

인터넷 환경에서 VOD 서비스를 위한 멀티미디어 동기화 알고리즘 개발에 관한 연구

조 대 제[†] · 유 기 영^{**}

요 약

본 논문에서는 인터넷 환경에서 VOD (Video On Demand) 서비스를 위한 적응적 멀티미디어 동기화 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방식은 망의 상태에 따른 패킷 손실과 지연에 대해서 각각 적응적으로 서버의 전송률과 클라이언트의 재생예정시간을 조절한다. 그리고 망에서 발생하는 손실뿐만 아니라, 클라이언트의 재생 처리능력을 동시에 고려한 선택적 픽처 패기를 통하여 서버의 전송률을 조절한다. 성능 평가를 통해 제안된 방식이 기존 방식보다 더 나은 서비스 품질을 제공함을 알 수 있었다.

The Study on Development of a Multimedia Synchronization Algorithm for Internet Based VOD Services

Dae-Jea Cho[†] · Kee-Young Yoo^{**}

ABSTRACT

In this paper, we propose a multimedia synchronization algorithm for the transmission and playout of stored media such as VOD, in order to intra and inter-media synchronization. The proposed scheme can cope adaptively with variation of packet loss, jitter and client's playback capacity. If there are variations of the packet loss or client's playback capacity, the server will change the transmission rate by selective picture skip. The client can then adjust and control the playback time according to the variation of the network jitter. Our experimental results show that the proposed scheme can quickly adapt to the network condition, and can guarantee a better quality of service than the other existing schemes.

1. 서 론

최근 인터넷의 발달에 따라 기존의 단순한 데이터 뿐만 아니라 음성이나 화상과 같은 다양한 실시간 멀티미디어 응용의 실현에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 대표적인 응용으로는 원격 교육, 화상 회의, VOD(Video On Demand) 서비스 등을 들 수 있다. 이와 같은 응용들이 멀티미디어 스트림의 전송을 위해 인터넷과 같은 패킷망을 사용한다면 망에서 발생하는 패킷의 손실, 지연 등에 의해 미디어들간의 시간 관계가 훼손되어 서비스 품질이 저하될 수 있다[1]. 이러한 서비스 품질의 저하를 방지하기 위해 멀티미디어 동기화 기능이 필수적으로 요구된다.

VOD 서비스와 같은 저장 미디어에 대한 동기화를 위해서는 다음과 같은 세가지 요소의 제어가 필요하다. 첫번째

요소인 지연에 대한 제어는 망에서 발생한 지연 변이에 의해 미디어 스트림들의 훼손된 시간 관계를 복원하는 것으로 미디어내 동기화와, 미디어간 동기화 방식으로 구성된다 [2, 3]. 두번째 요소인 패킷 손실에 대한 제어는 서버의 전송률을 변화시켜 패킷 손실률을 줄이기 위한 방식이다. 세번째 요소는 클라이언트의 재생 처리능력에 대한 제어인데, 이것은 다양한 클라이언트의 재생 처리능력의 변화를 고려하기 위한 것이다[4, 5].

위에서 나열한 제어 방법들을 이용한 다양한 연구가 진행되어 왔으나 나름대로의 장단점을 가지고 있다. 스트리밍 시스템에서 재생화질의 저하는 주로 전송된 프레임의 손실에 기인한다. 이러한 에러의 복구를 위하여 기존 시스템들에서는 재생의 실시간성에 중점을 두고 손실에 대처하지 않는 경우[5]와 손실된 프레임에 대해 재전송을 수행하는 경우가 있다[6]. 또한 Floyd 등은 제한된 대역폭을 가진 네트워크에 혼잡(congestion)을 일으키기 쉬운점을 감안하여 임의로 선택된 흐름의 패킷을 드롭하는 방법을 사용하였다

[†] 정 회 원 : 우송공업대학 컴퓨터정보계열 교수
^{**} 정 회 원 : 경북대학교 컴퓨터공학과 교수
논문접수 : 2000년 7월 4일, 심사완료 : 2000년 12월 8일

[7]. Hui가 제안한 방식은 버퍼를 세단계로 나누어 버퍼 수위가 각 단계의 임계치를 지나면, 서버의 전송시간을 재설정하여 수신측의 버퍼 수위를 정상상태로 유지하는 방법이다 [8]. Rangan과 Xie가 제안한 방식은 타임 스탬프를 이용하여 서버의 전송 시간을 제어하는 방식이다[9, 10].

