

# 클라이언트의 동적 버퍼 제어 신호에 의한 서버의 프레임 생략 전송 정책

정 흥 섭<sup>†</sup> · 박 규 식<sup>\*\*</sup>

## 요 약

VOD 서비스의 대부분 정책들은 주로 서버 시스템에 대해 연구되고 있고, 단절감 없는 재생과 재생질 보증의 근간이 되는 클라이언트의 버퍼 안정화 문제에 대해서는 언급되지 않고 있다. 본 논문에서는 클라이언트의 버퍼 상태가 스타베이션 또는 오버런인 경우 서버에 동적인 제어 신호를 발하고, 서버에서는 수신된 제어 요구 신호에 따라 프레임을 생략하여 전송하는 정책을 제안한다. 그리고 시뮬레이션을 통하여 제안 정책이 클라이언트의 버퍼 상태 악화로 인한 프레임의 미수신 및 손실을 방지하여 클라이언트의 버퍼를 안정화시켜 재생질 보증에 더 효율적임을 보인다.

## A Frame Skipping Transfer Policy for Server based on Clients Dynamic Buffer Control Signal

Hong-Seup Jeong<sup>†</sup> · Kyoo-Seek Park<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

Most policies of VOD services are mainly studied about server system, and make no touch on clients buffer stabilization which is the basis of guaranteeing playback quality and playing without cut off. In this paper, we proposed a skipping frame transfer policy that can sending dynamic buffer control signal to server in accordance with clients buffer state of starvation or overrun, and server transfers a skipped frame to client after receive the control signal. And through a simulation, we show the suggested policy is more efficiency on playback quality by buffer stabilization which is by preventing loss and miss for receiving frame due to grow worse client buffer state.

**키워드 :** 버퍼 안정화(Buffer Stabilization), 스타베이션(Starvation), 오버런(Overrun)

### 1. 서 론

VOD 서비스의 특성이 장시간의 전송 및 재생 시간을 요구하기 때문에, 고성능의 VOD 서버를 구비하여 고속의 통신망을 통해 MPEG 비디오 프레임을 전송하더라도 프레임의 높은 전송 대역폭과 다수의 사용자, 통신망의 과부하, 경부하 및 에러로 인하여 클라이언트는 프레임을 일정치 않은 시간 간격으로 수신하게 되거나 또는 수신하지 못하게 되어 클라이언트의 버퍼 상태도 수시로 변하게 된다. 이러한 버퍼 상태 변화로 인하여 클라이언트 버퍼에서는 스타베이션 또는 오버런이 발생될 수 있다. 최악의 경우에는 버퍼 넘침 또는 버퍼 고갈이 발생하여 프레임이 연속적으로 재생되지 못하게 하는 주원인이 되며, VOD 서비스의 원 목적을 상실하게 될 수 있다[1].

클라이언트의 화질 보증을 위해서는 단일 서버시스템에서의 여러 가지 정책보다는 클라이언트의 상태 변화를 서버에 알리고, 이에 따라 서버의 정책이 클라이언트로 이어지도록 하는 두 시스템간의 정보교환이 필요하다.

본 논문에서는 클라이언트에 버퍼를 두어 트래픽의 변화에 의한 프레임의 수신 상태를 지속적으로 모니터링하여 서버에 전송할 프레임을 조정하여 보내도록 제어신호를 발신한다. 서버에 클라이언트의 제어신호가 수신되면 그 제어신호에 따라 프레임을 생략 전송하는 정책을 제시한다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1. 클라이언트 버퍼

서버의 부적절한 라운드 길이로 인해 프레임 전송량이 클라이언트의 재생량보다 많거나 적은 경우와 서버의 프레임 전송량과 재생량이 일정하지만 통신망의 상태 변화에 따라 클라이언트는 프레임 수신율의 차이가 생기는 경우 이것의 보정하기 위해 버퍼를 사용한다[2]. [3]에서는 그림 1처럼 워터마크를 정하여 MPEG 프레임의 디코딩 범위를 정하기 위해 버퍼를 사용하고 있다.

수신된 프레임을 보관하는 버퍼는 매체 재생기에 정해진 속도로 프레임을 보내야만 자연스러운 재생을 할 수 있다. 하지만, 서버의 부적절한 라운드 길이가 지속되어 전송 지연이 발생한다면 버퍼의 상태 변화가 급격히 발생하게 된다. 또한 통신망의 상태에 따라 클라이언트 버퍼의 프레임 수

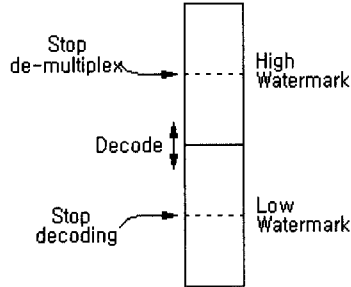
\* 본 논문은 2003년도 경남대학교 학술연구비 지원에 의해 수행되었음.

