
VoD 시스템에서 탐욕적 선행 전송 기법

이좌형* · 정인범**

Greedy Precedent Frame Transmission Technique in VoD System

Joa-hyoung Lee* · In-bum Jung**

요 약

최근 컴퓨팅 기술과 네트워크 기술의 발전으로 초고속 인터넷이 널리 보급되고 있지만 높은 대역폭을 필요로 하는 어플리케이션들의 점유율도 높아지면서 트래픽 혼잡으로 인한 네트워크 장애 발생률도 증가하고 있다. 데이터 전송에 시간적 제한을 갖는 어플리케이션인 VoD 시스템에서 네트워크 장애 발생 빈도가 증가하면 스트리밍의 지터로 인한 QoS의 저하를 초래할 수 있다. 기존의 인터넷 기반 스트리밍에 관한 연구들에서는 네트워크의 변화에 따라 적응적으로 QoS(Quality of Service)를 조절하는 기법들을 제시하여 왔다. 하지만 이는 서비스 제공자 입장에서의 문제 해결이며 네트워크 상태에 상관없이 일정한 QoS를 원하는 사용자에게는 적합하지 않다. 본 논문에서는 네트워크 장애에 대비하여 선행하는 미디어 프레임 탐욕적으로 전송함으로써 일정한 QoS를 보장하고자 하는 GPFT(Greedy Precedent Frame Transmission)기법을 제안한다. 제안하는 GPFT기법은 네트워크의 가용한 대역폭이 높을 경우 정상적인 프레임 재생을보다 빠르게 선행하는 프레임을 전송시켜 미리 클라이언트의 버퍼에 저장하도록 한다. 네트워크 장애 발생시 프레임들이 전달되지 않더라도 클라이언트의 버퍼에 저장된 선행 프레임들을 재생함으로써 사용자가 느끼는 QoS를 일정한 수준으로 유지할 수 있도록 한다. 실험을 통하여 비디오 스트림의 특성을 분석하였으며 이를 바탕으로 네트워크 상태에 따라 적응적으로 선행하는 프레임을 빠르게 전송함으로써 기존 방식에 비해 QoS를 일정하게 유지할 수 있음을 보였다.

ABSTRACT

Recently, with the advance of computing and networking technique, the high speed internet becomes widespread, however, it is still hard job to do streaming the media which requires high network bandwidth over the internet. Previous VoD system researches for streaming over the internet mainly proposed techniques that controls the QoS(Quality of Service) of the media in proportion to the network status. Though, this could be the solution for the service provider while the service user who wants constant QoS may not satisfy with variable QoS. In the paper, we propose greedy precedent frame transmission technique, GPFT, for guarantee of constant QoS. In GPFT, Streaming VoD server prefetches precedent frames and transmits the frame greedily by increasing the frame transmission rate while the available network bandwidth is high. The GPFT uses the prefetched precedent frames to guarantee the QoS while the available network bandwidth is low. The experiment result shows that the proposed GPFT could guarantee the constant QoS by prefetching the frames adaptively to the network bandwidth with the characteristic of video stream.

키워드

미디어 스트리밍, 대역폭, QoS, 선행 프레임, 프레임 전송률

Key word

media streaming, network bandwidth, QoS, prefetching, frame rate

* 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사과정
** 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수 (교신저자)

접수일자 : 2009. 10. 13
심사완료일자 : 2009. 10. 27

I. 서 론

최근 IPTV 와 같이 네트워크를 통하여 비디오를 제공하는 서비스가 널리 보급되고 UCC와 같이 다양한 콘텐츠가 생성되어 서비스되기 시작하면서 VOD(Video On Demand)시스템에 대한 연구가 더욱 활발해지고 있다 [1,2]. 이러한 VoD 시스템에서는 서버에 저장된 비디오 데이터를 제한된 시간 내에 클라이언트로 전송해야 하는 시간적 제약을 갖는다. 하지만 크기가 매우 커서 높은 네트워크 대역폭을 필요로 하는 비디오 데이터를 가변적인 네트워크 대역폭을 갖는 인터넷을 통해 제공할 경우 비디오 데이터의 QoS(Quality of Service)에 대한 고려가 필요하다[3].

기존 기법들의 공통점은 네트워크 상태가 안좋아지면 화질이 떨어지는 스트림을 전송하고 네트워크 상태가 좋아지면 화질이 좋은 스트림을 전송하는 것이다. 스트림의 화질이 네트워크 적응적으로 변하는 것이다. 이는 서비스 제공자 입장에서의 QoS보장이라고 볼 수 있다. 서비스 제공자 입장에서는 네트워크 상태는 중요한 고려사항이기 때문에 QoS를 이에 맞추고자 한다. 하지만 사용자 입장에서는 네트워크 상태가 중요한 고려사항이라 보기 어렵다. 스트리밍 서비스를 이용하는 사용자 입장에서는 네트워크는 보이지 않는다. 사용자에게는 눈에 보이는 비디오 스트림의 화질이 제일 중요하다. 네트워크 상태가 안좋아졌다고 해서 비디오의 화질도 나빠지면 사용자 입장에서는 QoS를 보장받지 못하는 것이다. 사용자는 네트워크나 다른 환경 변화에 상관없이 일정한 수준 이상의 QoS를 보장받아야만 한다[13].

