

# VOD 서비스를 위한 MPEG 스트림의 적응적 동기화 알고리즘 설계 및 구현

(Design and Implementation of an Adaptive Synchronization Algorithm of the MPEG Stream for VOD Services)

조 대 제<sup>†</sup> 이 영 후<sup>\*\*</sup> 유 기 영<sup>\*\*\*</sup>

(Dae-Jea Cho) (Young-Hoo Lee) (Kee-Young Yoo)

**요 약** 본 논문에서는 인터넷 환경에서 VOD (Video On Demand) 서비스를 위한 적응적 멀티미디어 동기화 방식을 제안하였다. 제안된 방식은 MPEG (Moving Picture Expert Group) 시스템 스트림의 특징을 고려하여 팩 (pack) 계층에서 미디어 내 동기화를 제어하며, 패킷 (packet) 계층에서 미디어간 동기화를 제어한다. 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 폐기를 통하여 서버의 전송률을 조절한다. 성능 평가를 통해 제안된 방식이 기존 방식보다 더 나은 서비스 품질을 제공함을 알 수 있었다.

**Abstract** In this paper, an adaptive multimedia synchronization scheme for VOD (Video On Demand) services in internet environments is proposed. This scheme considers the characteristics of MPEG (Moving Picture Expert Group) system stream. Consequently, the intra-synchronization is handled at the pack layer, and the inter-synchronization is handled at the packet layer. 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

멀티미디어 처리 기술과 통신망 기술의 발달로 인해, 컴퓨터 통신망에서 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 패킷

망을 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. 두 가지 요소는 망 상황에 대한 것으로 패킷 손실과 지연에 대한 제어이고, 나머지 하나는 클라이언트의 재생 처리능력에 대한 제어이다. 먼저 지연에 대한 제어는 망에서 발생한 지연 변이에 의해 미디어 스트림들의 훼손된 시간 관계를 복원하는 것으로 미디어내 동기화와, 미디어간 동기화 방식으로 구성된다[2,3]. 다음으로 패킷 손실에 대한 제어는 서버의 전송률을 변화시켜 패킷 손실을 줄이기 위한 방식이다. 마지막으로 클라이언트의

† 정 회 원 : 우송공업대학 컴퓨터정보계열 교수  
djcho@woosongtech.ac.kr

\*\* 비 회 원 : 삼성전자 연구원  
young@kmgw.tel.samsung.co.kr

\*\*\* 종신회원 : 경북대학교 컴퓨터공학과 교수  
yook@bh.kyungpook.ac.kr

논문접수 : 1999년 11월 9일

심사완료 : 2000년 5월 30일

재생 처리능력에 대한 제어는 다양한 클라이언트의 재생 처리능력의 변화를 고려하기 위한 것이다[4,5].

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. Hui가 제안한 방식은 버퍼를 세 단계로 나누어 버퍼 수위가 각 단계의 임계치를 지나면, 서버의 전송시간을 재설정하여 수신측의 버퍼 수위를 정상상태로 유지하는 방법이다[10]. Rangan과 Xie가 제안한 방식은 타임 스탬프를 이용하여 서버의 전송 시간을 제어하는 방식이다[11,12]. 그리고 Yuang가 제안한 방식은 버퍼 수위에 따라 클라이언트의 재생시간을 재설정하는 방식이다[13].

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 방식은 MPEG (Moving Picture Expert Group)-1 시스템 스트림의 특징을 고려한 동기화 모델을 제안하였으며[6], 동기화 모델은 클라이언트의 재생예정시간 재설정 방식과 서버의 전송률 제어 방식으로 구성된다. 먼저 MPEG-1 시스템 스트림의 특징을 고려하여 팩 (pack) 계층에서 미디어내 동기화를 처리하며, 패킷 (packet) 계층에서 미디어간 동기화를 처리하도록 동기화 모델을 구성하였다. 클라이언트의 재생 예정시간 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 제어한다. 패킷 손실률이 증가되면 B픽처를 선택적으로 폐기하여 서버의 전송률을 줄임으로써 화질에 영향을 크게 미치는 I, P픽처의 수신율을 높일 수 있다. 그리고 클라이언트의 재생 처리능력을 주기적으로 검사하여 서버가 그 이상으로 전송하지 않도록 한다. 제안된 방식은 서버의 전송률을 additive하게 증가하며 multiplicative하게 감소하므로 Cen의 방식보다 망 상황에 신속하게 대처할 수 있다[5].