<sup>†</sup> 정 회 원 : 경남대학교 대학원 컴퓨터공학과

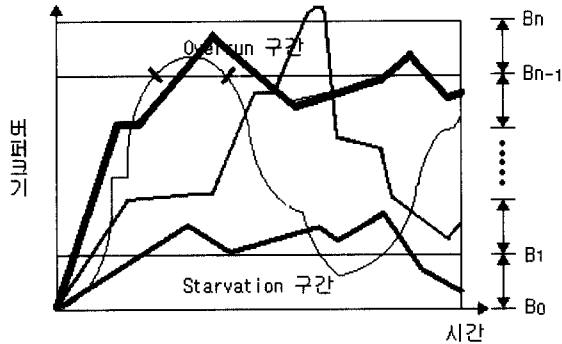
<sup>\*\*</sup> 정 회 원 : 경남대학교 정보통신공학부 교수

논문접수 : 2003년 7월 22일, 심사완료 : 2003년 12월 12일

신율이 급속적으로 증가하거나 감소하게 된다. 이러한 버퍼 상태가 지속되는 경우 클라이언트 버퍼는 (그림 2)처럼 계속적으로 상태가 변하게 되고 최악의 경우 스타베이션과 오버런이 발생할 수 있다[4].



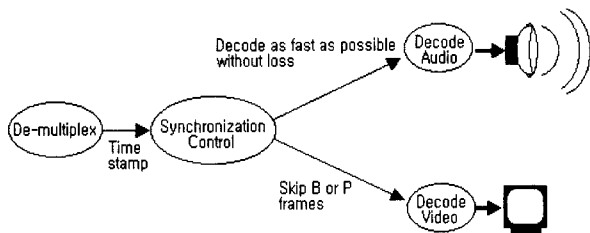
(그림 1) 비디오 재생기의 데이터 스트림 버퍼



(그림 2) 통신망의 상태 변화에 따른 클라이언트 버퍼 변화도

### 2.2 동기화에 의한 비트율 조정 정책

[3]의 LAVA 디지털 비디오 플레이어는 통신망으로 연결되어 있는 클라이언트-서버(Elvira 비디오 서버) 구조이며 소프트웨어로 MPEG 비디오를 읽을 수 있고 제공된 파일을 재생할 수 있는 시스템이다[3]. LAVA 클라이언트 시스템에는 재생이 시작될 때 다섯 가지의 재생 단계를 구분하여 운용된다. 이 시스템에서의 프레임 생략은 동기화 단계에서 이루어지고, 시스템 내부에 타임 클럭을 두어 지정된 동기화 시간 내에서는 프레임 생략이 이루어지지 않고 동기화 시간이 지난 경우에 MPEG-1 프레임 중 오디오 샘플은 손실(loss)없이 복원하고, 비디오 디코더에 B 또는 P 프레임을 생략하여 오디오와 비디오를 재생하는 정책으로 동기화 문제를 해결하는 시스템이다(그림 3).



(그림 3) 동기화를 고려한 생략 정책

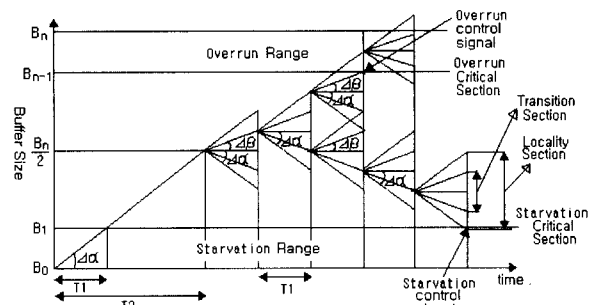
### 2.3 제어 신호에 의한 비트율 조정 정책

[4]에서는 현재의 전송 상태를 수신측에서 측정하여 재생 속도보다 느리거나 빠른 경우 서버에 피드백 신호를 보낸다. 그러나 이 방법들은 빈번한 제어 신호의 발생으로 통신망의 과부하를 유발하고, 지속적인 수신 상태 점검으로 시스템 오버헤드가 예상된다. 또한 [5,6]에서는 클라이언트 오버헤드를 줄이기 위해 버퍼의 잔존량을 수신측으로 체크하여 서버에 알리는 정책을 제시했다. 이 정책은 통신망의 부하와 클라이언트의 오버헤드를 무시할 수 없다.

[7]에서는 현재의 전송 상태를 수신측에서 측정하여 재생 속도보다 너무 느리거나 너무 빠른 경우 서버에 신호를 보내는 정책을 사용하고 있다. [8]에서도 수신측에 사용된 버퍼의 양을 가지고 현재의 상태를 파악한 후 신호를 보내는 정책을 사용하고 있다. 하지만 위 두가지 방법은 버퍼가 임계구역을 벗어나지 않더라도 신호를 보내 클라이언트의 부하와 통신망의 부하를 유발하는 단점이 있다.

### 2.4 버퍼 검사에 의한 제어 신호 발신 정책

[9]에서는 통신망 상태를 최악의 경우(worst-case)로 가정하고 (그림 4)와 같이 프레임이 B1 크기 만큼 수신될 때까지의 시간을 T1으로 두고, 이것을 버퍼 검사 시간(Buffer Check Time : BCT)으로 설정하여 클라이언트의 버퍼를 주기적으로 검사한다. 만약에 검사된 지역구간이 다음의 BCT 검사 시점에서 스타베이션 임계구역을 초과한다면, 클라이언트는 프레임의 재생 단절을 피하기 위해 미디어 스케일링 업을 수행하고, 서버에 긴급 전송 제어 메시지를 발한다. 위와는 반대로 오버런 임계구역을 초과했다면, 클라이언트는 미디어 스케일링 다운을 행하고, 서버에 제어 메시지를 발하는 기법을 제안했다. 그러나 이 방법은 자신의 버퍼 크기를 넘어버리면 프레임을 분실하거나 재생 단절이 발생하였을 경우에는 별다른 대책이 없으며, 서버에 제어 신호를 발할 때 클라이언트에서는 비트율 조정율에 대한 정확한 언급없이 제어 신호만 보내는 단점이 있다.

