어서 가장 많다. 첨두 전송률 비교에서는 모든 알고리즘에 비슷하다. 버퍼 이용률 비교에서 제안된 알고리즘은 버퍼 크기가 커질수록 버퍼 이용률이 낮아지는데 이는 QoS를 보장하는 전송률 중에서 가장 낮은 전송률로 전송하기 때문에 언더플로우 경계선에 근접해서 전송 계획을 세우기 때문이다. 첨두 전송률 이용률은 제안된 알고리즘에서 가장 낮는데 이는 첨두 전송률은 비슷한데 새로운 런의 전송률을 가장 낮은 전송률로 설정하기 때문이다.

[Fig. 5]는 E.T. 100 비디오 데이터를 사용하여 각 스무딩 알고리즘의 성능을 평가한 결과이다. 전송률 변화 횟수 비교는 Croc Dundee 비디오 데이터에서와 같이 MCBA 알고리즘이 가장 적고 제안된 알고리즘은 MBVA 알고리즘과 유사한 결과를 보인다. 첨두 전송률 비교에서는 버퍼 크기가 1MB인 경우에는 제안 알고리즘이 우수하고 이를 제외한 다른 버퍼 크기에서는 비슷함을 보인다. 제안된 알고리즘의 첨두 전송률 이용률이 가장 낮는데 이는 Croc.Dundee 비디오 데이터의 경우와 동일한 이유 때문이다.

[Fig. 6]은 Seminar 비디오 데이터에 대한 비교 결과이다. MCBA 알고리즘의 전송률 변화 횟수가 가장 적고 제안된 알고리즘[18]의 전송률 변화 횟수가 가장 많고 CBA, MVBA 알고리즘의 전송률 변화 횟수가 중간 정도에 위치하고 있다.

[Fig. 7]은 1993 Final Four 비디오 데이터로 제안된 알고리즘과 다른 스무딩 알고리즘을 비교한 결과이다. 제안된 알고리즘의 경우 다른 비디오 데이터의 실험에서와 같이 전송률 변화 횟수가 Croc.Dundee와 E.T 100 비디오 데이터에서와 같이 제안된 알고리즘의 첨두 전송률은 다른 알고리즘과 유사하고 첨두 전송률 이용률은 가장 낮다.

실험결과를 보면, 제안된 알고리즘[18]은 전송률 변화 횟수가 많아 전송률 변화가 잦은 네트워크 환경에 빠르게 적응하지만, 너무 빈번할 경우 네트워크 오버헤드가 발생할 수 있는 문제점을 갖고 있다. 특히 버퍼 크기가 적은 1MB와 2MB인 경우 제안된 알고리즘[18]의 전송률 변화횟수는 가장 높거나 비슷한 경우가 많았다.

제안된 알고리즘[18]은 다른 CBA, MCBA, MVBA 알고리즘보다 첨두 전송률 이용률이 낮아, 네트워크 자원을 공유하는 환경에서 네트워크 자원이 특정 사용자에게 집중되는 것을 방지할 수 있다. 특히 버퍼 크기가 작은 1MB에서 2MB에서는 네트워크를 더 공정하게 공유할 수 있어, 다수의 클라이언트가 안정적으로 통신 가능할 수 있다. 따라서 제안된 알고리즘[18]은 네트워크 자원 분배를 중요하게 고려하는 환경에서 유리할 수 있으며, 여러 사용자가 네트워크를 공유하는 환경(예: 스트리밍 서비스, 무선 네트워크)에서 효과적인 성능을 발휘할 가능성이 높다.

5. 결론 및 추후 연구방향

본 연구에서는 첨두 전송률 이용률을 효과적으로 줄일 수 있는 스무딩 알고리즘[18]을 다양한 버퍼 크기와 스무딩 알고리즘으로 성능을 평가하였다. 실험에서는 Croc Dundee, E.T.100, Final Four 등의 비디오 데이터를 활용하였으며, 버퍼 크기는 1MB에서 32MB까지 다양한 범위로 설정하였다. 제안된 알고리즘[18]의 성능을 평가하기 위해 CBA, MCBA, MVBA 알고리즘과 비교하였으며, 주요 비교 요소로 전송률 변화 횟수, 첨두 전송률, 버퍼 이용률, 첨두 전송률 이용률을 분석하였다. 연구 결과, 전송률 변화 횟수는 MVBA 알고리즘보다 많았지만, 첨두 전송률 측면에서는 다른 알고리즘과 유사한 성능을 보였다. 특히, 첨두 전송률 이용률에서는 우수한 결과를 나타냈다. 따라서 제안 알고리즘은 네트워크 대역폭을 공유하는 서버에서 하나의 클라이언트가 오랫동안 독점하지 않고 다른 클라이언트들이 사용할수 있도록 네트워크 대역폭을 공유하는 환경에서 유익할 것이다. 향후 연구에서는 본 알고리즘을 네트워크 트래픽을 고려한 환경에서 다른 스무딩 알고리즘과 비교 분석할 계획이다.