Cen이 제안한 방식은 위의 세가지 제어를 모두 포함하고 있으나, 지연에 대한 제어 방식으로 서버의 전송 시간을 재설정하며 그 과정이 복잡하다[5]. 그리고 클라이언트의 재생 처리능력에 대한 고려가 미흡하고, 패킷 손실에 대한 서버의 전송률 제어가 신속하게 동작하지 못하는 문제점이 있다. 그리고 Yuang이 제안한 방식은 버퍼 수위에 따라 클라이언트의 재생시간을 재설정하는 방식으로[11], 지연변이에 대한 제어를 위해, 버퍼 수위를 사용하여 서버의 전송시간을 제어하는 방식은 망의 폭주로 손실률이 증가할 수 있는 환경에서는 부적합하다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 본 논문에서는 적응적 멀티미디어 동기화 방식을 제안하였다.

제안된 동기화 모델은 클라이언트의 재생예정시간 재설정 방식과 서버의 전송률 제어 방식으로 구성된다. 클라이언트의 재생예정시간 제어 방식은 클라이언트에 지연 버퍼를 두고, 지연변이에 대해서는 클라이언트의 재생예정시간을 재설정하도록 하여 서버의 전송 시간 재설정 방식보다 간단하며, 인터넷 환경과 같이 손실과 지연의 한계가 없는 망환경에 적합하다. 서버의 전송률 제어 방식은 망에서 발생하는 패킷 손실률과 클라이언트의 재생 처리율을 동시에 고려하여 서버의 전송률을 제어하여, I픽처와 P픽처의 수신율을 높일 수 있도록 하였다.

본 논문의 내용은 다음과 같이 구성되어 있다. 서론에 이어 2장에서는 제안된 적응적 멀티미디어 동기화 방식에 대해 살펴본다. 그리고 3장에서 모의 실험을 통한 성능평가를 살펴보고, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

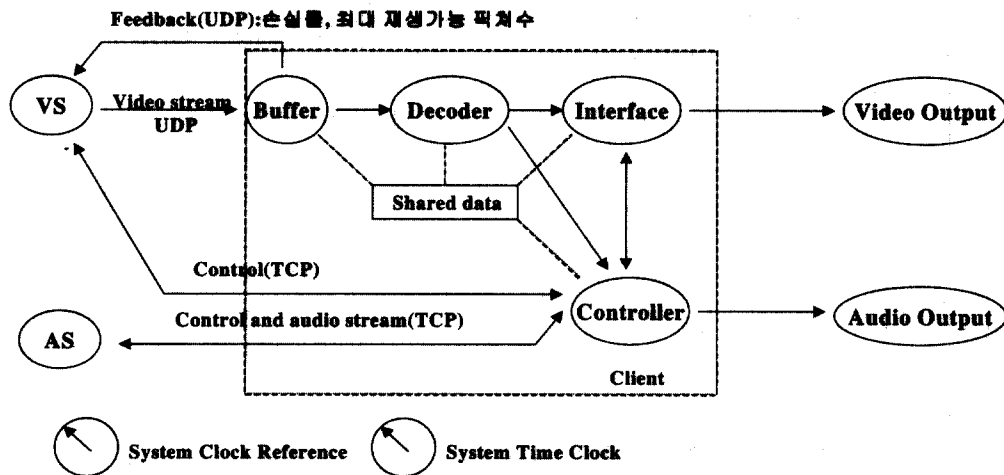
2. VOD를 위한 적응적 멀티미디어 동기화 알고리즘

2.1 VOD 시스템을 위한 동기화 모델

본 동기화 방식은 MPEG SYSTEM스트림의 특징인 비디오/오디오 다중화 방식에 적합하게 고려되었으며, 망의 상태에 따라 경험하게 되는 지연과 손실에 적응적으로 재생 시간 및 전송량을 조절하도록 하였다. VOD서버와 클라이언트의 시스템 구조를 (그림 1)에서 보여준다. 서버는 SCR(System Clock Reference)의 시간 정보를 가지며, 클라이언트 역시 90khz의 STC (System Time Clock)를 가지고 동기화를 수행한다. 전송 서버의 패킷 전송부에서는 MPEG SYSTEM스트림의 특성상 패킷 단위의 전송을 수행하게 되는데, 패킷 헤더의 SCR값에 따라 전송 시간이 스케줄링 된다. 즉 서버에서 90khz의 SCR클럭을 가지며 현재 패킷의 SCR값이 서버의 SCR값과 일치할 때 패킷을 전송하도록 하여 클라이언트의 복호 시에 참조되는 90khz의 STC와 동기를 유지할 수 있다.

클라이언트는 패킷 수신부, 비디오/오디오 디코더로 구성된다. 클라이언트의 패킷 수신부에서는 최초의 패킷을 수신한 후 초기지연시간 이후부터 STC클럭을 증가시키며, STC의 시간을 90khz로 유지하여 기준 시간으로 한다. 서버의 SCR과 클라이언트의 STC의 clock drift는 무시하고 망에서 발생하는 패킷의 지연과 손실에 대해서만 고려한다.