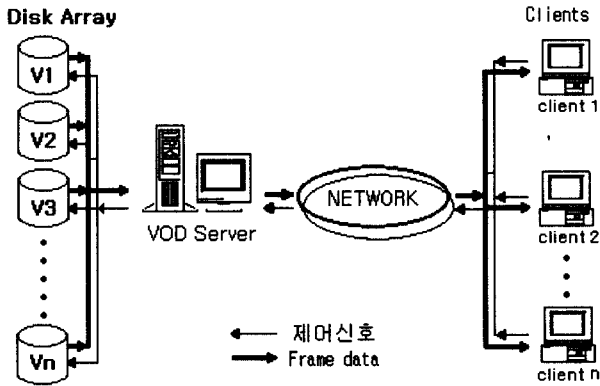


(그림 4) 주기적 버퍼검사에 의한 제어신호

### 3. 제안 정책

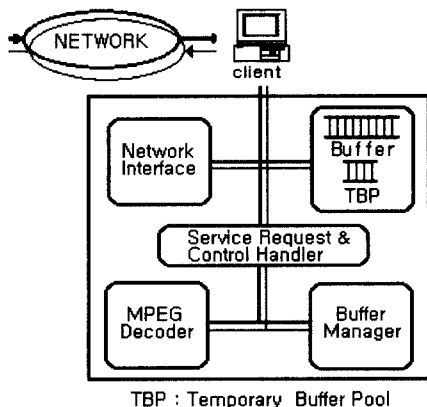
제안 정책을 위한 VOD 시스템의 구성도는 그림 5와 같으며 단일 서버와 다수의 클라이언트들이 고속의 통신망을

통해 서로 연결되어 있고 저장 장치로는 수많은 타이틀을 저장할 수 있고 높은 전송 대역폭을 제공하는 디스크 배열이 사용된다.



(그림 5) VOD 시스템 구성도

클라이언트의 내부 구조는 (그림 6)처럼 서비스 요구기 및 제어 처리기(Service Request & Control Handler), 수신 버퍼(Buffer), 임시 버퍼 풀(Temporary Buffer Pool), 버퍼 관리기(Buffer Manager), 네트워크 인터페이스(Network Interface), 그리고 MPEG 복호기(MPEG Decoder)로 구성되어 있다. 서비스 요구기 및 제어 처리기는 초기 서비스 요청, 서비스 종료, 버퍼 관리기의 제어 신호를 서버에 보내고, 버퍼 관리기는 버퍼 상태를 체크하여 버퍼 제어 신호를 서비스 요구기 및 제어 처리기에 보낸다. 버퍼 넘침으로 프레임의 분실이 예상되는 경우 임시 버퍼 풀을 설정하여 자신의 버퍼 용량을 초과한 후 통신망에 남아 있는 프레임을 일시 저장한다. 임시 버퍼 풀은 서버의 제어가 이루어지는 시점에 주 버퍼에 반환된다. 네트워크 인터페이스는 통신망을 통해 들어오는 프레임을 주 버퍼에 보내는 역할을 하고, MPEG 복호기는 주 버퍼에서 인출되는 압축된 프레임을 복원하여 매체 재생기에 보낸다.



(그림 6) 클라이언트의 내부 구성도

MPEG 프레임의 수신을 위해 사용되는 클라이언트 버퍼는 통신망의 상태변화로 인한 수신율 차이와 패킷 손실에

의한 수신율 차이를 줄이는 완충기 역할을 하게 된다. 그러나 이 버퍼의 용량이 크다면 비용이 많이 드는 문제외에는 별 문제가 되지 않는다. 따라서 본 논문에서는 수신 버퍼의 용량이 한정되어 있다고 가정한다.

3.1 버퍼 상태 레코드 구성

클라이언트의 버퍼 상태를 기록하기 위해 (그림 7)과 같은 클라이언트의 버퍼 상태 레코드(Buffer State Record : BSR)를 구성한다. 여기서 클라이언트에 필요한 버퍼의 크기를  $B_n$ 이고,  $\frac{B_n}{8}$ 은 스타베이션 지정용 버퍼 크기(여기서  $\frac{B_n}{8}$ 은 decoding을 멈추기 위해 필요한 최소한의 버퍼 제어 구간이며, 적어도 하나의 I-프레임이 채워질 공간보다 커야 한다), 그리고  $\frac{7B_n}{8}$ 은 오버런 지정용 버퍼크기(여기서  $\frac{7B_n}{8}$ 은 de-multiplex를 멈추기 위해 필요한 버퍼 제어 구간이며, 적어도 하나의 I-프레임이 채워질 공간이 남아 있어야 한다)이다. 또한 SIS는 수신되는 프레임의 합계량이며, SOS는 재생을 위해 버퍼에서 매체재생기로 전해지는 출력 프레임의 합계량이다. BCT는 동적으로 변하는 버퍼 검사 시간을 기록한다. 본 논문에서 버퍼의 제어 구간을 8등분한 것은 클라이언트의 버퍼가 최소 1MByte의 크기를 가진 것을 전제로 할 때 1개의 GOP가 가지는 평균크기가 128KByte정도임을 고려하여 정한 것임을 전제로 한다.