본 논문에서는 네트워크 장애에 대비하여 선행하는 미디어 프레임을 탐욕적으로 전송함으로써 일정한 QoS를 보장하고자 하는 GPFT(Greedy Precedent Frame Transmission)기법을 제안한다. 제안하는 GPFT기법은 네트워크의 가용한 대역폭이 높을 경우 정상적인 프레임 재생율보다 빠르게 선행하는 프레임을 전송시켜 미리 클라이언트의 버퍼에 저장하도록 한다. 네트워크 장애 발생시 프레임들이 전달되지 않더라도 클라이언트의 버퍼에 저장된 선행 프레임들을 재생함으로써 사용자가 느끼는 QoS를 일정한 수준으로 유지할 수 있도록 한다. 제안하는 GPFT기법에서는 일정한 비트 레이트로 일정한 화질을 제공하는 CQ-CBR (Constant Quality - Constant Bit Rate)로 인코딩된 비디오 영상을 이용하여

최대한 일정한 수준의 QoS를 보장하는 것을 목표로 한다. VOD서버에서는 최상의 품질로 인코딩된 비디오 데이터를 저장 관리하며 가용한 네트워크 대역폭을 바탕으로 양자화 파라미터값을 조절하여 여러 레벨의 CQ-CBR 비디오 스트림으로 트랜스코딩 시킨후 프레임 전송을 조절을 통하여 선행 프레임을 빠르게 전송한다. 가용한 네트워크 대역폭이 높은 경우 대역폭보다 보다는 낮은 비트 레이트를 갖는 레벨의 스트림을 빠르게 전송하여 네트워크 대역폭이 낮아지더라도 최대한 일정한 QoS를 유지할 수 있도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 멀티미디어 스트리밍에 관련된 연구들을 살펴보고 3장에서는 본 논문에서 서비스 대상으로 하는 CQ-CBR에 관하여 살펴본다. 4장에서는 제안하는 기법에 대하여 설명하고 5장에서 이에 대한 성능을 평가한 다음 6장에서 논문에 대한 결론과 향후 연구에 관하여 논한다.

II. 관련연구

현재의 인터넷은 통신하는 노드들 사이에 패킷을 전달하기 위해서 최선의 노력(Best Effort)을 하지만 정확한 전달을 보장하지는 않는다. 이러한 인터넷에서 스트리밍 서비스를 위하여 다양한 연구가 시도되어 왔는데 크게 서버 측에서 네트워크 상태에 따라 전송되는 스트림을 조절하는 서버중심의 기법과 서버의 도움 없이 클라이언트가 버퍼상태에 따라 미디어 재생을 조절하는 클라이언트 중심 기법으로 나눌 수 있다[4,5].

비디오 스트림의 비트 레이트를 줄이는 가장 단순한 방법으로는 여러 비트 레이트를 갖는 여러 레벨의 스트림을 저장하고 가용한 대역폭에 따라 적합한 레벨에서 데이터를 읽어 전송하는 방식이 있다[10,11,12]. 이 방식은 이미 인코딩되어 저장되어 있는 스트림에서 선택적으로 데이터를 전송하기 때문에 서버에서의 오버헤드는 적으나 얼마나 많은 레벨로 나뉘어져 있느냐에 따라 네트워크 변화에 대한 적응도가 달라진다[15,16]. 최근에는 컴퓨팅 기술의 발전으로 비디오 스트림의 비트 레이트나 해상도와 같은 특성을 실시간으로 변환하여 전송하는 트랜스코딩 기법이 도입되고 있다[17, 18]. 최근 대두되고 있는 SVC(Scalable Video Coding)기법에서는 동영상 압축기법에 이러한 기능들을 추가하고 있다[19].

III. CQ(Constant Quality) 동영상의 특징

CQ(Constant Quality) 동영상은 영상의 내용이나 움직임 등에 따라 비트율에 변화가 발생하는 단점이 있지만 일정한 품질을 제공하는 장점이 있다. CQV의 이런 특징은 양자화 단계에서 사용되는 양자화 파라미터(QP, Quantization Parameter)를 일정하게 유지하기 때문에 일정한 품질을 제공할 수 있지만 영상의 내용이나 움직임 등에 변화가 많으면 생성되는 비트율도 변하기 때문이다. CQV에서는 압축하는 영상의 내용에 따라 비트율이 달라지지만 하나의 동영상 내에서는 거의 일정한 비트율을 제공할 수 있다. 이런 영상을 CQ-CBR(Constant Quality - Constant Bit Rate)이라 한다[6, 7].

본 논문에서는 감마분포(Gamma Distribution)를 이용하여 양자화 파라미터와 평균 프레임 크기의 관계를 분석하였다. 식(1)은 감마분포의 확률밀도 함수(GPDF, Gamma Probability Density Function)이다.

$$GPDF(x, \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (1)$$

여기서 α 는 모양 파라미터이며 β 는 크기 파라미터이다.

$\Gamma(\alpha)$ 는 감마함수로 $\int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx$ 이다.

동영상의 양자화 파라미터(QP, Quantization Parameter)별 평균 프레임 크기(MFS, Mean Frame Size)는 감마분포를 이용하여 다음과 같이 구한다.

$$MFS(QP) = C * GPDF(QP, \alpha, \beta) \quad (2)$$

여기서 C 는 영상의 복잡도를 나타낸다.

식(2)를 통하여 양자화 파라미터별 평균 프레임 크기를 구할 수 있다. 그림 1의 (c)는 flower 영상의 양자화 파라미터별 평균 프레임 크기를 감마분포로 계산한 예시를 보여준다. 식(2)에서 $\alpha=0.15, \beta=1.1$ 로 설정하였으며 $C=20000$ 으로 설정하였다. 그림1의 (b)에서 실제 측정치와 감마분포를 이용한 계산값이 거의 일치함을 볼 수 있다.

