Journal of Digital Contents Society Vol. 16 No. 3 Jun. 2015(pp. 365-371)
http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2015.16.3.365

무선 네트워크에서 비디오 스트리밍의 버퍼 오버플로우를 해결하기 위한 토큰버킷 기법

이현노*, 김동희**

요 약

무선 네트워크 환경에서 수신측의 재생 버퍼에 있는 비디오 스트리밍 패킷 정보량은 무선 네트워크 상태에 따라 가변될 수 있다. 이것의 영향으로 예상치 못한 지연과 지터가 발생하고 그에 따라 군집적인 비디오 트래픽이 생성이 될 수 있다. 수신측 재생 버퍼에 들어오는 버퍼 정보량이 특정 버퍼량보다 많아지면 버퍼 오버플로우(buffer overflow)문제가 발생한다. 목적지 수신 버퍼에서 비디오 스트리밍을 서비스 할 경우 이러한 오버플로우 문제는 비디오 스트리밍 서비스의 스킵(skip)현상 및 패킷 손실로 인한 영상의 손실을 일으켜 비디오 품질 저하 및 재생의 불연속성을 발생시킨다. 따라서 본 논문에서는 무선 네트워크 환경에서 비디오 스트리밍의 버퍼 오버플로우 문제를 해결하기 위하여 군집적인 트래픽을 대비하기 위한 토큰 버킷(Token Bucket)기법을 수신측 단말에 적용하고 그 효과를 분석하였다. NS-2(Network Simulation-2)와 JSVM(Joint Scalable Video Model)을 이용하는 모의실험 결과는 제안하는 방법이 오버플로우 발생 횟수, 패킷 손실 비율, PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)측면에서 우수함을 확인할 수 있었다.

키워드 : 무선 네트워크, 비디오 스트리밍, 토큰버킷, 버퍼 오버플로우, PSNR

The Token Bucket Scheme to solve Buffer Overflow of Video Streaming in Wireless Network

Hyun-No Lee*, Dong-Hoi Kim**

Abstract

In wireless network, the amount of video streaming packet information in receiver replay buffer can be varied according tothe wireless network condition. By the effect, unforeseeable delay and jitter are generated and then busty video traffics can be made. If the amount of buffer information coming in receiver replay buffer is larger than the amount of a specific buffer information, buffer overflow is generated. Such a problem makes the image skip effect and packet loss, and then causes the quality degradation and replay discontinuity of the video streaming service in destination receiver. To solve the buffer overflow problem, this paper applies the token bucket for the busty traffic to the receiver terminal and analyzes the effect of the token bucket. The simulation result using NS-2 and JSVM shows that the proposed scheme with the token bucket has significantly better performance than the conventional scheme without the token bucket in terms of overflow generation number, packet loss rate and PSNR.

Keywords : Wireless network, Video streaming, Token bucket, Buffer overflow, Peak signal to noise ratio

1. 서론

무선 환경에서 실시간 비디오 스트리밍 제공

※ Corresponding Author : Dong-Hoi Kim
Received : March 30, 2015
Revised : May 20, 2015
Accepted : May 30, 2015
* Dept. of Electrical and Electronic Engineering, College of Information Technology, Kangwon National University

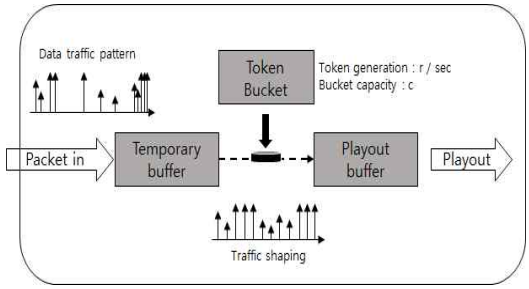
Tel: +82-33-250-6349, Fax: +82-33-259-5674
email: donghk@kangwon.ac.kr
** Dept. of Electrical and Electronic Engineering, College of Information Technology, Kangwon National University