VOD서비스를 위해 두 가지 정보 흐름이 존재하게 되는데, 하나는 멀티미디어 스트림의 전송을 위한 흐름이고, 다른 하나는 제어 정보를 위한 흐름이다. 일반적으로 스트림은 실시간으로 전송이 이루어져야 하므로 UDP(User Datagram Protocol)를 사용하며, 제어 정보는 TCP(Transmission Control Protocol)를 사용하고 있다. 서버에서 전송시 망의 상태 파악을 위해 전송 단위마다 RTP(Realtime Transport Protocol)헤더를 부가 정보로 붙여 클라이언트로



(그림 1) 시스템 모델

전송한다. RTP헤더에는 순서번호가 존재하므로 이를 검사하여 망에서 발생한 손실률을 알 수 있다. 클라이언트에서 RTP패킷을 수신하면 RTP헤더 정보를 이용하여 손실률을 알아내고 그 정보를 피드백하여 그 손실률에 따른 제어 동작을 수행한다. 손실률이 증가하면 전송 픽처 수를 줄여 폭주를 해소하도록 하며, 손실률이 다시 감소한다면 전송 픽처 수를 늘리도록 한다. 서버의 전송 제어부는 클라이언트로부터 전송되는 패킷 손실률 ρ 와 재생 처리율 정보 P_{max} 를 이용하여 전송률을 구하게 된다. 전송률의 변화가 발생하면 서버는 제안된 선택적 픽처 폐기 방식을 통하여 전송률을 적용적으로 제어한다.

2.2 미디어내 동기화 알고리즘

2.2.1 패킷 손실률에 대한 전송률 제어

MPEG-1 픽처 형식에는 I, P, B의 세 종류가 있으며 I, P 픽처가 B 픽처 보다 상대적으로 복호 시 더 중요시 된다 [12]. 따라서 폭주로 인한 패킷 손실률 증가 시 B픽처를 선택적으로 폐기하여 서버의 전송률을 줄임으로써 I, P 픽처의 손실률을 줄이게 된다. I, P픽처의 손실률이 줄게 되면 I, P 픽처의 수신율이 커지므로 서버의 전송률 제어를 수행하지 않는 경우보다 더 좋은 화질을 제공하게 된다. 전송할 모든 프레임은 데드라인 t_d 를 갖고 있으며 네트워크의 round-trip time을 rtt , 패킷 손실률을 ρ 라고 하고 클라이언트의 버퍼의 크기는 GOP의 개수로 표현된다고 하면, 프레임 선택을 위한 임의의 시점 t 에서 선택된 프레임이 전송될 수 있는 전송가능 회수는 다음과 같다.

$$r_t = \min \left(\left\lfloor \frac{t_d - t}{rtt} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{buffer - time}{rtt} \right\rfloor \right) \quad (2.1)$$

만약 시점 t 에서 t_d 가 임박하여 시간이 충분하지 않으면 프레임을 버리게 된다. 즉 시점 t 에서 전송가능회수 r_t 가 0 이면 프레임을 폐기한다. 이때 전송 제어부에서는 전송된 패킷 손실률에 따른 선택적 픽처 폐기를 통해 서버의 전송률을 제어한다. I, P 픽처는 B 픽처의 복호를 위해 필수적이므로 폐기되어서는 안되며, 비디오 정보는 GOP라는 단위를 가지게 되는데 이를 기준으로 복호가 새롭게 시작될 수 있다. 따라서 B 픽처를 GOP 단위로 폐기하도록 하는 것이 바람직하다. 이를 고려 하여 망에서 발생한 패킷 손실률에 따른 서버의 전송률 제어 방법을 (그림 2)와 같이 제안하였다.

여기서 P_n 은 새로운 전송 픽처 수, P_c 는 현재 전송 픽처 수, P_{max} 는 디코더의 최대 재생 가능한 픽처 수, 그리고 P_{min} 은 최소 요구 픽처 수를 나타낸다. 전송률 조절을 위한 T_{H} 와 T_{L} 는 각각 손실률의 높은 임계치와 낮은 임계치를 나타낸다. 그리고 γ 는 1보다 작은 값으로 픽처 수의 감소를 위한 파라메타이고, μ 는 픽처 수 증가를 위한 파라메타이

다. Cen 이 제안한 방식은 픽처 수 변화를 고정 단위로 하여 망 상황에 신속하게 동작할 수 없으나[5], 제안된 방식은 additive하게 증가하며 multiplicative하게 감소하므로 더욱 신속하게 동작 한다.

```

if  $\rho \geq T_H$ 
  then  $P_n = \max([P_c \cdot \gamma], P_{min})$  //감소
else if  $T_H > \rho > T_L$ 
  then  $P_n = P_c$  //유지
  else  $P_n = \min([P_c \cdot \mu], P_{max})$  //증가
end if
    
```