본 논문의 내용은 다음과 같이 구성되어 있다. 서론에 이어 2장에서는 제안된 적응적 멀티미디어 동기화 방

식에 대해 살펴본다. 그리고 3장에서 모의 실험을 통한 성능평가를 살펴보고, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. VOD를 위한 적응적 멀티미디어 동기화 방식 제안

### 2.1 VOD 시스템을 위한 동기화 모델

본 논문에서 VOD 서버/클라이언트 시스템에 적용한 동기화 모델은 [그림 1]과 같다. 서버는 SCR (System Clock Reference)의 시간 정보를 가지며, 클라이언트 역시 90kHz의 STC (System Time Clock)를 가지고 동기화를 수행한다.

제안된 VOD 시스템 동기화 모델의 전송 부분은 실시간 스트림 전송부분과 제어 정보 전송 부분으로 구성된다. 먼저 스트림 전송 부분에서는 MPEG-1 시스템 스트림이 오디오/비디오가 하나의 팩 계층으로 다중화된 형태이므로 하나의 UDP 채널을 사용하여 실시간으로 전송한다. 그리고 수신측에서 패킷 손실률을 구하기 위해 RTP (Realtime Transport Protocol)를 상위 계층으로 이용한다. 제어 전송 부분에서는 세션 제어 기능, VCR 기능 및 전송 제어 기능을 위해 신뢰성이 보장되는 TCP를 하위 계층을 이용한다.

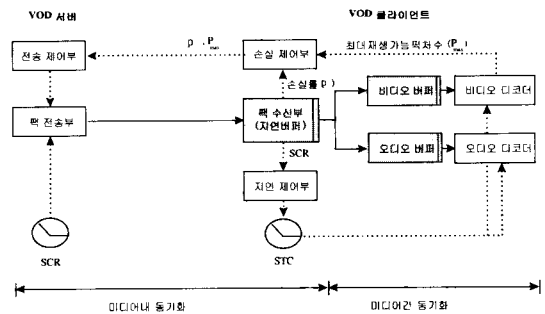


그림 1 VOD 시스템의 적응적 동기화 모델

서버는 팩 전송부와 전송 제어부로 구성된다. 서버의 팩 전송부에서는 MPEG-1 시스템 스트림의 특성상 팩 단위의 전송을 수행하게 되는데, 팩 헤더의 SCR 값에 따라 전송 시간이 스케줄링 된다. 즉 서버에서 90kHz의 SCR 클럭을 가지며, 전송 할 팩의 SCR값이 서버의 SCR값과 같게 되면 팩을 전송하도록 한다. 이렇게 함으로써 클라이언트의 복호 시에 참조되는 90kHz의 STC와 동기를 유지할 수 있다.

서버의 전송 제어부는 클라이언트로 부터 전송되는 패킷 손실률  $\rho$ 와 재생 처리율 정보  $P_{max}$ 를 이용하여

전송률을 구하게 된다. 전송률의 변화가 발생하면 서버는 제안된 선택적 픽처 폐기 방식을 통하여 전송률을 적응적으로 제어한다. 임의의 픽처를 제거하기 위해서는 픽처의 시작과 끝을 알고 있어야 하나, MPEG-1 시스템 스트림은 비디오와 오디오가 다중화되어 있기 때문에 별도의 정보 없이는 실시간으로 픽처 제거가 곤란하다. 따라서 본 논문에서는 픽처 제거를 위해 별도의 인덱스 정보를 이용하며, 전송률 제어를 위한 서버의 선택적 픽처 폐기 방식은 다음과 같다. 선택적 픽처 폐기는 1초 구간인 2개의 GOP (Group Of Picture) 단위마다 적용된다. I, P 픽처는 폐기 없이 전송되며, B 픽처는 전송 가능한 픽처수( $P_n$ )에 따라서 공평하게 폐기된다. 예를 들면  $P_n$ 이 20인 경우 10개의 B 픽처를 폐기하여야 하며, 이를 위해 2개의 B 픽처 마다 하나의 B 픽처를 폐기하도록 하였다.