에 있어 만족스러운 품질 서비스가 이루어져야 하며 QoS를 만족시켜야 한다. 이러한 스트리밍 서비스에 있어서 QoS개선을 위한 연구가 진행되어 왔으며 스트리밍 서비스에서 대역폭 제한으로 인한 서비스 지연 및 지터 등으로 발생되는 QoS문제를 해결하기 위한 연구로 트랜잭션의 관리기법이 연구되었다[1]. 또한 스트리밍 서비스 시 종단 간 품질에 있어 중요한 고려사항 중 하나가 재생 품질 보장이다. 수신측 재생 버퍼에 채워져 있는 패킷의 양은 무선 네트워크 상황에 따라 시간적으로 가변하며 네트워크 혼잡에 의한 재생의 멈춤 또는 스킵과 같은 불연속적인 프레임의 재생뿐만 아니라 특정 패킷의 손실로 인한 화질 저하 등과 같은 재생 품질 손상들이 발생한다[2][3]. 이러한 문제를 해결하기 위해 무선 네트워크에서 재생 품질을 보장하기 위한 기법에는 여러 가지가 있다. 사용자 체감 품질을 만족시키기 위하여 최소 재생 버퍼 레벨을 보존하여 가변적인 무선 네트워크 환경에서도 재생의 끊김 현상, 재생 중 비디오 품질의 급격한 변화 등을 효율적으로 방지하는 비트율 적응 알고리즘을 제시한다[4]. 그리고 무선 네트워크에서 교차 계층에 기반한 네트워크 적응형 비디오 스트리밍 기법에 대해서도 제안한다. 비디오 전송자는 매체 엑세스 제어 계층과 물리계층의 상태를 측정하여 시간적으로 변하는 무선 채널 상태를 예측한다. 예측된 채널 상태 정보는 무선 네트워크 적응형 비디오 전송을 제어하기 위해 사용된다[5]. 본 논문에서는 수신측 재생 버퍼로 불규칙하게 들어오는 패킷을 제어하기 위해 토큰 버킷(Token Bucket) 기법을 사용하게 된다. 토큰 버킷은 단위 시간동안 생성되는 토큰의 수와 버킷의 용량을 파라메타로 설정함으로써 토큰에 따라 버퍼로 유입되는 트래픽을 제어할 수 있다. 이러한 토큰 버킷 기법은 흐름제어와 데이터 트래픽의 트래픽 성형을 위한 통신시스템에 널리 적용되고 있다. 토큰 버킷의 파라미터인 초당 토큰 재생률과 버킷의 최대 용량들을 조절하여 패킷 손실률을 감소시키기 위한 연구가 있었으며[6], 멀티미디어 서비스에서 서비스 품질을 보장하기 위해 토큰버킷을 이용한 대역폭 할당 방식을 사용하였다[7]. 본 논문에서 제안한 토큰버킷 기법은 무선 네트워크 환경에서 트래픽의 혼잡으로 인해 예상치 못한 지연과 지터가 발생했을 경우 수신측 재생버퍼로 불규칙하게 들어오는 패킷들에 대해 토큰을 사용하여 어느 정도 규칙적으로 성형해주게 된다. 이 방법을 사용하여 우수한 성능을 나타낼 수 있다는 것을 시뮬레이션 성능 분석을 통하여 나타내고 있다. 본 논문의 2장에서는 제안하는 기법인 수신단에서의 토큰버킷 기법을 통해 비디오 스트리밍의 연속성을 방해하는 오버플로우 문제를 해결하기 위한 시스템 모델에 대해 설명한다. 3장에서는 제안하는 기법의 성능을 분석하기 위한 시뮬레이션 기법에 대해 소개하고 4장에서는 시뮬레이션 결과에 대해 성능 분석을 하며 5장에서는 결론을 제시한다.