반대로 특정한 프레임 크기를 위한 양자화 파라미터 값을 구하기 위해서는 감마분포의 역확률밀도 함수

(GIPDF, Gamma Inverse Probability Density Function)를 이용하면 된다(식(3)).

$$GIPDF(x, \alpha, \beta) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} (1/x)^{\alpha+1} \exp(-\beta/x) \quad (3)$$

식(3)을 식(2)에 적용하면 다음과 같이 양자화 파라미터(QP)를 구할 수 있다.

$$QP(MFS) = \frac{GIPDF(MFS, \alpha, \beta)}{C} \quad (4)$$

IV. Greedy Precedent Frame Transmission Technique

본 제안하는 GPFT기법에서는 3장에서 살펴본 일정한 비트 레이트로 일정한 화질을 제공하는 CQ-CBR(Constant Quality - Constant Bit Rate)로 인코딩된 비디오 영상을 이용하여 최대한 일정한 수준의 QoS를 보장하는 것을 목표로 한다. 일반적으로 프레임 전송율을 높이기 위해서는 스트림의 비트 레이트보다 높은 네트워크 대역폭을 필요로 한다. GPFT기법에서는 네트워크 대역폭을 추가적으로 사용하지 않고 가용한 대역폭 내에서 스트림의 레벨을 낮추고 프레임 전송율을 높임으로써 선행하는 프레임을 빠르게 전송한다. 가용한 네트워크 대역폭이 높은 경우 대역폭보다 낮은 비트 레이트를 갖는 레벨의 스트림을 빠르게 전송하여 네트워크 대역폭이 낮아지더라도 최대한 일정한 QoS를 유지할 수 있도록 한다.

4.1 가정사항

제안하는 GPFT기법은 네트워크 상태에 따라 적응적으로 서비스를 제공하기 위해 여러 레벨로 실시간으로 트랜스코딩되는 것을 가정한다[18, 19]. 여기서 레벨은 트랜스코딩시 사용되는 양자화 파라미터의 값을 의미한다. 양자화 파라미터에 따라 서로 다른 화질과 비트율을 갖는 여러 레벨의 비디오 스트림이 생성가능하다. 레벨이 낮을수록 화질이 좋아지며 프레임의 크기도 커진다. 서버와 클라이언트는 실시간으로 가용 네트워크 대역폭을 측정하는 알고리즘을 이용하여 어느 정도의 네트워크 대역폭을 사용할 수 있는지를 아는 것으로 가정

한다. 서버와 클라이언트 간의 가용 대역폭을 측정하는 여러 알고리즘들이 제안되어 있으며 본 논문에서는 특정한 알고리즘으로 제한하지 않는다[8].

4.2 세부 개념

4.2.1 기본개념

하나의 비디오 스트림은 NF(Number of Frames)개의 프레임 가지며 트랜스코더는 NQ(Number of Quantization Parameter)개의 양자화 파라미터를 갖을 수 있다. 하나의 스트림은 NQ개의 양자화 파라미터로 각각 인코딩되어 NQ개의 레벨을 생성할 수 있다. 레벨별 평균 프레임 크기는 3장에서 설명한 CQ-CBR을 따른다. 서버는 비디오 스트림의 프레임 전송율(FR, Frame Rate)에 따라 클라이언트로 프레임을 전송하기 때문에 프레임 전송주기 $T = \frac{1}{FR}$ 가 된다. 즉 서버는 $\frac{1}{FR}$ 초마다 한 프레임씩 클라이언트로 전송한다.

임의의 시간 $t(0 \sim \frac{NF}{FR})$ 에 가용한 네트워크 대역폭(ANB, Available Network Bandwidth)가 ANBt 일 경우에 손실 없이 전송 가능한 레벨은 다음 조건을 만족하여야만 한다.

$$MFS * FR \leq ANB, \tag{5}$$

기존 연구들에서는 FR을 고정시키고 ANB에 따라 적합한 MFS를 찾아 제공하는 기법을 사용하였다. 제안하는 기법에서는 FR을 변화시켜 가용한 MFS의 범위를 다양화 시킨다. 3장과 앞 절에서 살펴보았듯이 레벨이 높아지면 MFS가 작아져 보다 많은 프레임을 전송할 수 있다. 즉 가용한 네트워크 대역폭 ANB에 최소 프레임 전송율 FR로 전송가능한 평균 프레임 사이즈 MFSmax를 제공하는 레벨(식(5)를 만족하는 레벨)을 Lmax 라고 하면 MFSmax 를 위한 양자화 파라미터 QPmax 는 식(4)를 통하여 구할 수 있다.

$$QP_{max}(MFS_{max}) = \frac{GIPDF(MFS_{max}, \alpha, \beta)}{C} \tag{6}$$

QPmax 와 NQ사이에 속하는 양자화 파라미터들을 가용 양자화 파라미터(AQP, Available Quantization

Parameter)라고 하면 가용 양자화 파라미터로 인코딩된 레벨들은 식(5)를 만족한다. 가용 양자화 파라미터는 다음과 같다.

$$AQP = \{QP | QP_{max} \leq AQP \leq NQ\} \tag{7}$$

임의시간 t에 가용한 네트워크 대역폭이 ANBt이면 AQP에 속하는 양자화 파라미터로 인코딩된 레벨들에 프레임 전송율 FRAQP은 식 (2)를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$FR_{AQP} = \frac{ANB_t}{MFS(AQP_t)} = \frac{ANB_t}{(C * GPDF(AQP_t, \alpha, \beta))} \tag{8}$$

클라이언트는 수신버퍼에서 프레임 재생율(FR)로 프레임을 읽어간다. 일반적으로 프레임 재생율과 프레임 전송율은 같다.