$\frac{B_n}{8}$	$\frac{2B_n}{8}$	$\frac{3B_n}{8}$	$\frac{B_n}{2}$	$\frac{5B_n}{8}$	$\frac{6B_n}{8}$	$\frac{7B_n}{8}$	$B_n$	SIS	SOS	BCT

$\frac{B_n}{8}$  : Starvation Value,  $\frac{7B_n}{8}$  : Overrun Value

BCT : Buffer Check Time

SIS : Sum of Input Stream

SOS : Sum of Output Stream

(그림 7) 클라이언트의 버퍼 상태 레코드(BSR)

버퍼 상태 레코드의 SIS와 SOS에는 현재까지의 버퍼 수신량과 소비량의 합을 기록하고 이것의 차( $\delta$ )를 이용하여 버퍼의 현재 상태를 파악한다.

$$\delta = SIS - SOS$$

3.2 동적 BCT 설정과 제어신호 발신

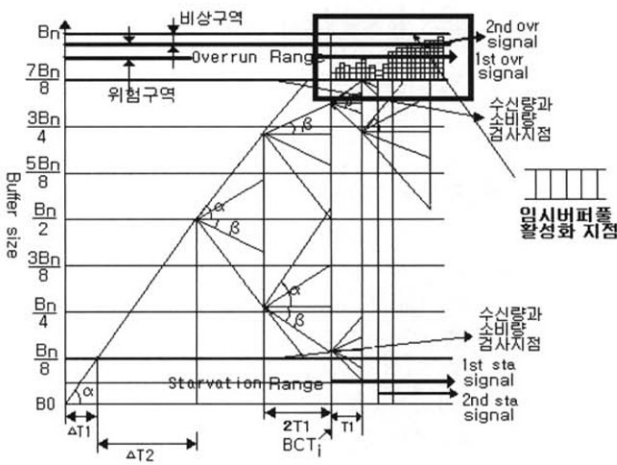
통신망의 상태에 따라 (그림 8)처럼 버퍼의 수신율이 변한다면 최악의 경우 초기 BCT(Buffer Check Time)가 길어져 효율적인 버퍼 검사를 할 수 없다[4]. 그럼으로 서비스 시작후 동기 제어 구간( $\frac{B_n}{8}$ )까지 프레임이 채워지는 시간을  $\Delta T1$ 이라 하고,  $\Delta T1$ 이후부터 서비스 시작되는 구간( $\frac{B_n}{2}$ )까지의 시간을  $\Delta T2$ 라 둔다. 이것을  $\Delta T1$ 과 합

하여 평균을 낸 시간을 초기 BCT(T1)로 설정하며, 그 값은 식 (1)에 의해 구할 수 있다.

$$BCT(T1) = \frac{(\Delta T1 + \Delta T2)}{4} \quad (1)$$

$\Delta T1$  : 서비스 시작후 동기 제어 구간 ( $\frac{Bn}{8}$ )까지 프레임이 채워지는 시간

$\Delta T2$  :  $\Delta T1$  이후부터 서비스 시작되는 구간 ( $\frac{Bn}{2}$ )까지 프레임이 채워지는 시간



(그림 8) 클라이언트의 동적 버퍼 검사 및 제어 신호 발신

클라이언트의 버퍼 상태를 동적으로 검사하기 위해 버퍼가 안정되어 있을 때는 버퍼 검사 시간을 2배씩 늘려가고, 임계구역에 도달하였다면 버퍼 검사 시간을  $\frac{1}{2}$  배씩 줄여 검사한다.

- 최초의 BCT 검사는 동기제어 시간(T2) 이후  $2T1$  시간으로 검사하고 검사한 값이  $\frac{3Bn}{8} < \delta < \frac{5Bn}{8}$ 에 있다면 버퍼가 안정되어 있으므로 그 다음의 검사는  $4T1$  시간으로 BCT를 설정하여 버퍼를 검사한다. 지속적인 버퍼 검사 주기에서도 이 구간에 있다면 t의 값을 최종치인 3으로 증가하여  $6T1$  시간으로 BCT를 설정하여 버퍼를 검사한다. 이 구간에서는 제어신호를 검사하지 않는다.

$$BCT = 2t \times T1 \quad (t = 1, 2, 3)$$

- 버퍼를 검사한 후 그 값이 아래의 범위에 있다면  $T1$  시간을 BCT로 설정하여 검사한다. 마찬가지로 이 구간에서는 제어신호를 발하지 않는다.

$$\frac{Bn}{8} < \delta < \frac{3Bn}{8} \text{ or } \frac{5Bn}{8} < \delta < \frac{7Bn}{8}$$

$$BCT = T1$$

- $\delta$ 값이 오버런 임계 구간에 있어  $\frac{7Bn}{8} \leq \delta < \frac{15Bn}{16}$  범

위에 속하면 일시적인 트래픽 감소 요인으로 간주하고, 제어 신호를 보내지 않는다. 이때의 버퍼 검사 주기는 다음과 같다.

$$BCT = \frac{1}{2} \times T1$$

- $\delta$ 값이 1차 오버런 위험 구간인  $\frac{15Bn}{16} \leq \delta < \frac{31Bn}{32}$ 에 있다면 1차 오버런 신호(1st overrun signal)을 서버에 보낸다. 이때의 버퍼 검사 주기는 다음과 같다.

$$BCT = \frac{1}{4} \times T1$$

- 계속적으로  $\delta$ 값이 2차 오버런 비상구역인  $\frac{31Bn}{32} \leq \delta < Bn$ 에 있다면 2차 오버런 신호(2nd overrun signal)을 발한다. 이때의 버퍼 검사 주기는 다음과 같다.

$$BCT = \frac{1}{6} \times T1$$

- $\delta$ 의 값이  $Bn$ 의 크기를 초과하여 버퍼 넘침이 발생되면 임시버퍼 풀(TBP)을 가동한다.