클라이언트는 패 수신부, 손실 제어부, 지연 제어부 그리고 비디오/오디오 디코더로 구성된다. [그림 1]에서와 같이 패 수신부에서 SCR을 이용하여 미디어내 동기화를 담당하고, 각 미디어 디코더에서 미디어간 동기화를 STC와 각 미디어의 PTS(Presentation Time Stamp)를 이용하여 수행한다.

클라이언트의 패 수신부에서는 최초의 패를 수신 후 초기 지연시간 이후부터 STC 클럭을 증가 시키며, STC의 시간을 90kHz로 유지하여 기준 시간으로 설정한다. 서버의 SCR과 클라이언트의 STC의 시간차(clock drift)는 작은 값으로 무시할 수 있다. 따라서 제안된 동기화 방식에서는 클라이언트와 서버 사이의 시간차(clock drift)는 무시하고 망에서 발생하는 지연과 손실에 대해 고려하도록 한다. 패 수신부에서 패 수신 시 각 패킷의 미디어 식별정보를 이용하여 각 미디어 별로 버퍼에 저장한다. 즉 비디오 패킷은 비디오 버퍼에, 오디오 패킷은 오디오 버퍼에 저장하여 복호를 수행하도록 한다.

지연 제어부에서는 망에서 경험한 지연에 대해 STC를 적응적으로 재설정하는 두 단계의 미디어내 동기화 과정을 거친다. 첫번째 단계에서는 패를 수신한 후 버퍼에 저장할 지 폐기할 지를 결정하게 되며, 다음 단계에서는 지연변이에 대한 재생예정시간의 재설정 과정으로 구성된다. 손실 제어부에서는 RTP 헤더의 순서번호를 이용하여 서버의 전송 제어부로 패킷 손실률 정보를 전송한다.

각 미디어 디코더에서는 미디어간 동기화를 위해 각 패킷의 PTS 정보를 현재 디코더의 재생예정시간인 STC와 비교하여 PTS가 STC와 같게 되면 재생하게

된다. 비디오 디코더에서는 클라이언트의 재생 처리능력에 따라서 수신한 모든 픽처를 재생하지 못할 경우가 발생한다. 이때 비디오 디코더는 적당히 픽처를 폐기하고 재생을 한다. 이를 제어하기 위해 비디오 디코더에서는 현재 재생 가능한 최대 픽처 수  $P_{max}$ 를 구하고, 이 정보를 서버의 전송 제어부로 전송하여  $P_{max}$  이상의 픽처 전송을 방지한다.

2.2 제안된 적응적 멀티미디어 동기화 방식

2.2.1 미디어내 동기화

2.2.1.1 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[6]. 따라서 폭주로 인한 패킷 손실을 증가 시 B 픽처를 선택적으로 폐기하여 서버의 전송률을 줄임으로써 I, P 픽처의 손실률을 줄이게 된다. I, P 픽처의 손실률이 줄게 되면 I, P 픽처의 수신율이 커지므로 서버의 전송률 제어를 수행하지 않는 경우보다 더 좋은 화질을 제공하게 된다.

망에서 발생하는 패킷 손실에 대한 제어를 위해 클라이언트의 손실 제어부에서 RTP 헤더의 순서번호를 검사하여 패킷 손실에 대한 정보를 얻고, 이를 서버의 전송 제어부로 전송한다. 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 [표 1]과 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  $T_{th}$ 와  $T_{il}$ 는 각각 손실률의 높은 임계치와 낮은 임계치를 나타낸다. 그리고  $\gamma$ 는 1보다 작은 값으로 픽처 수의 감소를 위한 파라메타이고,  $\mu$ 는 픽처 수 증가를 위한 파라메타이다. Cen이 제안한 방식은 픽처

표 1 패킷 손실률에 따른 서버의 전송률 제어

패킷 손실률 $\rho$	판단	서버의 전송률 조정
$\rho >= T_{th}$	감소	$P_n = \max(\{P_c * \gamma\}, P_{min})$
$T_{th} > \rho > T_{il}$	유지	$P_n = P_c$
$\rho <= T_{il}$	증가	$P_n = \min(\{P_c + \mu\}, P_{max})$

수 변화를 고정 단위로 하여 망 상황에 신속하게 동작할 수 없으나[5], 제안된 방식은 additive하게 증가하며 multiplicative하게 감소하므로 더욱 신속하게 동작한다.