즉 $T_{play} = \frac{1}{FR}$ 간격으로 프레임을 읽어간다. 따라서 클라이언트 버퍼에서는 프레임 전송율과 프레임 재생율의 차이만큼 프레임이 남게 된다. 임의의 시간 t에 클라이언트 버퍼에서 초과되는 프레임수(SFCB, Surplus Frame in Client Buffer)는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$SFCB(t) = FR_{AQP} - FR = \frac{ANB_t}{(C * GPDF(AQP_t, \alpha, \beta))} - FR \tag{9}$$

위 식에서 AQPt는 시간 t에 선택된 양자화 파라미터이다. 임의의 시간 t에 클라이언트 버퍼에 남아있는 프레임수(AFCB, Available Frames in Client Buffer) 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$AFCB(t) = \sum_{i=0}^t SFCB(i) = \sum_{i=0}^t \frac{ANB_i}{(C * GPDF(AQP_i, \alpha, \beta))} - FR * t \tag{10}$$

식 (10)을 이용하면 임의의 시간 t에 버퍼에 남아있는 프레임(AFCB)으로 재생 가능한 시간(APT, Available Play Time)을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$APT(t) = \frac{AFCB(t)}{FR} = \frac{\sum_{i=0}^t \frac{ANB_i}{(C * GPDF(AQP_i, \alpha, \beta))} - FR * t}{FR} = \frac{1}{FR} \sum_{i=0}^t \frac{ANB_i}{(C * GPDF(AQP_i, \alpha, \beta))} - t \tag{11}$$

클라이언트는 APT 시간만큼 프레임 수신하지 못하더라도 정상적인 재생이 가능한 것이다. AQP 값이 커질수록 평균 프레임 크기(MFS)가 작아지기 때문에 APT가 길어진다. 따라서 가용한 네트워크 대역폭의 변화가 심하면 AQP 값을 크게 할수록 화질의 변화를 최소화시킬 수 있다.

4.2 동작 예시

제안하는 GPFT 기법에는 네트워크 상태에 따라 레벨을 변화시키는 것이 아니라 프레임간 전송간격을 조절하여 최대한 일정한 QoS를 유지하고자 한다. 그림 1은 GPFT 기법에서 전송 간격을 조절하여 일정한 QoS를 제공하는 예시를 보여준다. GPFT 기법의 예시에서는 레벨 2의 프레임들을 전송간격을 조절하면서 전송하여 네트워크 상태에 상관없이 중간품질의 화질을 일정하게 제공할 수 있다.

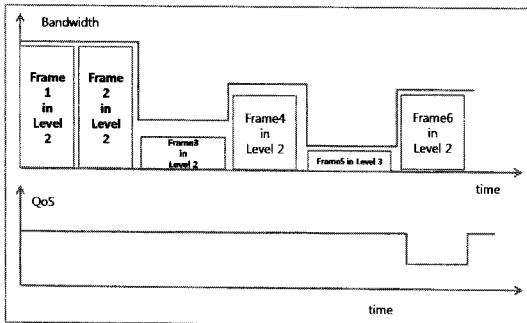


그림 1. 전송 간격 조절
Fig 1. Transmit interval control

이는 3장에서 살펴본 CQ-CBR의 양자화 파라미터에 따른 평균 프레임 크기의 변화가 지수적으로 감소하는 것에 기반한다. 양자화 파라미터가 2, 3, 4, 5, 6일 경우에 평균 프레임 크기는 양자화 파라미터가 2인 경우를 기준으로 하면 비율은 1, 2/3, 1/2, 2/5, 1/3인 것을 볼 수 있다. 양자화 파라미터가 4인 프레임의 크기는 양자화 파라미터가 2인 경우에 1/2이기 때문에 필요한 네트워크 대역폭도 1/2이 된다. 이를 반대로 생각하면 양자화 파라미터가 2인 프레임들을 한 개 전송할 수 있는 네트워크 대역폭이면 양자화 파라미터가 4인 프레임들을 두 개 전송할 수 있다는 것이다.

V. 성능평가

5.1 실험환경

제안한 GPFT 기법의 성능을 평가하기 위하여 NS-2 시뮬레이터를 사용하였으며 비디오 전송 성능을 평가하기 위하여 Evalvid와 Evalvid-RA 툴을 사용하였다[1, 2, 22]. Evalvid 툴은 비디오 전송의 성능을 측정하기 위해 개발된 툴이며 Evalvid-RA는 NS-2 시뮬레이터에서 MPEG-4로 인코딩된 비디오 데이터의 레이트를 조절하면서 전송하는 것에 대한 성능을 측정할 수 있도록 Evalvid 툴을 변형한 툴이다. 비디오 영상으로는 CIF 크기 (352x288)의 flower 영상 2000장을 사용하였으며 ffmpeg 프로그램을 이용하여 MPEG-4로 트랜스코딩하였다[21]. 초당 프레임율은 30으로 하였으며 66초 정도의 시뮬레이션 시간이 걸리도록 하였다. 양자화 파라미터의 범위는 2~31사이에서 Constant Quantization Parameter 옵션을 활성화 하였으며 Evalvid-RA 툴을 이용하여 NS-2에서 필요한 데이터를 추출하였다[21].

실험을 위한 노드의 배치는 그림 2와 같이 하였다. Video Source가 스트리밍 서버가 되며 Video Destination이 스트리밍 클라이언트가 된다. Video Source와 Video Destination 사이에는 UDP를 이용하여 통신을 하도록 하였다. UDP의 최대 패킷 크기는 1000이며 1000보다 큰 프레임은 여러 패킷으로 나뉘어서 전송되도록 하였다. CBR Source는 경쟁 트래픽을 생성하기 위한 것으로 CBR Traffic을 어플리케이션으로 하여 임의적으로 CBR Destination 노드로 CBR 트래픽을 전송한다. CBR Destination에는 단순히 Null Agent가 있어서 수신한 패킷을 버리는 역할을 담당한다. CBR의 패킷 사이즈는 1000으로 하였으며 전송 인터벌은 0.0009로 하였다.