- $\delta$ 값이 스타베이션 임계 구간에 있어  $\frac{Bn}{8} \leq \delta < \frac{Bn}{16}$  범위에 속하면 일시적인 트래픽 증가 요인으로 간주하고, 제어 신호를 보내지 않는다. 이때의 버퍼 검사 주기는 다음과 같다.

$$BCT = \frac{1}{2} \times T1$$

- $\delta$ 값이 1차 스타베이션 위험 구간인  $\frac{Bn}{16} \leq \delta < \frac{Bn}{32}$ 에 있다면 1차 스타베이션 신호(1st starvation signal)을 서버에 보낸다. 이때의 버퍼 검사 주기는 다음과 같다.

$$BCT = \frac{1}{4} \times T1$$

- 계속적으로  $\delta$ 값이 2차 스타베이션 비상구역인  $\frac{Bn}{32} \leq \delta < B0$ 에 있다면 2차 스타베이션 신호(2nd starvation signal)을 발한다. 이때의 버퍼 검사주기는 다음과 같다.

$$BCT = \frac{1}{6} \times T1$$

- $\delta$ 의 값이  $B0$ 이하인 버퍼 고갈인 경우 매체 재생기에 wait 신호를 보낸다.

위에서 언급한 클라이언트의 제어 신호를 요약하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 클라이언트의 제어 신호

제어 신호	신호	용도
1st overrun signal	0001	B, P 프레임 생략 인출 요구 신호
2nd overrun signal	0010	모든 프레임 생략 인출 요구 신호
1st starvation signal	0011	I 프레임만 긴급 인출 요구 신호
2nd starvation signal	0100	I 프레임만 긴급 인출 요구 신호 및 다른 경로설정

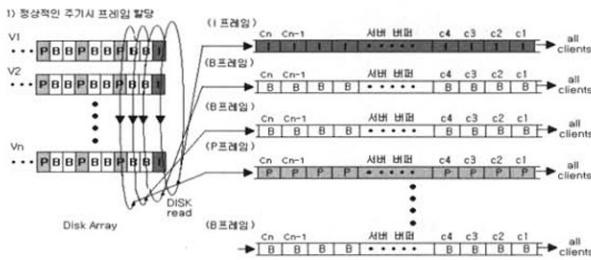
3.3 임시 버퍼 풀 설정

수신측 버퍼가 오버런 비상구역에 도달한 후 버퍼 넘침이 발생하여 서버가 제어 신호를 수신하기 이전에 전송한 프레임을 분실하게 된다. 이것을 방지하기 위해 임시 버퍼 풀(Temporary Buffer Pool : TBP)은 수신측 버퍼가 오버런 비상구역에 도달한 후 2차 제어 신호를 보내고 난 후 활성화되어 서버의 제어가 이루어지기 전까지 통신망에 남아 있는 프레임을 수신하게 된다. 즉, 만약 통신망에 남아 있는 프레임이 I 프레임이고 이것을 수신하지 못하여 분실한다면 한 개의 GOP(0.5초당 15프레임)를 분실하여 클라이언트의 재생 화면은 극도로 저하된다. 또한 미수신한 프레임이 참조 프레임(P 프레임)이라면 이미 수신된 프레임이 복원되지 않고 한 GOP의 나머지 프레임도 수신되지 않아 화질을 저하시키게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 버퍼 넘침이 시작되는 시점부터 통신망에 남아있는 프레임을 임시 버퍼 풀에 수신하는 것이 필요하다.

3.4 제어 신호에 의한 서버의 프레임 생략 인출 방법

3.4.1 정상 주기인 경우

서버 스케줄러는 각 클라이언트의 제어 요구 신호를 수신하지 않은 정상 주기에서는 서비스 마감시간 전까지 버퍼를 채우게 되고, 마감 시간이 지나면 각각의 클라이언트에 주기 마다 차례로 I, B, B, P, B, B, P, B, B, P, B, B 프레임(N = 12, M = 3)을 전송한다(그림 9).



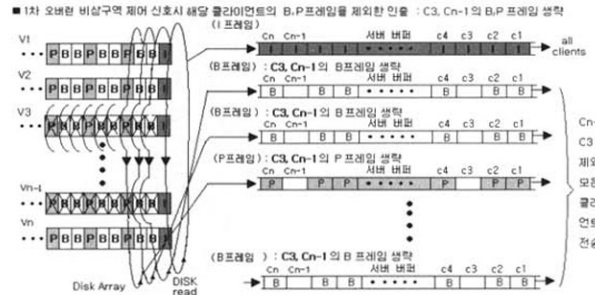
(그림 9) 정상 주기에서의 프레임 인출과 전송

3.4.2 일부 클라이언트에서 오버런이 발생한 경우

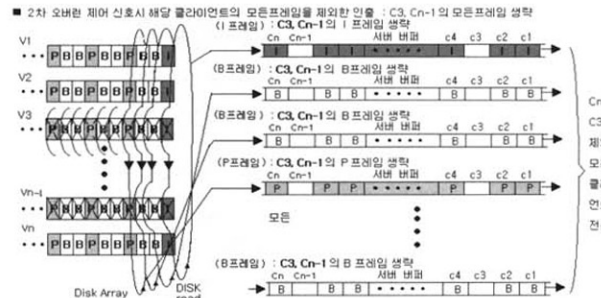
일부 클라이언트에서 오버런이 발생(예를 들어 Cn-1과 C3 클라이언트)하여 1차 오버런 제어 신호를 수신한 서버 스케줄러는 해당 클라이언트에는 B와 P 프레임을 디스크에서 인출을 하지 않는 프레임 스킵핑(Skipping)이 이루어진다.