2.2.1.2 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. 예를 들어 디코더에서 재생 가능한 픽처가 초당 25 픽처 일 경우, 초당 30개 픽처가 수신되면 초당 5개의 픽처는 폐기된다. 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 되므로 망 자원을 효율적으로 사용한다. 일반적으로 GOP 당 15개 픽처가 존재하고 초당 2개의 GOP가 전송 되므로  $P_{max}$ 의 최대값은 30이 된다. 그리고  $P_{min}$ 은 30개의 픽처 중 20개의 B 픽처를 모두 폐기한 경우로 10이 된다. 따라서  $P_n$ 은  $P_{max}$ 와  $P_{min}$  사이인 30에서 10 사이의 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 화일에 저장한다. 클라이언트가 다시 시작될 때 이미 저장된  $P_{max}$  정보를 현재  $P_{max}$ 로 사용하여, 서버가  $P_{max}$  이상 픽처를 전송하지 않도록 한다. 따라서 재생 초기부터 서버의 전송률과 디코더의 재생처리 능력의 차이를 제거할 수 있다.

#### 2.2.1.3 패킷 지연변이에 대한 클라이언트의 재생예정 시간 제어

Gen이 제안한 방식[5]은 클라이언트의 피드백 정보를 이용하여 서버의 전송시간을 재설정하는 방식으로 새로운 전송시간을 설정하는 방법이 복잡하며, 이는 인터넷 환경과 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 기존

의 지연변이에 대한 제어방식보다 간단하다.

[그림 2]에 제안된 미디어내 동기화 방식의 지연변이에 대한 재생예정시간 제어 알고리즘이 나타나 있다. RTP 패킷 수신 후에 패킷을 분리하여 두 단계의 미디어내 동기화 과정을 거치게 된다. 첫번째 단계에서는 패킷을 수신한 후 버퍼에 저장할 지 폐기할 지를 결정하게 되며, 다음 단계에서는 지연변이에 대한 재생예정시간의 재설정 과정으로 구성된다.

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  $\tau_p$  내에 도착하면, [그림 1]의 디코딩 버퍼로 보내서 지연 없이 바로 재생하도록 한다. 그러나,  $\tau_p$  보다 더 늦게 도착한 패킷은 폐기된다.

두번째 단계는 망에서 발생하는 지연에 대해 클라이언트의 재생예정시간 재설정 과정으로 재생예정시간 지연 동작과 재생예정시간 전진 동작으로 구성된다. 각각의 패킷이 경험하는 지연(D)을 저주파 대역 통과의 특성

```

while (not EOF) do
  Get a new pack
  D=SCR-STR
  if D>0 then
    insert into Delay buffer
  else if D>τp then
    insert into decoding buffer
  else discard
end-if
DF=D*α+DF*(1-α)
if Tdt<D<Tth then
  continue
else if DF≠Tdt then
  STC=STC-δ
  continue
else
  STC=STC+δ
  continue
end-if
end-while

```

그림 2 패킷 지연변이에 대한 재생예정시간 제어과정

을 가지는 필터를 거치게 하여 평균지연( $D_p$ )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 발생될 수 있다. 이때 STC를 재설정하지 않으면 수신된 패킷이 늦게 도착한 것으로 간주 되어 연속적인 폐기가 이루어진다. 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  $T_{dH}$ 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  $\delta$ 만큼 줄임으로써 시간의 지연효과를 가지게 되어 폐기가 방지된다. 재생예정시간 전진동작은 망의 폭주 상태 해제로 지연이 줄어든 경우 STC을  $\delta$ 만큼 늘림으로 다시 정상상태로 동작하게 된다.