(그림 2) 패킷 손실률에 따른 서버의 전송률 제어

2.2.2 클라이언트의 재생 처리율에 대한 전송률 제어

망에서 발생한 패킷 손실을 제외한 서버의 전송률과 클라이언트의 재생 처리율 차이로 인한 손실에 대한 제어 방식이다. 클라이언트의 디코더에서는 오디오 스트림은 폐기 없이 재생되지만, 비디오 스트림은 디코더의 처리능력에 따라 폐기될 수 있다. 이에 대한 처리로 클라이언트의 비디오 디코더는 재생 가능한 픽처 수인 P_{max} 를 주기적으로 검사하여 서버의 전송 제어부로 전달하며, 서버는 P_{max} 이상의 픽처를 전송하지 않게 제어하여 망 자원을 효율적으로 사용한다. P_n 은 P_{max} 와 P_{min} 사이인 30에서 10사이의 정수 값으로 정해진다. 클라이언트의 재생 처리율은 재생 동안에 변할 수 있으므로, 클라이언트는 주기적으로 재생 처리능력을 검사하여 그 정보를 서버의 전송 제어부로 전달하여, 서버가 P_{max} 이상 전송하지 않도록 한다. 클라이언트는 종료 시 P_{max} 정보를 저장하고 클라이언트가 다시 시작될 때 저장된 P_{max} 정보를 사용하여, 서버가 P_{max} 이상 픽처를 전송하지 않도록 한다. 따라서 재생 초기부터 서버의 전송률과 디코더의 재생처리 능력의 차이를 제거하게 된다.

2.2.3 패킷 지연변이에 대한 클라이언트의 재생예정시간 제어

Cen 이 제안한 방식[5]은 클라이언트의 피드백 정보를 이용하여 서버의 전송시간을 재설정하는 방식으로 새로운 전송시간을 설정하는 방법이 복잡하며, 이는 인터넷환경과 같이 손실과 지연의 한계가 보장되지 않는 환경에서는 적합하지 않다. 이러한 망 환경에서의 지연변이에 대한 제어로는 서버의 전송시간을 제어하는 방식보다 클라이언트의 재생예정시간을 재설정하는 방식이 바람직하다. 제안된 방식은 지연변이에 대한 제어를 위해 클라이언트에 지연 버퍼를 두고, 작은 지연변이에 대해서는 지연 버퍼에서의 버퍼링을 통해 지연변이를 보상한다. 그리고 지연 버퍼에서 제어할 수 없는 큰 지연변이에 대해서는 재생예정시간을 재설정하도록 하여 기존의 지연변이에 대한 제어방식보다 간단하다.

(그림 3)에 제안된 미디어내 동기화 방식의 지연변이에 대한 재생예정시간 제어 알고리즘이 나타나 있다. RTP 패킷 수신 후에 패킷을 분리하여 두 단계의 미디어 내 동기화 과정을 거치게 된다. 먼저 첫번째 단계에서는 망에서 발생한 패킷 지연의 크기를 구한다. 서버에서는 SCR을 기준으로 패킷 전송하므로 수신된 SCR은 서버에서의 패킷 전송된 시간이며, 수신된 시점에서의 클라이언트의 STC는 패킷의 도착 시간이 된다. 따라서 수신된 패킷의 SCR값과 도착 시의 클라이언트 STC와의 차이로 지연을 구할 수 있다. 예정된 재생 시간보다 일찍 도착한 패킷은 지연 버퍼에 삽입한 후 재생예정시간에 맞추어 재생하도록 한다. 만약 패킷이 예정된 재생 시간 보다 늦게 도착하면 이러한 패킷은 폐기되어야 한다. 늦게 도착하더라도 다음 재생에 영향을 미치지 않을 정도의 시간 τ_p 내에 도착하면, 디코딩 버퍼로 보내서 지연 없이 바로 재생하도록 한다. 그러나, τ_p 보다 더 늦게 도착한 패킷은 폐기된다.

```

while (not EOF) do
  Get a new pack
  D=SCR-STR
  if D>0 then
    insert into Delay buffer
    else if D> $\tau_p$  then
      insert into decoding buffer
    else discard
  end-if
   $D_f = D * \alpha + D_f * (1 - \alpha)$ 
  if  $T_{dl} < D_f < T_{th}$  then
    continue
  else if  $D_f \leq T_{dl}$  then
    STC=STC- $\delta$ 
    Continue
  Else
    STC=STC+ $\delta$ 
    Continue
  End-if
end-while
    
```