즉, 서버 버퍼에는 1차 오버런 클라이언트에 전송할 프레임만을 인출하지 않고, 정상적인 클라이언트에 전송할 프레임만으로 서버 버퍼를 채운다. 그리고 Cn-1과 C3 클라이언트를 제외한 모든 클라이언트에 프레임을 전송한다. 단, I 프레임은 1차 오버런 제어 신호를 발한 클라이언트와는 관계가 없이 정상적으로 디스크에서 인출이 이루어져 모든 클라이언트로 전송이 이루어진다(그림 10). 2차 오버런 제어를 요청한 클라이언트(예를 들어 Cn-1과 C3 클라이언트)에

는 I 프레임도 디스크에서 인출을 하지 않는 프레임 스킵핑(Skipping)이 이루어져서 전송이 된다(그림 11). 따라서 오버런이 발생한 클라이언트 버퍼의 수신율을 줄일 수 있다.



(그림 10) 1차 오버런에서의 프레임 인출 상태

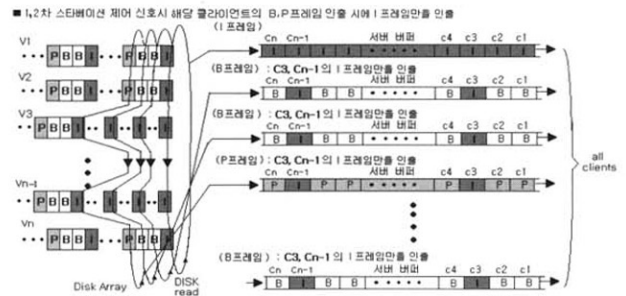


(그림 11) 2차 오버런에서의 모든 프레임 생략 인출 상태

3.4.3 일부 클라이언트에서 스태이션이 발생한 경우

일부 클라이언트에서 스태이션이 발생(예를 들어 Cn-1과 C3 클라이언트)하였다면 서버 스케줄러는 1차 스태이션 제어를 요청한 클라이언트에는 B와 P 프레임을 해당 디스크에서 인출을 하지 않고 대신 프레임의 크기가 가장 큰 I 프레임만을 서버 버퍼에 프레임을 인출하여 해당 클라이언트에 전송하게 된다.

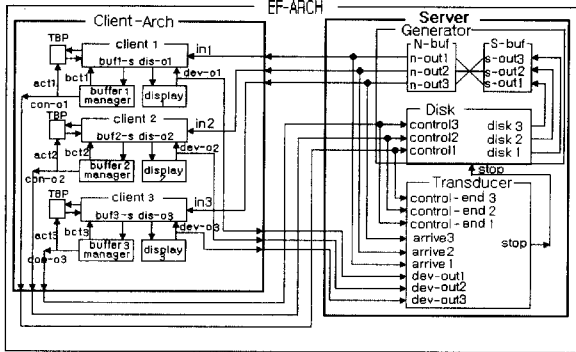
2차 스태이션 제어를 요청한 클라이언트에는 1차 스태이션 제어를 요청한 클라이언트에의 전송 방법과 동일하게 I 프레임만을 버퍼에 인출해서 전송하고, 다른 경로를 찾는 라우팅 작업을 하게 된다(그림 12).



(그림 12) 1,2차 스태이션에서의 프레임 인출

### 4. 시뮬레이션

제안 정책에 대한 시뮬레이션은 PC-Scheme으로 작성된 DEVS(Discrete EVent Simulation)를 기반으로 수행하였으며, DEVS는 Petri-Net이나 Finite State Machine에서 모델링할 수 없는 시간 개념을 유효 적절하게 도입하여 시뮬레이션하였으며[10], 시뮬레이션 환경은 (그림 13)과 같다.



(그림 13) 시뮬레이션 환경

(그림 13)에서 서버의 N-buf, S-buf는 네트워크 버퍼와 서버 버퍼이고, 프레임 생성기(Generator)는 1 주기에 해당하는 하나의 프레임을 디스크 전송속도에 따라 각 디스크에서 프레임을 인출하여 S-buf에 보내고, 서비스 마감시간이 지나면 N-buf에 보내 회선 분배기(De-Mux)에 의해 네트워크의 부하에 따른 트래픽으로 인한 수신율 차를 보정하고, 매체 재생기로 송출되는 데이터를 적용시키기 위해 버퍼를 두고 버퍼 감시기에 의해 버퍼의 상태를 모니터링 한다.

프레임 생성기(Generator)는 전송 감시기(Transducer)에서 발한 시작 신호를 수신하여 각 디스크에서 프레임을 서버 버퍼에 인출한다. 그리고 네트워크 버퍼를 통해 3개의 클라이언트에 전송하고, 전송했다는 신호를 전송 감시기에 보낸다.