2.2.2 미디어간 동기화

```

while (not EOF) do
  Get a picture
  D=PTS-STC
  if D>0 then
    sleep(D) and playout
    continue
  else if D>  $\tau_p$  then playout
    continue
  else skip
    continue
  end-if
end-while
    
```

(a) 비디오 재생 과정

```

while (not EOF) do
  Get a frame
  D=PTS-STC
  if D>0 then
    sleep(D) and playout
    continue
  else playout
    continue
  end-if
end-while
    
```

(b) 오디오 재생 과정

그림 3 미디어간 동기화 방식

[그림 3]에 미디어간 동기화 방식의 과정이 나타나 있다. 비디오 재생 과정에서는 재생할 프레임의 PTS가 STC 보다 큰 경우 그 차이만큼 기다렸다가 재생을 하고, PTS가 STC 보다 작은 경우는 이미 늦게 도착한 것이므로 폐기하여야 한다. 그러나 다음 프레임을 재생할 수 있는 한계  $\tau_p$ 안으로 늦게 도착한 경우는 지연 없이 바로 재생을 수행하게 된다. 오디오 재생 과정에서는 오디오 정보가 비디오 정보에 비해 손실에 민감하며 복호시 부하가 적기 때문에, 오디오 정보를 폐기하지 않는다. 그리고 비디오 디코더는 재생 가능한 픽처 수를 주기적으로 검사하며 이를  $P_{max}$ 로 설정하여 서버가  $P_{max}$  이상 전송하지 않도록 한다.

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 수행하였으며, 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  $\mu$ 는  $2P_{max}/30$ 으로 하였고,  $\gamma$ 는  $27/30$ 으로 설정하였다. 그리고  $T_{L1}$ 은 1,  $T_{L2}$ 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.

실험은 [그림 4]에서와 같이 5개의 VOD 클라이언트와 백그라운드 트래픽을 발생시키는 망 환경에서 수행하였다. 이 실험을 통해 제안된 방식이 기존의 방식보다 망 상황에 더욱 신속하게 동작함을 알 수 있다. 포아송

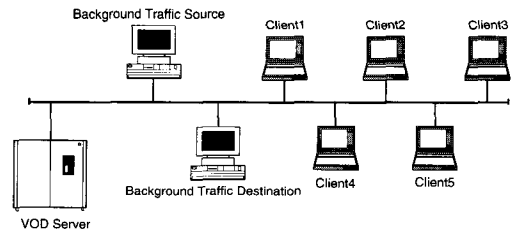


그림 4 실험에 사용된 망 환경

분포의 특성을 지닌 백그라운드 트래픽 소스는 3~35초 사이에 평균 4Mbps의 트래픽을 발생 시킨다.

[그림 5]는 각 제어 방식에 따른 클라이언트1의 패킷 손실률 결과를 나타내며, [그림 6]은 서버에서의 전송 픽처 수 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.

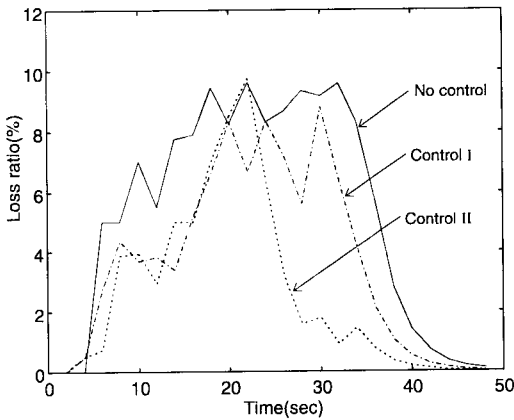


그림 5 클라이언트의 패킷 손실률

제어 I은 Cen이 제안한 방식인 픽처 증감치를 1로 고정한 경우이고, 제어 II는 본 논문에서 제안된 방식이다. [그림 5]에서 3초 이후 백그라운드 트래픽이 발생하기 시작하면서 패킷 손실률이 증가하게 되며, 이때 비제어 경우는 서버가 전송률을 줄이지 않기 때문에 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 당 상황에 신속하게 동작함을 알 수 있다.

화질에 대한 성능 평가를 위해 각 픽처별 수신율을 구하였으며, 클라이언트들의 각 픽처별 평균 수신율은 [표 2]와 같다. [표 2]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 B픽처

의 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 2]에서 클라이언트의 픽처별 평균 수신율을 비교해 보면 제어 II 경우가 I, P픽처의 수신율이 크므로 더 나은 화질을 제공함을 알 수 있다.