2. 오버플로우를 해결하기 위한 시스템 모델

본 논문에서는 재생 품질을 손상시키는 요소인 오버플로우를 해결하기 위해 토큰 버킷 기법을 사용하게 된다. (그림 1)은 토큰버킷 기법이 적용된 수신기의 구조를 나타내는 그림이다. 토큰 버킷 기법의 경우 무선 네트워크의 영향으로 인해 수신측으로 불규칙하게 들어오는 트래픽에 대해 보정해 주는 역할을 하게 된다. 예를 들어, 군집 패킷이 수신측으로 유입된다고 가정했을 때, (그림 1)과 같이 먼저 임시버퍼(Temporary buffer))에 저장되고 그 후에 토큰 버킷 기법을 통해 한 패킷에 대해 하나의 토큰을 소비함으로써 제한된 토큰의 개수 내에서의 패킷만을 허용하게 된다. 이와 같은 상황에서는 군집 패킷들로 인한 수신측 재생 버퍼의 포화상태를 방지 할 수 있을 것이다.

(그림 1) 토큰버킷 기법이 적용된 수신기의 구조



(Figure 1) The receiver structure with token-bucket scheme

좀 더 자세히 설명하자면 (그림 1)에서 보듯이 수신측으로 들어오는 비디오 데이터 트래픽의 형태는 무선 네트워크의 혼잡.지연에 의해 불규칙한 형태를 가정한다. 불규칙한 데이터의 유입은 먼저 임시 버퍼에 저장된다. 그 후 토큰 버킷 기법을 적용하여 재생버퍼로 들어가는 비디오 패킷의 양을 제어하게 된다(Traffic shaping). 토큰 버킷은 비디오 패킷이 전송될 때 마다 하나의 토큰을 제거하게 된다. 그러므로 토큰 버킷의 토큰 카운터가 0이 되면 수신측 재생 버퍼에서는 비디오 패킷을 받을 수 없다. 또한 초당 생성되어 버킷에 추가되는 토큰은 버킷의 최대 용량을 넘을 수 없다. 토큰이 저장되어 있는 버킷의 용량을 c, 초당 생성되는 토큰의 수를 r이라고 할 때 임의의 시간간격 $\triangle t$동안에 재생 버퍼로 들어올 수 있는 비디오 패킷의 최대 수($Nmax$)와 토큰 버킷의 최대 평균속도($AVmax$)는 식(1)과 식(2)와 같이 표현된다.

$$Nmax = r \times \triangle t \times c \quad (1)$$

$$AVmax = \frac{Nmax}{\triangle t} \quad (2)$$

식(1)과 식(2)를 통하여 토큰 버킷을 사용함으로써 무선 네트워크의 평균 패킷 속도를 제한할 수 있다는 것을 의미한다[8]. 전송하기에 충분한 패킷이 임시 버퍼에 저장되어 있다고 가정할 경우에 전송되는 패킷의 최대 크기($Ptxmax$)에 따라, 토큰 생성에 따른 유입 가능한 최대 패킷량($Ptokenmax$)과 버킷 용량에 따른 유입 가능한 최대 패킷량($Pbucketmax$) 식(3)과 식(4)로 표현될 수 있다. 또한 재생량($Lplayout$)은 단위 시간당 재생 버퍼에서 재생되어 나가는 패킷의 양($\triangle P$)으로 계산되며 식(5)와 같다.

$$Ptokenmax = Ptxmax \times r \quad (3)$$

$$Pbucketmax = Ptxmax \times c \quad (4)$$

$$Lplayout = \triangle P \times \triangle t \quad (5)$$

재생 버퍼가 비었다고 가정 했을 경우에 식(6)과 같이 단위시간 $\triangle t$ 동안에 수신측 재생버퍼로 유입되는 패킷의 양은 재생버퍼의 최대 용량($Bmax$)에 재생량($Lplayout$)을 합한 값보다 적거나 같아야 버퍼의 포화상태를 방지할 수 있다.