(그림 3) 패킷 지연변이에 대한 재생예정시간 제어 알고리즘

두 번째 단계는 망에서 발생하는 지연에 대해 클라이언트의 재생예정시간 재설정 과정으로 재생예정시간 지연 동작과 재생예정시간 전진 동작으로 구성된다. 각각의 패킷 경험하는 지연(D)을 저주파 대역 통과와 특성을 가지는 필터를 거치게 하여 평균지연(D_f)을 구한다. 이렇게 구한 평균지연은 망에서 발생하는 순간적인 트래픽 변동에 따른 빈번한 제어를 방지하는 역할을 한다. 망의 지연이 한계치 이상으로 유지 되면, 연속적인 패킷의 폐기가 발생할 수 있다. 이를 처리하기 위해 평균지연이 한계치 T_{dl} 보다 작게 되면 STC를 감소시켜 폐기를 방지하도록 한다. 반대로 평균지연이 다시 줄게 될 경우 제어를 하지 않으면 지연버퍼에서 경험하는 지연이 증가하고 더 큰 버퍼가 요구된다. 이를 처리하기 위해 평균지연의 값이 한계치 T_{th} 를 넘을 경우 STC를 증가시켜 정상 상태로 동작하도록 하고 있다.

먼저 재생예정시간 지연동작 과정은 망의 폭주 상태로 지연이 늘어난 경우 패킷들이 늦게 도착한 것으로 간주되어 폐기되는 것을 방지하는 역할을 한다. 클라이언트의 STC을 δ 만큼 줄임으로써 시간의 지연효과를 가지게 되어 폐기가 방지된다. 재생예정시간 전진동작은 망의 폭주 상태 해제로 지연이 줄어든 경우 STC을 δ 만큼 늘림으로 다시 정상상태로 동작하게 된다.

2.3 미디어간 동기화 알고리즘

비디오 재생 과정에서는 재생할 프레임의 PTS가 STC보다 큰 경우 그 차이 만큼 기다렸다가 재생을 하고, PTS가 STC 보다 작은 경우는 이미 늦게 도착한 것이므로 폐기하여야 한다. 그러나 다음 프레임을 재생할 수 있는 한계 τ_p 안으로 늦게 도착한 경우는 지연 없이 바로 재생을 수행하게 된다. 그리고 비디오 디코더는 재생 가능한 픽처 수를 주기적으로 검사하며 이를 P_{max} 로 설정하여 서버가 P_{max} 이상 전송하지 않도록 한다. 오디오 정보는 비디오 정보에 비해 손실에 민감하며 복호시의 부하가 적기 때문에, 재생할 때 폐기 하지 않는다.

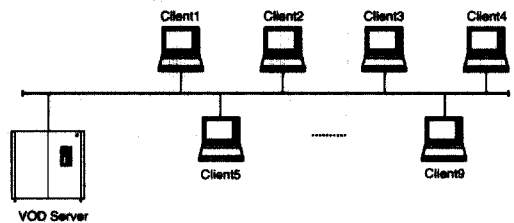
3. 모의 실험을 통한 성능 평가

3.1 패킷 손실률에 대한 서버의 전송률 제어 결과

패킷 손실률에 대한 서버의 전송률 제어 성능을 평가하기 위해 10Mbps의 이더넷 망에 서버와 클라이언트가 접속된 환경에서 모의 실험을 수행 하였으며, 실험을 통해 패킷 손실률에 대한 서버의 전송률 제어를 통해 서비스 품질이 개선됨을 알 수 있다.

P_{max} 가 30, P_{min} 이 10인 경우, 망에서 발생한 패킷 손실에 대한 서버의 전송 픽처 수 제어 결과로 픽처 수신율을 비교하여 화질 개선 정도를 보여준다. 여기서 μ 는 $2P_{max}/30$ 으로 하였고, γ 는 27/30으로 설정하였다. 그리고 T_{th} 은 1, T_{dl} 는 5로 하여 패킷 손실률이 1%와 5% 사이에서는 현재의 전송 픽처 수를 유지한다. 그리고 패킷 손실률이 5% 이상일 경우는 전송 픽처 수를 줄이며, 손실률이 1% 미만일 경우는 전송 픽처 수를 증가하게 된다. 여기서 전송 픽처 수는 P_{max} 와 P_{min} 사이에서 변화하게 된다.