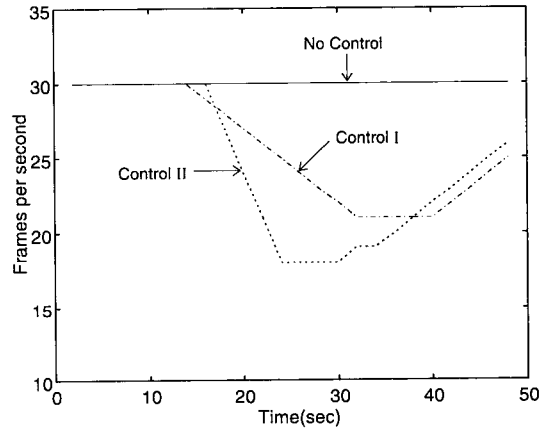


그림 6 서버의 전송 픽처 수

표 2 클라이언트의 픽처 수신율

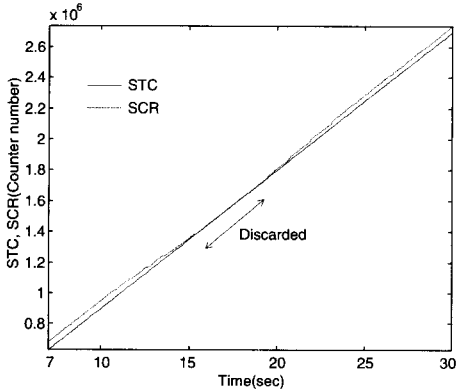
	I픽처 수신율	P픽처 수신율	B픽처 수신율	유효 B픽처 수신율
No Control	0.8890	0.9350	0.9550	0.8505
Control I	0.9231	0.9525	0.7690	0.7224
Control II	0.9517	0.9725	0.7120	0.6944

### 3.2 패킷 지연변이에 대한 클라이언트의 재생예정시간 제어 결과

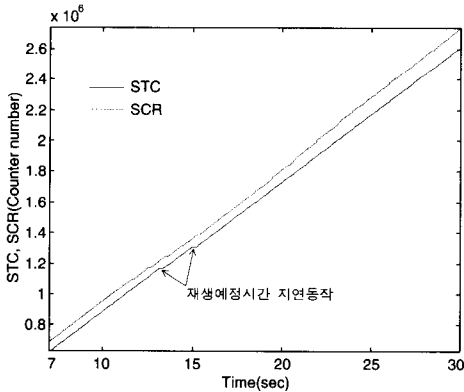
패킷 지연변이에 대한 클라이언트의 재생예정시간 제어 성능을 평가하기 위해 지연이 증가했다가 다시 감소하는 망환경에 대한 모의 실험을 수행하였다. [그림 7]은 미디어내 동기화 방식에 포함되는 지연변이에 대한 재생예정시간 제어를 적용하지 않은 경우와 적용한 경우의 실험 결과를 나타낸다. 실선인 STC는 재생예정시간을 나타내고, 점선인 SCR은 수신시간을 나타낸다.

SCR 곡선은 실제 패킷 도착했을 때의 SCR값이고, 첫 패킷 수신 후 초기 지연시간 이후에 재생이 수행되며 이때부터 STC가 증가한다. SCR 곡선과 STC 곡선 사이의 거리는 각 수신된 패킷 지연버퍼에서 재생될 동안

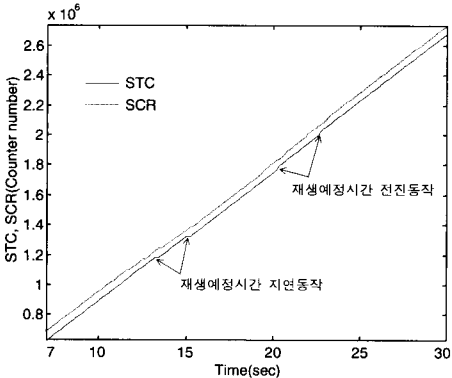
기다리는 시간 즉, 지연버퍼의 시간적 크기이다. 지연변이에 대한 제어의 낮은 임계치  $T_{dl}$ 는  $D_s * 0.5$ 로, 높은 임계치  $T_{dl}$ 는  $D_s * 1.5$ 로,  $\delta$ 는  $D_s * 0.5$ 로, 그리고 초기 지연시간  $D_s$ 은 500msec로 설정하였다.