전송 감시기(Transducer)는 프레임 생성기에 구동 시작과 끝 신호를 보내고, 프레임 생성기의 전송 신호와 클라이언트에서 보낸 스트림의 수신 신호와 버퍼 제어기에서 발한 신호를 수신한다. 그리고 이들의 상태를 파악하여 다음 주기에 전송할 프레임의 비율을 프레임 생성기에 알린다.

#### 4.1 시뮬레이션 파라미터

<표 2> MPEG 스트림에서 각 픽처의 크기(N=12, M=3)

		Carphone		Tennis		Son	
Type	갯수	Size	cells	Size	cells	Size	cells
I	1	8779	182.90	11521	240.02	18461	384.90
P	3	1552	32.33	8112	169.00	10688	222.67
B	8	759	15.81	1699	35.40	1963	40.90

<표 2>는 Carphone, Tennis, 그리고 Son의 데이터의 통계적 특성을 보여주며, 이 MPEG 스트림은 [11]에서 제공

된다. 부호화 형식은 하나의 GOP에서 IBBPBBPBBPBB(N = 12, M = 3)를 따른다. <표 2>에서 보듯이 각 프레임의 크기가 차이가 나는 것은 비디오 종류에 따라서 화질과 화상의 움직임 정도가 다를을 의미한다.

<표 2>에 의해 시뮬레이션에 사용되는 서버 버퍼의 크기, 클라이언트의 버퍼 크기, 전송 프레임 크기, 임시 버퍼 풀 크기는 아래와 같다.

- 클라이언트 수 = 3 (회선 수 : 3)  
: 클라이언트를 4개 이상으로 하여 시뮬레이션한 결과, 시스템 오버헤드가 발생하여 3개의 클라이언트로 구성함.
- 디스크 수 = 3  
(단, 1개의 디스크에 1개의 비디오 타이틀이 저장되어 있음)
- 서버 버퍼의 크기  
= I 프레임 평균 크기(3 가지의 MPEG 데이터1(Son), 데이터2(Tennis), 데이터3(Carphone)의 I 프레임 평균 크기)×3 개의 디스크×3 회선  
= 12920 Bytes×9 = 116283 Bytes( ≈ 116KByte)  
(단, 서버 버퍼의 크기는 클라이언트 수(회선 수)에 따라 크기가 달라진다.)
- 전송 프레임 크기  
: 3 가지의 MPEG 데이터1(Son), 데이터2(Tennis), 데이터3(Carphone)을 각 클라이언트에 사용
- 임시 버퍼 풀의 크기 (TBP\_size)  
= 1개의 GOP를 구성하는 평균 크기(3개의 데이터에 해당하는 GOP 크기 ÷ 3)  
= 126KBytes  
최종적으로 본 논문에서의 시뮬레이션 파라미터는 <표 3>과 같다.

<표 3> 시뮬레이션 파라미터

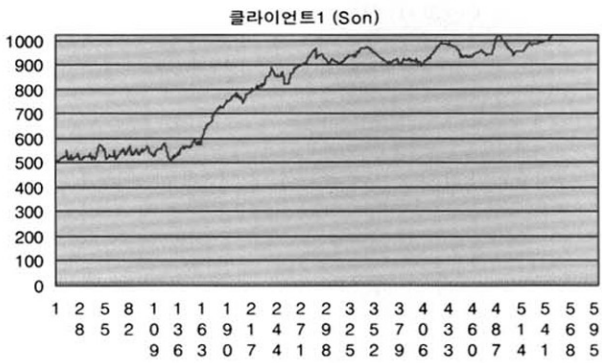
파라미터 속성	비고
전송할 각 프레임 크기	<표 2>에 의함
전송시간	0.033(1/30) 초 0.011초(하나의 클라이언트)
통신망의 지연 시간	1~4ms[12]
버퍼 체크 타임	시뮬레이션에서 지정됨
임시 버퍼 풀의 크기(TBP_size)	126KBytes
클라이언트 버퍼 상태에 따른 제어 신호	<표 1>에 의함
클라이언트 버퍼의 크기(Bn)	1Mbytes
오버런 구역( $\frac{7Bn}{8}$ )	896KBytes
스타베이션 구역( $\frac{Bn}{8}$ )	128KBytes
동기 제어 구간( $\frac{Bn}{2}$ )	512KBytes

#### 4.2 시뮬레이션 결과

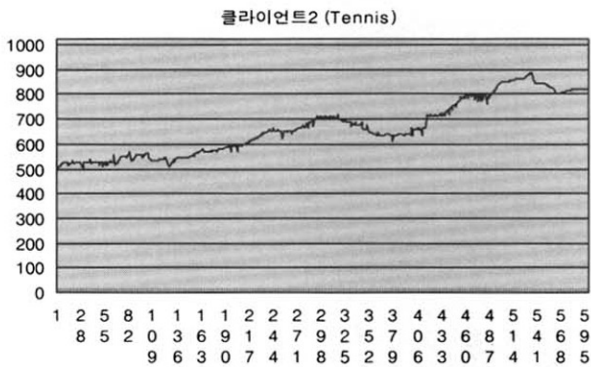
시뮬레이션은 600초 동안 10회 동안의 결과를 평균하여 도표화하였으며, 각 클라이언트의 데이터는 분산의 정도를

20%로 하여 지수분포의 형태로 파라미터를 발생시켜 시뮬레이션을 행하였다.