$$(Ptokenmax \times \triangle t) + Pbucketmax \leq Bmax + Lplayout \quad (6)$$

또한 식(7)과 같이 토큰 생성에 따른 유입 가능한 패킷이 재생량보다 클 경우에는 오버플로우 발생의 가능성이 있다. 재생 버퍼에서 오버플로우가 발생 할 경우 토큰에 의해 유입되는 패킷 또한 폐기(drop) 될 수 있다. 따라서 적절한 r값을 찾고 그에 따른 버킷의 용량 파라메타를 설정하게 된다.

$$(Ptokenmax \times \triangle t) \geq Lplayout \quad (7)$$

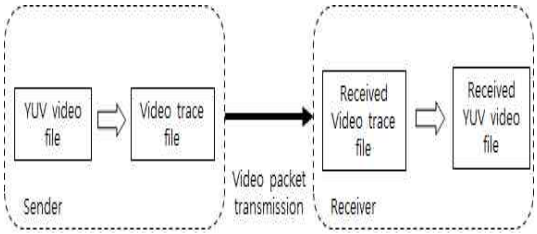
이 토큰버킷 기법을 사용하여 수신측 재생 버퍼로 들어가는 비디오 패킷의 양을 제어하기 위해 두 개의 파라미터(r,c)는 전송되는 패킷의 최대 크기($Ptxmax$)와 재생 버퍼의 최대 용량($Bmax$), 그리고 재생량($Lplayout$)등을 고려하여 설정해야 한다. 이러한 조치에 따라 패킷의 손실을 막을 수 있으며 정상적인 복호화로 화질의 열화 및 재생의 스킵현상을 방지할 수 있다.

3. 시뮬레이션 기법

송신측에서 전송되어 수신측 재생버퍼에 들어오는 비디오 패킷이 네트워크의 혼잡 및 예상치 못한 지터에 의해 불규칙적인 패턴으로 유입된다고 가정한다. 이러한 환경에서 토큰 버킷 기법을 적용해보고 오버플로우의 발생빈도, 패킷 손실률 및 수신측 영상의 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)에 대해 NS-2와 JSVM을 사용하여 성능분석을 진행한다. PSNR이란 동영상의 화질 정보를 수치적으로 표현한 값으로 두 영상에 대해 평균 수치를 확인함으로써 대략적인 화질의 차이를 알 수 있다. (그림 2)는 본문에서 사용한 시뮬레이션 절차를 보여주고 있다. NS-2에서는 trace기반의 시뮬레이션으로 진행한다. 여기서 비디오 trace는 실제 비디오스트림으로부터 중요한 특징들을 추출하여 텍스트 파일의 형식으로 저장한 후 그 데이터를 바탕으로 NS-2를 통해 전송하여 시뮬레이션 한다[2]. 이 비디오 trace파일은 패킷의 전송시간 및 도착시간, 프레임의 길

이 및 프레임의 부호화 유형 등 실제 비디오 스트림으로부터 추출되어 저장된 형태이다. 이러한 일련의 과정들은 MyEvalSVC를 참조하여 진행하였다[9][10].