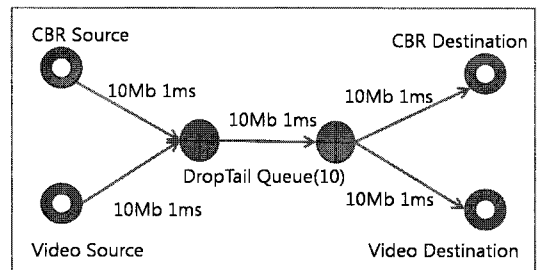


그림 2. 실험환경
Fig 2. Experiment environment

CBR Source는 10~15초 사이와 20~40초 사이에 CBR Destination으로 일정한 비트 레이트의 데이터를 0.0009 간격으로 전송한다.

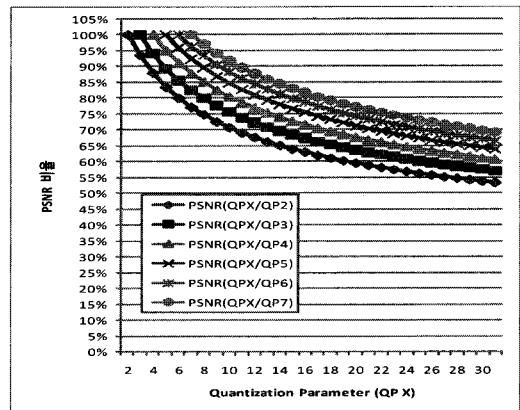
5.2 성능척도

네트워크에 대한 고려없이 일정한 비트 레이트를 전송하는 방식(non-QP2, non-QP 10)을 기본 비교대상으로 선정하였다. QP2와 QP10은 각각 양자화 파라미터가 2와 10임을 의미한다. 양자화 파라미터가 2인 경우(non - QP 2)는 최대의 품질로 인코딩된 스트림이며 제일 큰 평균 프레임 크기를 갖기 때문에 성능척도의 상한가를 의미한다. 양자화 파라미터가 10인 경우(non - QP 10)는 최하의 품질로 인코딩된 스트림이며 제일 작은 평균 프레임 크기를 갖기 때문에 성능척도의 하한가를 의미한다. 추가적으로 네트워크 적용적으로 레벨을 조절하는 기법(level)을 성능 비교대상으로 선정하였다.

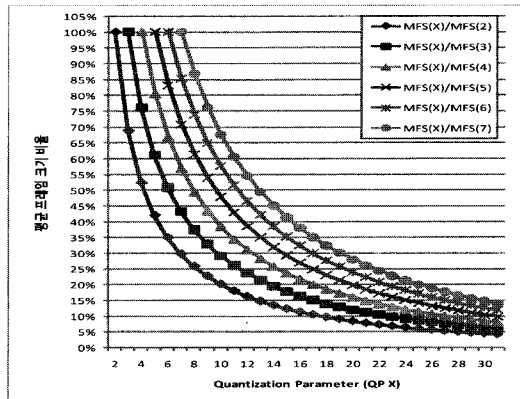
성능비교 척도로는 비디오 영상의 화질을 나타내는 PSNR(Peak Signal Noise Ratio), 버퍼 사용량, 네트워크 수신량 그리고 데이터 패킷 손실량을 선정하였다. PSNR은 영상의 열화 정도를 나타내는 수치값으로 PSNR값이 높을수록 화질이 좋은 것을 나타낸다. 버퍼 사용량은 제안된 기법을 위하여 클라이언트에서 추가적인 버퍼가 필요한지 여부를 확인하기 위하여 선정하였다. 좋은 화질을 제공하더라도 많은 버퍼를 필요로 한다면 좋은 기법이라 하기 어렵다. 패킷 손실량은 얼마나 네트워크 적용적으로 동작하는가 여부를 나타낸다. 추가적으로 제안하는 GPFT는 프레임을 빠르게 전송하기 때문에 초기 버퍼링 시간을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 추가적인 실험으로 초기 버퍼링 비율에 따른 대기시간을 측정해보았다.

5.3 기본 실험

그림 3의 (A)는 양자화 파라미터에 따른 PSNR의 비율을 보여준다. PSNR을 비교한 결과를 보면 양자화 파라미터를 2로한 경우에 최대 100%에서 양자화 파라미터가 31인 경우에 최소 50%정도 까지 차이가 나는 것을 볼 수 있으며 양자화 파라미터가 7인 경우에는 최소 70%정도까지 낮아지는 것을 볼 수 있다. 그림 3의 (B)는 양자화 파라미터에 따른 평균 프레임 크기의 비율을 나타낸다.



(A)



(B)

그림 3. QP에 따른 PSNR과 프레임 크기 비율
(A) PSNR비율 (B) 평균 프레임 크기 비율

Fig 3. PSNR and Frame size with QP
(A) PSNR Ratio (B) Ratio of mean frame size

이는 3장에서 살펴본 CQ-CBR의 양자화 파라미터에 따른 평균 프레임 크기의 변화가 지수적으로 감소하는 것에 기반한다. 양자화 파라미터가 2, 3, 4, 5, 6일 경우에 평균 프레임 크기는 양자화 파라미터가 2인 경우를 기준으로 하면 비율은 1, 2/3, 1/2, 2/5, 1/3인 것을 볼 수 있다. 양자화 파라미터가 4인 프레임의 크기는 양자화 파라미터가 2인 경우에 1/2이기 때문에 필요한 네트워크 대역폭도 1/2이 된다. 이를 반대로 생각하면 양자화 파라미터가 2인 프레임을 한 개 전송할 수 있는 네트워크 대역폭이면 양자화 파라미터가 4인 프레임을 두 개 전송할 수 있다는 것이다.