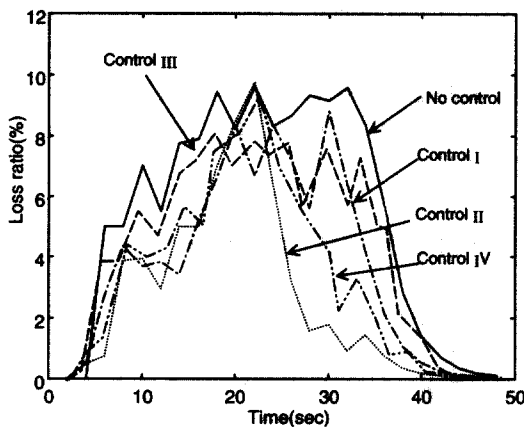
실험 환경은 (그림 4)와 같이 9개의 VOD 클라이언트들이 서비스 요구할 경우이다.



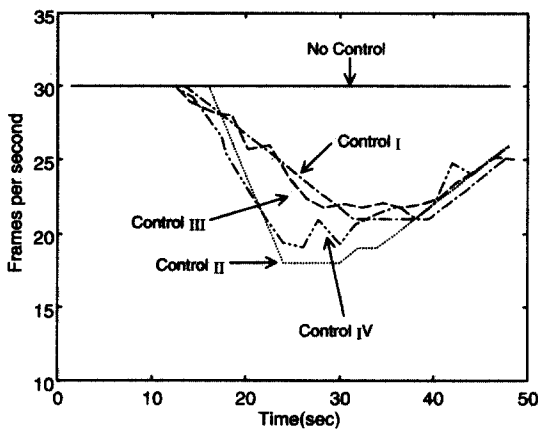
(그림 4) 실험에서 사용한 망환경

하나의 VOD 서비스가 요구하는 대역폭은 약 1.2M bps 이므로, 9개의 VOD 서비스에 대해서는 10.8Mbps의 대역폭이 요구된다. 따라서 10Mbps의 망환경이므로 9개의 VOD 서비스 시에 손실이 발생하게 된다. 실험 시 5개의 VOD 클라이언트가 먼저 서비스를 요구하게 되고, 4초 후에 나머지 4개의 VOD 클라이언트가 서비스를 요구하도록 하여 4초 이후부터 제어가 시작됨을 알 수 있다.

(그림 5)는 두 클라이언트의 패킷 손실률 결과를 나타내고, (그림 6)은 서버에서의 전송 픽처 수의 결과를 나타낸다. 제어를 수행하지 않은 경우는 서버가 전송 픽처 수를 변화시키지 않으므로 손실률이 상대적으로 큰 값으로 유지된다. 그러나 제어를 수행한 경우는 손실률이 증가하면 전송 픽처 수를 줄여 손실률이 감소함을 결과에서 알 수 있다.



(그림 5) 클라이언트의 패킷 손실률



(그림 6) 서버의 전송 픽처 수

제어 I은 Cen이 제안한 방식인 픽처 증감치를 1로 고정 한 경우이고, 제어 II는 본 논문에서 제안된 방식이다. 제어 III과 IV는 Hui의 방법과 Yuang의 방법에 의한 실험 결과이다. 전송이 시작되고 나서 약 4초 후에 트래픽의 증가로 부하가 걸리기 시작하면서 패킷 손실률이 증가하게 되며, 이때 비제어 경우는 서버가 전송률을 줄이지 않기 때문

에 패킷 손실률이 다른 경우들 보다 높음을 알 수 있다. 제어 I 방식은 손실률에 따른 전송률 증감치가 작기 때문에 신속하게 손실률을 줄일 수가 없으나, 본 논문에서 제안한 방식인 제어 II 방식은 망 상황에 신속하게 동작함을 알 수 있다. <표 1>의 클라이언트의 픽처별 평균 수신율 결과 역시 제어 II 경우가 I, P픽처의 수신율이 크므로 더 나은 화질을 제공할 수 있다.

화질에 대한 성능 평가를 위해 각 픽처별 수신율을 구하였으며, 클라이언트들의 각 픽처별 평균 수신율은 <표 1>과 같다.

<표 1>에서의 픽처 수신율은 서버에서 픽처를 폐기하기 전의 코딩된 스트림의 픽처수에 대한 클라이언트의 픽처 수신율이다. 픽처의 크기가 클수록 손실이 발생할 확률이 높기 때문에, I픽처의 수신율이 P픽처의 수신율 보다 작게 나타남을 알 수 있다. 그리고 제어를 한 경우 I픽처와 P픽처의 수신율이 제어를 수행하지 않은 경우 보다 높음을 알 수 있다. 그런데 B픽처의 수신율 경우는 제어를 하지 않은 경우가 더 높다. 이는 서버에서 B픽처를 선택적으로 폐기하지 않아서 제어를 수행한 경우 보다 더 많은 B픽처를 전송하므로 픽처 수신율이 상대적으로 높게 된다. 그러나 I픽처나 P픽처가 수신되지 못한 GOP 내의 B픽처는 복호시에 화질의 열화가 발생하므로 I, P 픽처를 모두 수신한 경우인 유효 B픽처의 수신율을 구하였다. 제어를 수행하지 않은 경우 B픽처의 수신율에 비해 유효 B픽처의 수신율이 낮아짐 알 수 있으며, 따라서 화질의 열화가 예상된다.