(그림 2) 시뮬레이션 과정



(Figure 2) The simulation process

이 시뮬레이션 방법은 SVEF(Scalable Video-Streaming Evaluation Framework)에 기반을 두어 NS-2시뮬레이션 환경으로 프레임워크를 확장한 것이며 제안하는 네트워크 구조 또는 프로토콜을 SVC, H.264에 있어 평가할 수 있는 방법이다. 시뮬레이션 대상이 될 원시 YUV 비디오를 JSVM을 이용하여 파라미터를 조정하여 인코딩을 하게 된다. 인코딩 후 JSVM에서 제공하는 BitStreamExtractor와 SVEF에서 제공하는 F-N Stamp를 사용하여 Video trace파일을 생성하게 된다. NS-2에서는 이 전송 Video trace파일을 기반으로 하여 자동으로 해당되는 패킷들을 생성해주게 된다. 수신단측에서 이 전송된 패킷들을 바탕으로 수신정보를 trace파일로 다시 저장하게 된다(Received Video trace file). 이 수신단에서 기록된 trace파일에는 수신시간, 패킷사이즈, 프레임넘버, 프레임 유형 등이 기록되어 있다. 이 기록된 수신 trace파일을 바탕으로 재생의 불연속성 및 패킷 손실율 등을 계산할 수 있으며 이 데이터를 바탕으로 SVEF에서 제공하는 NALU filter를 거치고 JSVM에서 다시 디코딩을 하게 되면 PSNR Static툴을 이용한 PSNR 측정 및 플레이어를 이용한 화질을 볼 수 있다. NALU filter에서는 프레임 종속성으로 인하여 디코딩 할 수 없는 프레임과 너무 늦게 도착한 프레임들을 폐기하는 역할을 하게 되며 이 필터링 된 데이터를 디코딩하였을 때 실질적으로 네트워크를 거쳐 최종적으로 수신된 비디오 파일이라고 할 수 있다(Received YUV Video file). NS-2에서는 전송자 하나와 수신자 하나를 만들어 시뮬레이션 하게 된다. 송신측에서는 위에서 설명한 myEvalSVC를 이용하여 Video trace파일을 바탕으로 한 패킷을 생성하고 네트워크의 혼잡과 불규칙한 지터의 영향을 가정하여 비디오 데이터 패킷을 불규칙하게 전송한다. 수신단에서는 토큰버킷 기법을 수행하는 시스템을 구현하고 적용하게 된다.

4. 시뮬레이션 결과분석

본 논문에서의 시뮬레이션은 NS-2와 JSVM을 사용하여 진행하였다. 시뮬레이션 대상이 된 비디오 파일은 YUV형식으로 JSVM인코더를 사용하였으며 <표 1>과 같은 시뮬레이션 파라미터를 사용하였다[11].

<표 1> 사용된 시뮬레이션 파라미터들

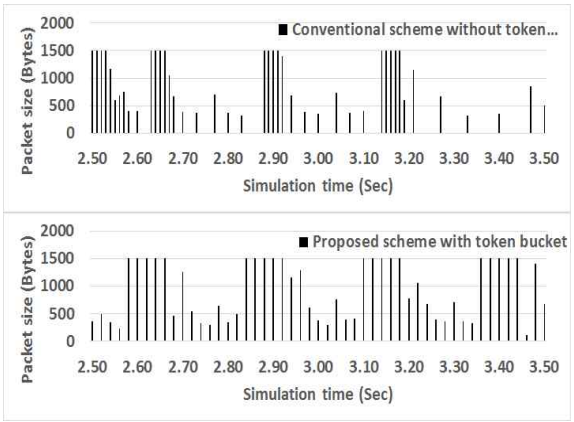
Used simulation tool	NS-2, JSVM		
Simulation video	foreman_cif.yuv		
Frame number	300		
GOP size	8		
Frame rate	30		
Video resolution	CIF(352X288)		
Total video packet size	518146 byte		
Propagation model	Shadowing model		
Path loss exponent	2.4		
Shadowing deviation	4.0		
Node number	Video sender 1, Receiver 1		
Token generation rate(r) for Token bucket	5 / sec	6 / sec	7 / sec
Bucket capacity (c) for Token Bucket	18	17	16
Maximum packet size (Ptmax)	1,500 byte		
Buffer size(Bmax)	30,000 byte		