표 1 실험 이미지의 특성 비교
Tab 1. Comparison of image

| QP | 2 | 5 | 10 | 31 |
|-----------|-------|-------|------|--------|
| MFS | 29971 | 12763 | 5999 | 1291 |
| 프레임 크기 배율 | 1배 | 2.35배 | 5배 | 23.21배 |
| PSNR | 43.87 | 36.59 | 31 | 23.35 |
| PSNR 비율 | 100% | 83% | 71% | 53% |
| 프레임 크기 비율 | 100% | 43% | 20% | 4% |

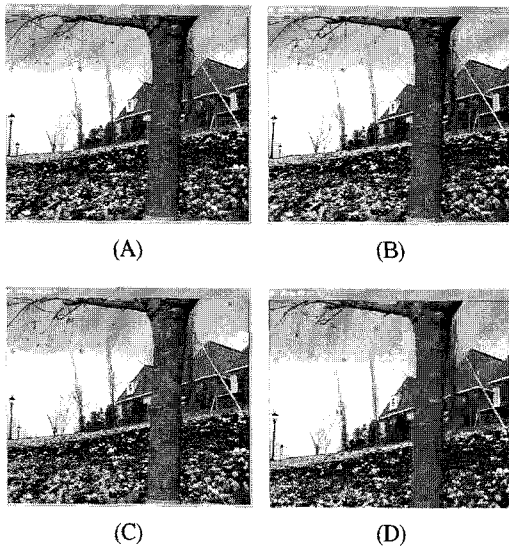


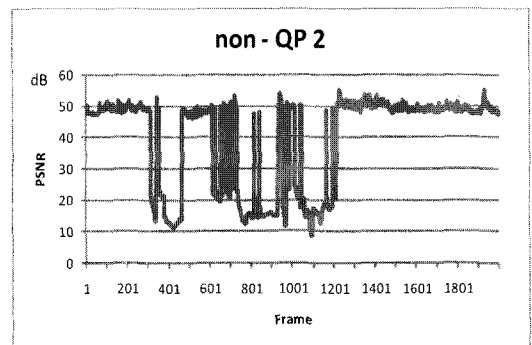
그림 4. QP별 프레임 예시
(A) QP 2 (B) QP 5 (C) QP 10 (D) QP 31
Fig 4. Frame examples with QPs
(A) QP 2 (B) QP 5 (C) QP 10 (D) QP 31

그림 4는 실험에서 사용된 예제 동영상인 Flower동영상의 한 프레임을 각기 다른 양자화 파라미터로 압축하였을 때의 결과들 중 일부를 모아놓은 것이다. 앞서 그림 3에서 살펴보았듯이 양자화 파라미터를 증가시키더라도 화질에는 크게 영향이 미치지 않는 것을 확인할 수 있다. 그림 4에 표시된 예시의 양자화 파라미터별 프레임 크기와 PSNR을 비교한 결과를 도표로 표1에 나타내었다. 양자화 파라미터를 2로 하는 경우를 기준으로 하였을 때 양자화 파라미터를 31로 하는 경우에는 평균 프레임 크기가 23배나 차이가 나지만 PSNR은 절반 정도만 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 양자화 파라미터를 2에서 최대 31로 증가시키는 경우 최대 23배의 속도로 프

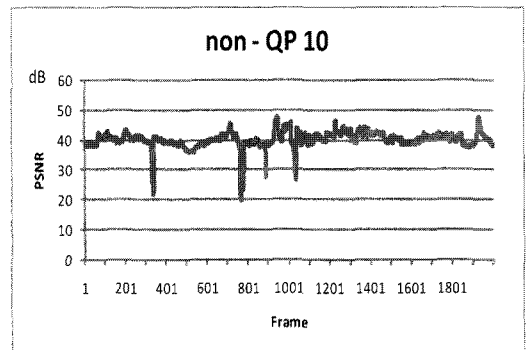
레이를 전송할 수 있으며 이는 PSNR로 50%정도의 화질 열화만 가져올 뿐이다.

5.4 PSNR 비교

그림 5는 2000프레임별 PSNR변화를 보여준다. CBR Source가 10~15초 사이와 20~40초 사이에 패킷을 전송하기 때문에 이 구간에서 가용 네트워크 대역폭이 감소하며 패킷손실이 발생한다. 이로 인하여 PSNR이 낮아지게 된다.



(a)



(b)

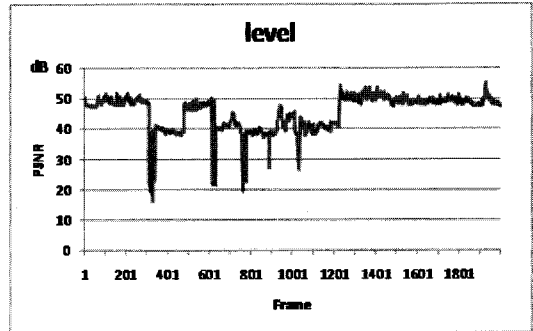
그림 5 네트워크 장애에 따른 PSNR 변화 1
Fig 5. PSNR variation 1 with network.