<표 1> 클라이언트의 픽처 수신율

	I픽처 수신율	P픽처 수신율	B픽처 수신율	유효 B픽처 수신율
No Control	0.8890	0.9350	0.9550	0.8595
Control I	0.9231	0.9525	0.7690	0.7224
Control II	0.9517	0.9725	0.7120	0.6944
Control III	0.9345	0.9689	0.7482	0.7063
Control IV	0.9487	0.9542	0.7113	0.6775

3.2 패킷 지연변이에 대한 클라이언트의 재생예정시간 제어 결과

패킷 지연변이에 대한 클라이언트의 재생예정시간 제어 성능을 평가하기 위해 지연이 증가했다가 다시 감소하는 망환경에 대한 모의 실험을 수행하였다. (그림 7)은 미디어 내 동기화 방식에 포함되는 지연변이에 대한 재생예정시간 제어를 적용하지 않은 경우와 적용한 경우의 실험 결과를 나타낸다. 실선인 STC는 재생예정시간을 나타내고, 점선인 SCR은 수신시간을 나타낸다. SCR 곡선은 실제 패킷 도착했을 때의 SCR값이고, 첫 패 수신 후 초기 지연시간 이후에 재생이 수행되며 이때부터 STC가 증가한다. SCR 곡선과 STC 곡선 사이의 거리는 각 수신된 패킷 지연버퍼에서 재생될 동안 기다리는 시간 즉, 지연버퍼의 시간적 크기가

다. 제어가 없는 경우인 (그림 7-a)는 평균 지연의 증가 시 SCR곡선이 STC곡선 아래로 이동하며, 이것은 연속적인 패킷의 폐기를 의미한다. 재생예정시간 지연동작만 적용한 경우인 (그림 7-b)는 패킷의 연속적인 폐기는 사라지나, 망의 폭주 해제로 지연이 다시 감소한 경우에 STC곡선과 SCR

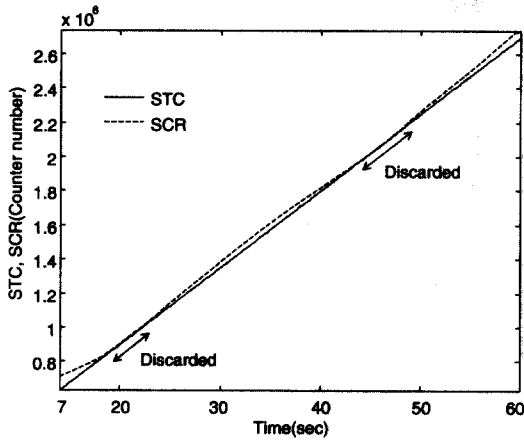
곡선의 사이가 멀어지게 되어 버퍼에서 불필요한 지연을 더 경험하게 된다. 재생예정시간 지연/전진 동작을 모두 적용한 경우인 (그림 7-c)는 지연이 증가한 경우 STC를 감소시켜 연속적인 폐기를 방지하고, 지연이 감소한 경우에는 STC를 증가 시켜서 재생 지연시간이 일정하게 유지됨을 알 수 있다.

4. 결 론

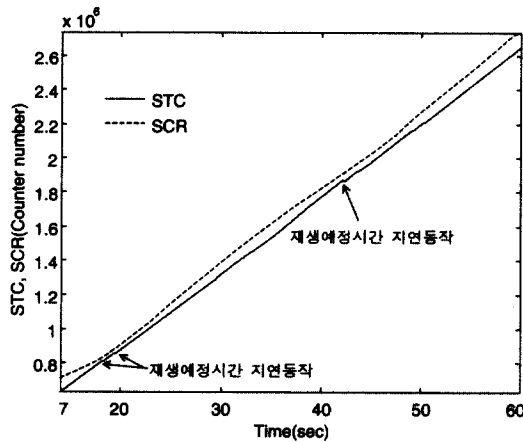
본 논문에서는 인터넷 환경과 같이 공통적인 네트워크 클럭이 존재 하지 않고, 대역폭 제약, 지연의 한계 등이 보장되지 않는 망 환경에서 주문형 비디오 서비스를 제공 하기 위한 적용형 멀티미디어 동기화 알고리즘을 제안하였고 VOD 서비스의 접속 형태를 웹 상에서 실현 가능한 구조로 구현하였다. 제안된 동기화 방식은 MPEG-1 시스템 스트림의 특성에 적합하도록 패킷 계층에서 미디어내 동기화를 이루도록 하고, 패킷 계층에서 미디어간 동기화를 이루도록 하고 있다. 망에서 발생한 손실과 클라이언트의 재생 처리능력을 동시 고려하여 서버의 전송률을 제어하고, 지연변이에 대해서는 재생예정시간 제어를 통해 적응적으로 동기화를 이루도록 하여 망 환경에 신속하게 동작 하며, 더 나은 서비스 품질을 제공함을 실험을 통해 확인 하였다.