<Table 1> The used simulation parameter

시뮬레이션 대상이 된 foreman_cif.yuv 영상은 352X288 크기의 해상도를 가진다. 시뮬레이션에서 전파 환경은 Shadowing model을 사용하여 Path loss exponent와 Shadowing deviation 값은 Outdoor 환경을 가정한 파라미터로 설정하였다[12]. 또한, 직접적으로 추가적인 노드를 생성하여 혼잡의 영향을 주지 않고 단지 무선 네트워크의 혼잡이나 지터의 영향을 가정하여 송신자에서 트래픽 발생을 불규칙적으로 스케줄링

하도록 설정하였다. 한 패킷의 최대 사이즈는 1500byte이며 전송된 패킷들을 수신측 재생버퍼에 저장하였다가 30fps로 재생하게 된다. 토큰 버킷의 파라메타 중 초당 생성되는 토큰의 수와 버킷이 저장할 수 있는 토큰의 최대 개수(버킷의 용량)는 재생 버퍼의 크기(30000byte)를 고려하여 식(6)을 사용하여 설정하였다. 식(6)에 대입하여 계산하면 r과 c를 더한 토큰의 개수를 정할 수 있다. 정해진 r값에 의해 들어오는 패킷의 양이 초당 재생되는 양보다 많이 들어오게 되면 오버플로우의 위험성이 커진다. 따라서 토큰 버킷에 의해 초당 제어되는 유입 트래픽 크기는 초당 재생되는 양과 비슷한 것이 이상적이다. 또한, 송신자에서 생성되어 전송되는 비디오 데이터패킷의 양은 각각 다른 크기를 가지고 있으며 불규칙적이기 때문에 테스트 시뮬레이션을 통하여 초당 생성되는 토큰의 개수 r을 정하였다.

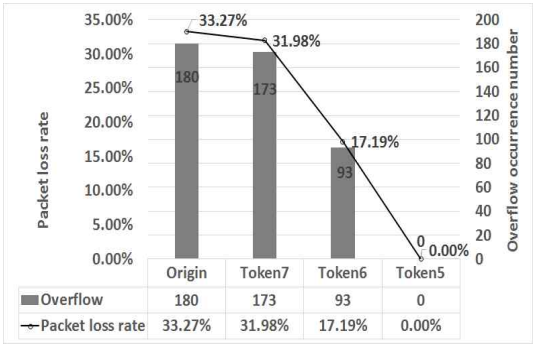
(그림 3) 수신측 재생버퍼로 유입되는 트래픽 패턴



(Figure 3) The traffic pattern coming in the receiver playout buffer

(그림 3)은 foreman_cif 비디오 데이터를 송신했을 때, 수신측으로 유입되는 비디오 패킷의 패턴에 대해 나타낸 그림이다. 특히, 버퍼의 오버플로우가 일어나는 구간 중 1초 동안(2.5Sec~3.5Sec)의 구간에 대해 토큰버킷을 사용하지 않은 경우와 토큰버킷을 사용하여 유입되는 트래픽에 대해 성형을 거친 경우에 대해 나타내었다. (그림 3)에서 토큰버킷을 사용하지 않은 경우에는 비교적 패킷들이 불규칙하게 유입되며 군집 트래픽 또한 그대로 버퍼에 유입되는 것을 볼 수 있다. 토큰 버킷을 사용 했을 경우에는 패킷들이 일정한 간격을 두고 토큰에 따라 규칙적으로 버퍼에 들어온다. 이와 같이 토큰버킷 기법을 사용할 경우 r값을 변경시켜가며 오버플로우 발생 횟수, 패킷 손실 비율, 전송 완료시 결과 영상에 대한 PSNR값을 비교해 본다.