(a) 제어가 없는 경우



(b) 재생예정시간 지연동작만 적용 경우



(c) 재생예정시간 지연/전진 동작 적용 경우

그림 7 패킷 지연변이에 대한 재생예정시간 제어

제어가 없는 경우인 [그림 7]의 (a)는 평균 지연의 증가 시 SCR곡선이 STC곡선 아래로 이동하며, 이것은 연속적인 패킷의 폐기를 의미한다. 재생예정시간 지연동작만 적용한 경우인 (b)는 패킷의 연속적인 폐기는 사라지나, 망의 폭주 해제로 지연이 다시 감소한 경우에 STC 곡선과 SCR곡선의 사이가 멀어지게 되어 버퍼에서 불필요한 지연을 더 경험하게 된다. 재생예정시간 지연/전진 동작을 모두 적용한 경우인 (c)는 지연이 증가한 경우 STC를 감소시켜 연속적인 폐기를 방지하고, 지연이 감소한 경우에는 STC를 증가시켜 재생 지연시간이 일정하게 유지됨을 알 수 있다.

[그림 8]은 각 제어에 따른 클라이언트의 버퍼 크기 변화의 결과를 나타낸다. [그림 7]에서 예상할 수 있듯이 제어가 없는 경우는 버퍼 고갈이 발생하며, 재생예정시간 지연동작만 적용한 경우는 버퍼 크기가 커지며, 재생예정시간 지연/전진 동작을 모두 적용한 경우는 버퍼 길이가 일정하게 유지됨을 알 수 있다.

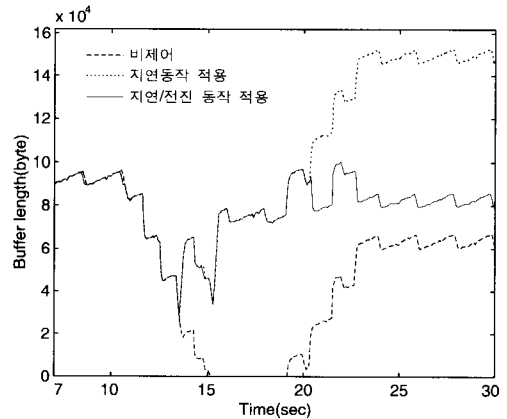


그림 8 클라이언트의 큐 크기

#### 4. 결론

WWW의 광범위한 사용으로 대부분의 멀티미디어 응용들이 웹 브라우저 상에서 수행이 되고 있는 추세이다. 이에 따라 VOD 서비스의 접속 형태를 웹 상에서 실현 가능한 구조로 구현하였다. 그리고 VOD 시스템을 인터넷 환경에 적용함으로써 발생하는 동기화 문제를 해결할 수 있는 멀티미디어 동기화 방식을 제안하였다.

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 동작하며, 더 나은 서비스 품질을 제공함을 알 수 있었다.

### 참고 문헌

- [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] ISO/IEC 13818-1, *International Standard*, 11 Nov. 1994.
- [7] ISO/IEC 13818-2, *International Standard*, 24 Mar. 1995.
- [8] ISO/IEC 13818-3, *International Standard*, 11 Nov. 1994.
- [9] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, RTP : a transport protocol for real-time application, *RFC 1889*, Jan. 1996.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.

- [13] 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.
- [14] W.C. Feng, F. Jahanian, and S. Sechrest, "Providing VCR functionality in a constant quality video-on-demand transportation service," *Proc. Of MULTIMEDIA '96*, pp. 127-135, 1996.



조 대 계

1984년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1986년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사). 1994년 3월 ~ 현재까지 경북대학교 컴퓨터공학과 박사과정. 2000년 6월 현재 우송공업대학 컴퓨터정보계열 재직. 관심분야는 멀티미디어 시스템, Digital watermarking, 영상처리.



이 영 후

1996년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1998년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사). 2000년 6월 현재 삼선전자 재직. 관심분야는 Mobile Ip, VOD 시스템.



유 기 영

1976년 경북대학교 수학교육학과 졸업(이학사). 1978년 한국과학기술원 전산학과 졸업(공학석사). 1992년 미국 Rensselaer Polytechnic Insitute 졸업(이학박사). 1978년 ~ 현재 경북대학교 컴퓨터공학과에 재직. 관심분야는 병렬 처리, DSP array processor 설계, 병렬 컴파일러 등임.