참 고 문 헌

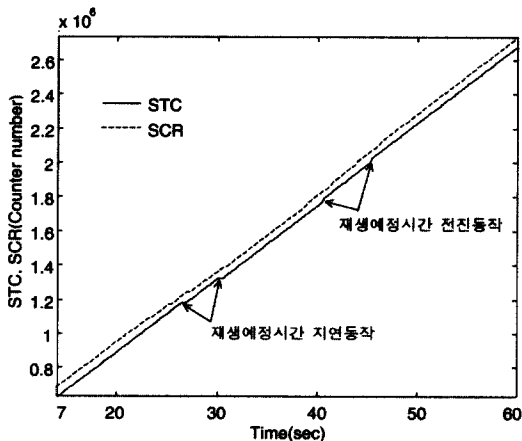
- [1] I. Joe, "Packet loss and jitter control for real-time MPEG video communications," *Computer Communications*, Vol.19, No.3, pp.901-914, 1996.
- [2] E. Biersack, W. Geyer, and C. Bernhardt, "Intra- and inter-stream synchronization for stored multimedia streams," *Proc. of MULTIMEDIA '96*, pp.372-381, 1996.
- [3] S. Tasaka, H. Nakanishi, and Y. Ishibashi, "Dynamic resolution control and media synchronization of MPEG in wireless LANs," *Proc. of IEEE GLOBECOM*, 1997.
- [4] Z. Chen, S. Tan, R. Campbell, and Y. Li, "Real time video and audio in the world wide web," *Proc. Fourth International World Wide Web Conference*, 1995.
- [5] S. Cen, C. Pu, R. Staehli, C. Cowan, and J. Walpole, "A distributed real-time MPEG video audio player," *Fifth International Workshop on Network and Operating System Support of Digital Audio and Video (NOSSDAV'95)*, Durham, New Hampshire, Apr. 1995.
- [6] Rowe, Lawrence A. and Brian C. Smith. "A continuous media player," In *Proceedings of 3rd International Workshop on Network and Operating System Support for*



(a) 제어가 없는 경우



(b) 재생예정시간 지연동작만 적용 경우 그림



(c) 재생예정시간 지연/전진 동작 적용 경우

(그림 7) 패킷 지연변이에 대한 재생예정시간 제어

Digital Audio and Video, 1992.

- [7] Floyd, Sally and Van Jacobson. "Random early detection gateways for congestion avoidance," *IEEE/ ACM Transactions on Networking*, 1(4), pp.397-413, 1993.
- [8] J. Y. Hui, E. Karasan, J. Li, and J. Zhang, "Client- server synchronization and buffering for variable rate multimedia retrievals," *IEEE JSAC*, Vol.14, No.1, pp.226-237, Jan. 1996.
- [9] P. V. Rangan, S. S. Kumar, and S. Rajan, "Continuity and synchronization in MPEG," *IEEE JSAC*, Vol.14, No.1, pp.52-60, Jan. 1996.
- [10] Y. Xie, C. Liu, M. J. Lee and T. N. Saadawi, "Adaptive multimedia synchronization in a teleconference system," *IEEE ICC '96*, pp.1355-1359, 1996.
- [11] M. C. Yuang, S. T. Liang, Y. G. Chen, and C. L. Shen, "Dynamic video playout smoothing method for multimedia application," *IEEE ICC '96*, pp.1365-1368, 1996.
- [12] ISO/IEC 13818-1, 2, 3 *International Standard*, 11 Nov. 1994.



조 대 제

e-mail : djcho@woosongtech.ac.kr
 1984년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1986년 경북대학교 전자공학과 졸업
 (공학석사)
 1994년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과
 박사과정

1989년~현재 우송공업대학 컴퓨터정보계열 부교수
 관심분야 : 멀티미디어 시스템, Digital Watermarking, 영상처리 등



유 기 영

e-mail : yook@bh.kyungpook.ac.kr
 1976년 경북대학교 수학교육과 졸업(이학사)
 1978년 한국과학기술원 전산학과 졸업
 (공학석사)
 1992년 Rensselaer Polytechnic Institute
 졸업(이학박사)

1978년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야 : 병렬 및 분산처리, 병렬 컴파일러, 어레이 프로세서 설계