(그림 4) 기존 방법과 제안한 방법사이의 오버플로우 발생 횟수와 패킷손실률 비교

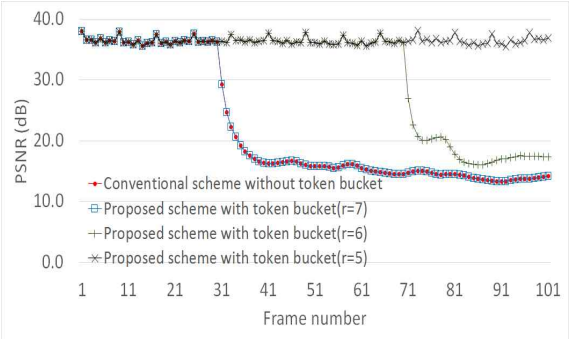


(Figure 4) The comparisons of packet loss rate and overflow occurrence number between the conventional scheme without token bucket and proposed scheme with token bucket

(그림 4)는 기존방법과 제안한 방법 사이의 오버플로우 횟수와 패킷손실률을 나타낸 그림이다. (그림 4)로부터 토큰 버킷을 사용하지 않았을 경우에 오버플로우가 180회 일어났으며 토큰 버킷을 사용 할 경우 r값을 7로 했을 때 173회, r값을 6과 5로 했을 경우 각각 93회와 0회를 나타내는 것을 볼 수 있다. 또한 오버플로우는 패킷의 손실을 발생시키기 때문에 오버플로우 발생 횟수에 따라 패킷의 손실률 또한 높아질 것이라는 것을 알 수 있다. r값과 c값을 더한 값은 앞의 식 (6)을 사용하여 구했기 때문에, r값을 조정할 경우 자연스럽게 c값 또한 정해지게 된다. 그림에서 보이듯이 토큰 버킷을 사용하더라도 r값을 어떻게 정하느냐에 따라 트래픽의 성형이 각기 다르게 되고 그에 따라 수신측 버퍼로 유입되는 패킷들의 패턴 또한 달라지기 때문에 r값이 중요하게 적용된다고 볼 수 있다. 결과적으로 r값을 5로 정했을 경우 오버플로우 해소에 대해 가장 좋은 성능을 보이고 있으며 그에

따라 패킷 손실 또한 방지할 수 있다. 즉, 이 기법을 사용할 경우 불규칙적으로 들어오는 패킷들에 대해 보정하고 불연속 횟수를 많이 낮출 수 있는 것을 알 수 있다.

(그림 5) 기존 방법과 제안한 방법 사이의 수신영상 PSNR 비교



(Figure 5) The comparison of PSNR in the receiving image between the conventional scheme without token bucket and proposed scheme with token bucket

(그림 5)는 수신된 비디오 패킷에 대해 PSNR을 측정한 그래프이다. 토큰버킷을 적용할 때 적절한 r값을 사용한 경우(r=5) 오버플로우가 발생하지 않아 패킷의 손실이 없고 모든 프레임에 대해 정상적인 복호화가 이루어진 경우이며 토큰버킷을 사용하지 않은 기존의 방식과 r=7, r=6의 경우에는 패킷 손실들로 인해 프레임에 손상이 일어난 경우이다. 특히 r=7로 설정한 경우는 적절한 r값을 설정해 주지 않았기 때문에 많은 패킷의 손실로 인해 토큰 버킷을 사용하지 않은 경우와 같은 성능의 PSNR값을 보이고 있으며 r=6은 좀 더 좋은 성능을 보이고 있지만 이 또한 역시 프레임의 손실이 일어난다는 것을 알 수 있다. 즉 토큰버킷 기법을 적용하지 않거나 적절하지 않은 파라미터를 사용했을 경우에는 프레임의 손실 및 종속적인 특징으로 인해 다른 상위 프레임까지 복호화가 재대로 이루어지지 않아 특정 개수의 프레임만이 재생되는 영상의 손실 현상을 보인다는 것을 알 수 있다.