REFERENCES

- [1] D. Le Gall, "MPEG: A video compression standard for multimedia applications", Communications of the ACM, Vol.34, No.4, April, pp.47-58, 1991.
- [2] W.Feng, "Rate-constrained bandwidth smoothing for the delivery of stored video", in SPIE Multimedia Networking and Computing, Vol.30, No.20, pp.316-327, 1997.

- [3] Ray-I chang, Meng-Chang Chen, Jan-Ming Ho and Ming-Tat Ko, "Schedulable Region for VBR Media Transmission with Optimal Resource Allocation and Utilization", infsci(1~2), Vol.141, No.1-2, pp.61-79, 2002.
- [4] W.Feng, F.Jahanian, S.Sechrest, "An Optimal Bandwidth Allocation Strategy for the Delivery of Compressed Pre-recorded Video", ACM/Springer-Verlag Multimedia Systems, Vol.5, No. 5, pp.297-309, Sept 1997.
- [5] MyounJae Lee, et.al, "An Efficient Smoothing Algorithm for Video Transmission at Variable Bit Rate", KIPS Transactions on Computer and Communication Systems, Vol.11, No.7, pp.1009-1022, 2004.
- [6] MyounJae Lee, "Video Data Transfer Algorithms for Efficient Use of Network Bandwidth", Journal of Next-generation Convergence Information Services Technology, Vol.10, No.1, pp.11-20, 2021.
- [7] MyounJae Lee, "Performance Evaluation of Smoothing Algorithm for Efficient Use of Network Resources in IoT environments", Journal of The Korea Internet of Things Society, Vo.7, No.2, pp.47-53, 2021.
- [8] W. Feng, S. Sechrest, "Critical Bandwidth Allocation for the Delivery of Compressed Pre-recorded Video", Computer Communications, Vol.18, No.10, pp.709-717, 1995.
- [9] W. Feng, et. al., "Smoothing and buffering for delivery of pre-recorded compressed video", in Proc. of ISET/SPIE Symp. on Multimedia Comp. and Networking, Vol.18, No.10, pp.234-242, 1995.
- [10] J. McManus and K.Ross, "Video on demand over ATM: Constant-rate Transmission and Transport", in proc.of ACM SIGMETRICS, Vol.14, No.6, pp.222-231, May 1996.
- [11] J. Zhang and J. Hui. "Applying traffic smoothing techniques for quality of service control in VBR video transmissions", Computer Communications, Vol.21, No.4, pp.375-389, 1998.
- [12] J. Zhang and J. Y. Hui, "Traffic Characteristics and Smoothness Criteria in VBR Video Traffic Smoothing", in Proc. of the ICMC and Systems, Vol.1, pp.3-11. 1997.
- [13] P. Thiran, et. al., "Network calculus applied to optimal multimedia smoothing", Proceedings IEEE INFOCOM 2001, Vol.3, pp.1474-1483, 2001.
- [14] Han-Chieh Chao, C.L.Hung, "Efficient Changes and Variability Bandwidth Allocation for VBR Media Streams", IEEE International Conference on Communications. Conference Proceedings, Vol.12, pp. 179-185, 2001.
- [15] 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, Vol.6, No.4, pp.222-231, 1996.
- [16] W. Feng and J. Rexford. "Performance evaluation of smoothing algorithms for transmitting pre-recorded VBR video", IEEE Trans. on Multimedia, Vol.14, No.6, pp.302-312, 1999.
- [17] Wu-chi Feng, Ming Liu, "Critical Bandwidth Allocation Technique for Stored Video Delivery Across Best-Effort Network", Vol.18, No.5, pp.25, (OSU-CISRC-8/98-TR32) 1998.
- [18] MyounJae Lee, "Smoothing Algorithm Considering Peak Rate Utilization in IoT Environment", Journal of KIOTS, Vol.10, No.3, pp.21-26, 2024.
- [19] MyounJae Lee, "Smoothing Algorithm Considering Server Bandwidth and Network Traffic in IoT Environments", Vol.8, no.1, pp.53-58, 2022.

이 면 재(MyounJae Lee)

[중심회원]



■ 2009년 3월 ~ 현재 : 백석대학교
컴퓨터공학부 교수

〈관심분야〉

사물인터넷, 게임, MPEG