그림 5의 (a)는 최상의 품질로 제일 큰 평균 프레임 크기를 갖는 경우로 CBR트래픽이 없는 경우에는 제일 좋은 화질을 제공할 수 있으나 CBR 트래픽이 있는 구간에서는 패킷 손실이 많이 발생하기 때문에 화질이 급격하게 나빠지는 것을 확인할 수 있다. 이와 반대로 그림 5의 (b)의 경우에는 최하의 품질로 제일 작은 평균 프레

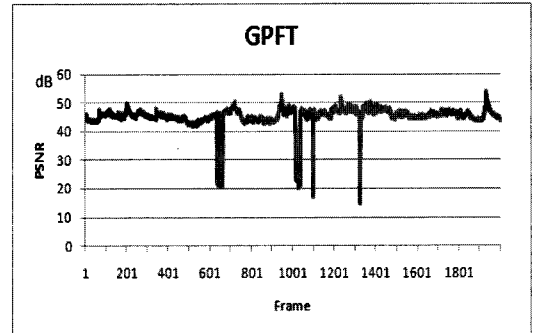
임 크기를 갖는 경우로 그림 5의 (a)에 비해 10정도 낮은 화질을 제공하고 있다. 하지만 CBR 트래픽이 있는 구간에서 약간의 화질열화만을 보일뿐 대체적으로 일정한 화질을 제공함을 확인할 수 있다. 그림 5의 (a)는 가장 좋은 성능을, (b)는 가장 나쁜 성능을 보여주는 기준으로 삼는다.

그림 6의 (a)는 가용한 네트워크 대역폭에 따라 전송되는 레벨을 조절하는 기법의 결과를 보여준다. CBR 트래픽이 없는 구간에서는 제일 낮은 레벨(양자화 파라미터 : 2)을 전송하기 때문에 제일 높은 화질을 보이고 있으며 CBR 트래픽이 발생하는 구간에서는 제일 높은 레벨(양자화 파라미터 : 10)을 전송하여 화질이 낮아지고 있지만 그림 5의 (a)에 비해서는 CBR 트래픽 발생구간에서 매우 높은 화질을 안정적으로 제공하는 것을 알 수 있으며 그림 5의 (b)에 비해서는 CBR 트래픽이 없는 구간에서 높은 화질을 제공하여 두 가지 경우보다 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

그림 6의 (b)는 GPFT 기법의 성능을 보여주는데 제안 기법에서는 CBR 트래픽이 없는 경우에 중간 레벨(양자화 파라미터 : 4)의 프레임을 2배 빠르게 전송토록 하였다. 그림 2에서 보듯이 양자화 파라미터가 4인 경우와 2인 경우 평균 프레임의 크기가 2배 차이가 나기 때문에 2배 빠르게 전송하더라도 두 가지 경우에 비슷한 양의 데이터가 전송된다. CBR 트래픽이 발생하는 경우에는 전송주기를 1/2로 하여 느리게 전송되도록 하여 패킷 손실을 줄이도록 하였다. CBR 트래픽이 10초에 시작하기 때문에 다른 그래프들에서는 300번째 프레임(10초 * 30 프레임율) 정도부터 PSNR에 변화가 발생하고 있지만 제안 시스템의 성능을 나타내는 그림 8의 (b)의 경우에는 두배인 600번째 프레임(10초 * 60 프레임율) 정도에서 PSNR에 약간의 변화가 발생하고 있다. 이는 앞서 설명하였듯이 제안 기법에서는 2배 빠르게 패킷을 전송하기 때문에 CBR 트래픽이 발생하는 10초경에는 다른 기법들의 2배인 600개의 프레임이 전송된 상태이기 때문이다. 초기 10초 동안에 300개의 추가적인 패킷이 전송되었기 때문에 10초부터 5초동안 네트워크 상태 변화에도 일정한 화질을 제공할 수 있는 것이다.



(a)



(b)

그림 6 네트워크 장애에 따른 PSNR 변화 2
Fig 6. PSNR variation 2 with network

5.5 패킷 손실

그림 7은 2000 프레임을 전송하는 동안에 발생한 손실된 패킷수를 보여준다. 앞서 언급하였듯이 제일 많은 패킷을 전송하는 non-QP2에서 제일 많은 패킷이 손실됨을 알 수 있다. 즉 non-QP2에서는 많은 패킷을 전송하여 많은 패킷이 손실되기 때문에 화질이 매우 많이 열화되는 결과를 초래하였다.

이와는 반대로 제일 적은 패킷을 전송한 non-QP10에서는 패킷 손실이 거의 발생하지 않았으며 따라서 화질이 거의 변하지 않았음을 5.4절에서 확인할 수 있었다. 네트워크 상태에 따라 적응적으로 레벨을 조절하는 기법과 GPFT 기법은 거의 비슷한 수의 패킷이 손실이 되었다. 두 기법 모두 네트워크 상태에 따라 전송되는 레벨이나 간격을 조절하기 때문에 패킷 손실이 거의 발생하지 않았으며 이는 스트림의 화질이 크게 열화되는 경우가 거의 없었던 것의 근거가 됨을 알 수 있다.