5. 결론

무선 네트워크 환경에서 비디오 스트리밍의 불연속성을 해결하기 위한 여러 연구들이 있었으며 본 논문에서는 스트리밍의 불연속성을 야기하는 원인들 중 하나인 버퍼 오버플로우를 해결하기 위한 수신단의 토큰버킷 기법 적용에 대해 성능분석을 하였다. 적절한 파라미터를 사용하여 토큰버킷 기법을 적용할 시 불규칙적으로 들어오는 트래픽들에 대해 제어하고 오버플로우를 방지할 수 있다는 것을 확인하였으며, 결과적으로 적절한 파라미터를 사용한 토큰버킷 기법의 적용은 스트리밍 서비스에 있어서 우수한 성능을 나타낸 다는 것을 알 수 있다. 하지만 불규칙한 트래픽 패턴에 의한 버퍼의 오버플로우가 생기게 된다면 버퍼의 언더플로우 또한 발생하게 된다. 이러한 언더플로우 또한 영상의 멈춤 현상을 야기 시키기 때문에 재생의 연속성을 방해한다. 따라서 향후 연구로는 토큰버킷 기법의 적용뿐만 아니라 버퍼의 언더플로우 까지 함께 해소하여 사용자 체감 품질을 높일 수 있는 기법이 연구되어야 한다.

References

[1] Taeg Won Jeong, Chong Deuk Lee, “Transaction update method based on fuzzy chunk for QoS performance improvement of mobile streaming service”, Journal of digital contents society, vol.9, no.4 pp.543-550, Dec 2008

[2] Young-Min Jang, The application of NS-2 Network Simulation, Hongrung Publishing Company, 2008.

[3] J. jo, J. Kim, “Synchronized one-to-many media streaming employing server-client coordinated adaptive playout control”, the Journal of Korea Information and Communications Society, vol.28, no.5c, pp.493-505 May 2003

[4] Dongeun Suh, Insun Jang, Sangheon Pack, “A video bitrate adaptation algorithm for DASH-based multimedia streaming services to enhance user QoE”, the Journal of Korea Information and Communications

Society, vol.39B, no.6, pp.341-349, Jun 2014

[5] SangHoon Park, "Cross-layered network-adaptive video streaming over wireless networks", GIST doctorate thesis, 2008

[6] Yi-Chiun Chen, Xiao Xu, "An adaptive buffer allocation mechanism for token bucket flow control", Vehicular Technology Conference, vol.4 pp.3020-3024, Sep 2004

[7] Rackhyun Kim, Hyunki Ryu, "The multi-queue bandwidth regulation method for multimedia QoS", KIISE fall conference, vol.2 pp.469-471, Korea, Nov 2005

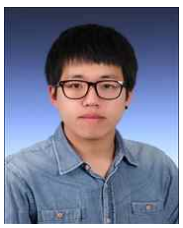
[8] Behrouz A. Forouzan, Data Communications and Networking 5th Edition, McGraw-Hill Education, 2012

[9] Ke Chih-Heng, "myEvalSVC : an Integrated Simulation Framework for Evaluation of H.264./SVC Transmission", KSII Transaction on Internet and Information Systems vol.6, no.1, pp.378-393, Jan. 2012

[10] Chih-Heng Ke, How to do H.264 SVC transmission simulations(2014), Retrieved Aug, 2014, from http://csie.nqu.edu.tw/smallko/ns2/svc.htm

[11] JSVM Software Manual(2006)

[12] NS-2 Manual. [Online]. Available: http://www.isi.edu/nsnam/ns/, Nov 2011



이 현 노

2008년 3월 - 2014년 2월 : 강원대학교 IT대학 전기전자공학부 공학사

2014년 3월 - 현재 : 강원대학교 IT대학 전기전자공학부 석사과정

관심분야 : 차세대 이동통신 및 차세대 무선 네트워크

김 동 희

2005년 : 고려대학교 전파공학과(공학박사)

1989년 1월 ~ 1997년 1월 : 삼성전자 전임연구원

2000년 8월 ~ 2005년 8월 : 한국전자통신연구원 선임연구원

2006년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 IT대학 전기전자공학부 전자통신학과 교수

관심분야 : 이동통신 및 무선 네트워크 등