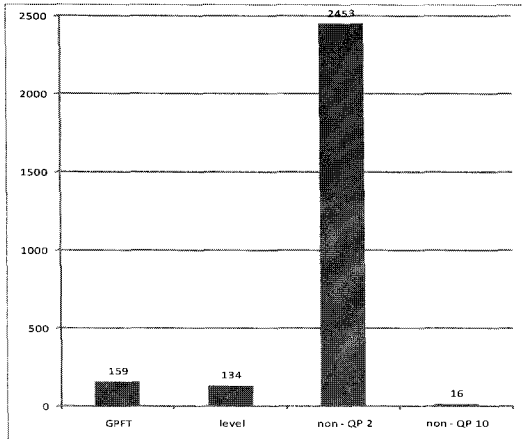


그림 7. 패킷손실 비교
Fig 7. Packet loss comparison

VI. 결론

본 논문에서는 네트워크 장애에 대비하여 선행하는 미디어 프레임을 탐욕적으로 전송함으로써 일정한 QoS를 보장하고자 하는 GPFT기법을 제안하였다. 제안하는 GPFT기법은 네트워크의 가용한 대역폭이 높을 경우 정상적인 프레임 재생율보다 빠르게 선행하는 프레임을 전송시켜 미리 클라이언트의 버퍼에 저장하도록 하였다. 네트워크 장애 발생시 프레임들이 전달되지 않더라도 클라이언트의 버퍼에 저장된 선행 프레임들을 재생함으로써 사용자가 느끼는 QoS를 일정한 수준으로 유지할 수 있도록 하였다. 제안하는 GPFT기법에서는 일정한 비트 레이트로 일정한 화질을 제공하는 CQ-CBR로 인코딩된 비디오 영상을 이용하여 최대한 일정한 수준의 QoS를 보장하는 것을 목표로 하였다. 서로 다른 양자화 파라미터값을 가지는 여러 레벨의 CQ-CBR 비디오 스트림이 서버에 저장되어 있는 상태에서 가용한 네트워크 대역폭을 바탕으로 프레임 전송을 조절을 통하여 프레임을 전송한다. 가용한 네트워크 대역폭이 높을 경우 대역폭보다 보다 낮은 비트 레이트를 갖는 레벨의 스트림을 빠르게 프리페칭하여 네트워크 대역폭이 낮아지더라도 최대한 일정한 QoS를 유지할 수 있도록 하였다.

참고문헌

- [1] J. Klaue, B. Rathke, and A. Wolsz, "EvalVid - A Framework for Video Transmission and Quality Evaluation", In Proc. of the 13th International Conference on Modelling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation, pp. 255-272, Urbana, Illinois, USA, September 2003
- [2] "Evalvid-RA: Trace Driven Simulation of Rate Adaptive MPEG-4 VBR Video", Multimedia Systems, November 2007.
- [3] S. Lee and K. Chung, "Buffer-driven Adaptive Video Streaming with TCP - Friendliness," Computer Communications, Vol. 31, Issue 10, pp. 2621-2630, 2008.6.
- [4] Junli Yuan, Qibin Sun, "An Efficient Mechanism for Video Streaming over Wide-Area Networks." ISM 2006: 465-474
- [5] S. Lee and K. Chung, "Quality Adaptation with Temporal Scalability for Adaptive Video Streaming," ICOIN 2007, LNCS 4883, pp. 691-700, Springer-Verlag Press, 2008.
- [6] Pai, C.Y., Lynch, W.E., "SP:IC(21), No. 1, January 2006, pp. 67-89.
- [7] Pai, C.Y., Lynch, W.E., "ICIP06(841-844)
- [8] R. S. Prasad, M. Murray, C. Dovrolis, K. Claffy, "Bandwidth Estimation: Metrics, Measurement Techniques, and Tools," IEEE Network, November/December 2003
- [9] N. Laouaris, I. Stavrakakis, "Adaptive playout strategies for packet video receivers with finite buffer capacity," in Proc. IEEE ICC'01, vol. 3, 2001, pp. 969-973
- [10] Chih-Heng Ke, Ce-Kuen Shieh, Wen-Shyang Hwang, Artur Ziviani, "A Two Markers System for Improved MPEG Video Delivery in a DiffServ Network", IEEE Communications Letters, IEEE Press, ISSN: 1089-7798, vol.9, no.4, pp.381-383, April 2005
- [11] J. Naoum-Sawaya, B. Ghaddar, S. Khawam, H. Safa, H. Artail, and Z. Dawy, "Adaptive Approach for QoS Support in IEEE 802.11e Wireless LAN," in IEEE

International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob 2005), Montreal, Canada, August 2005

- [12] H. Huang, J. Ou, and D. Zhang, "Efficient Multimedia Transmission in Mobile Network by using PR-SCTP", Communications and Computer Networks (CCN 2005)
- [13] A. Lo, G. Heijen, I. Niemegeers, "Performance Evaluation of MPEG-4 Video Streaming over UMTS Networks using an Integrated Tool Environment", Proceedings SPECTS 2005
- [14] Vasos Vassiliou, Pavlos Antoniou, Iraklis Giannakou, and Andreas Pitsillides "Requirements for the Transmission of Streaming Video in Mobile Wireless Networks", International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN), Athens, Greece, September 10-14, 2006
- [15] W.C. Feng, J. Rexford, "Performance Evaluation of Smoothing Algorithms for Transmitting Pre-recorded Variable-Bit-Rate Video", IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 1, No.3, September 1999, pp. 302-313.
- [16] S. Lee and K. Chung, "TCP-Friendly Rate Control Scheme Based on RTP," ICOIN 2006, LNCS 3961, pp. 660-669, Springer-Verlag Press, 2006.
- [17] Zhijun Lei, Nicolas D. Georganas "Journal of Systems and Software 75 (3): 253-270 (2005). 117
- [18] A. Vetro, C. Christopoulos, and H. Sun, IEEE Signal Processing Magazine, vol. 20, no. 2, pp. 18-29, 2003.3.
- [19] Jen-Chun Chiang, Hsiang-Fu Lo, Wei-Tsong Lee, "Scalable Video Coding of H.264/AVC Video Streaming with QoS-Based Active Dropping in 802.16e Networks." AINA Workshops 2008
- [20] <http://ffmpeg.mplayerhq.hu/>
- [21] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

저자소개



이좌형 (Joa-Hyoung Lee)

2003년 강원대학교 정보통신공학과 (공학사)

2005년 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 (공학석사)

2005년 ~ 현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 (박사과정)

※ 관심 분야: 멀티미디어 시스템, 센서 네트워크



정인범 (In-Bum Jung)

1985년 고려대학교 전자공학 학사.

1985년~1995년 (주) 삼성전자 컴퓨터시스템사업부 선임 연구원.

1992년~1994년 한국과학기술원 정보통신공학과 석사
1995년~2000년 8월 한국과학기술원 전산학과 박사
2001년~현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학전공 교수

※ 관심 분야: 멀티미디어 시스템, 센서 네트워크