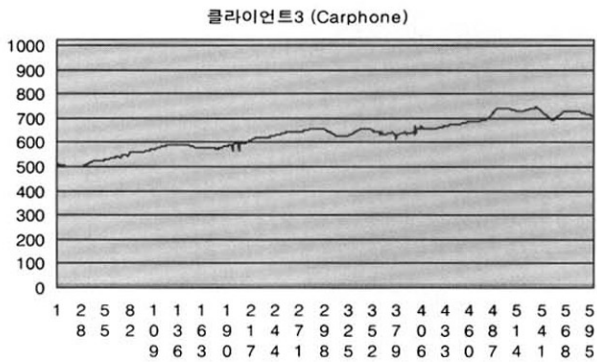
먼저 클라이언트의 제어 요구 신호가 없는 상태로 시뮬레이션한 결과 클라이언트1(Son)의 상태는 데이터를 수신하고 수 분내에 버퍼 넘침 현상이 발생하였으며, 데이터의 크기 차이가 심하여 오실레이션 현상도 상당히 심함을 보였다(그림 14). 클라이언트2(Tennis)와 클라이언트3(Carphone)에서는 프레임의 크기가 작은 관계로 버퍼 넘침 현상이 발생하지 않고 점진적으로 버퍼의 수위는 증가함을 보였다((그림 15), (그림 16)).



(그림 14) 비 제어 요구(Son)



(그림 15) 비 제어 요구(Tennis)

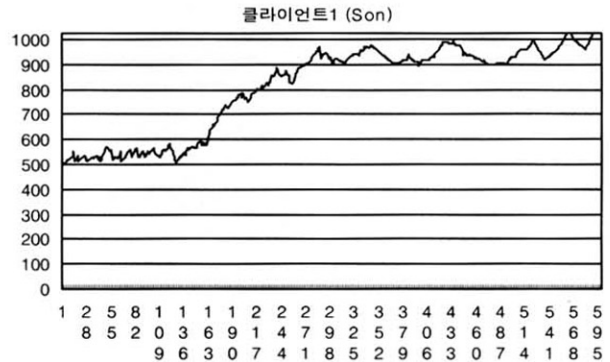


(그림 16) 비 제어 요구 (Carphone)

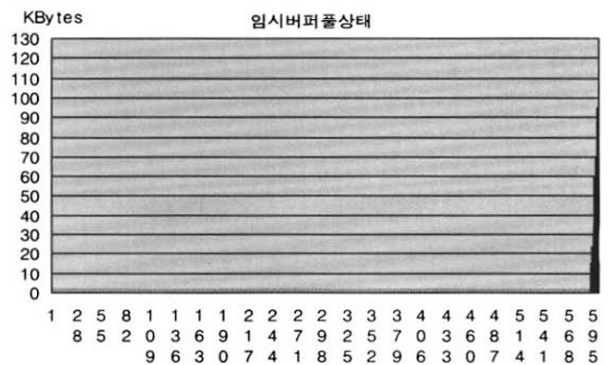
따라서 클라이언트1(Son)처럼 고 화질의 비디오 또는 데이터 비트율이 많은 비디오는 통신망의 상태가 좋은 경우 수 분내에 버퍼 넘침 현상이 예견되며, 클라이언트2와 클라이언트3에서도 수분 내에 버퍼 오버런 현상이 예견된다.

이러한 시뮬레이션 결과를 분석해 볼 때 클라이언트의 버퍼를 감시하여 최악의 경우 자신의 상태를 서버에 알려 MPEG 데이터의 분실을 방지하는 것이 필요하며, 제어 신호를 발한 후 통신망에 남아있는 MPEG 데이터를 임시 버퍼 풀에 수신하는 것이 필요하다. 즉, 통신망에 남아있는 프레임이 I 프레임이라면 버퍼 넘침으로 인해 이 프레임을 분실하게 된다면 하나의 GOP를 분실하여 상당한 화질의 열화를 가져올 수 있다.

위의 시뮬레이션 결과(비제어 요구) 클라이언트2와 클라이언트3은 클라이언트에서 버퍼 임계구역을 벗어나지 않으므로 클라이언트의 버퍼 제어 요구에 대한 시뮬레이션은 수행하지 않는다.



(그림 17) 1, 2차 제어 요구에 대해 모두 1차제어(Son)

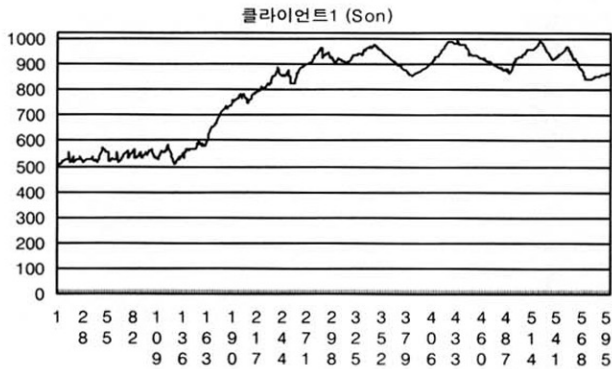


(그림 18) 임시 버퍼 풀 상태

(그림 17)과 (그림 18)은 클라이언트1(Son)에 대해 클라이언트 버퍼의 감시후 임계구역을 벗어나는 경우 서버에 1,2차 제어 신호를 보낸후 서버의 생략 정책에 의해 데이터를 수신한 결과이다. (그림 17)의 결과는 임계구역을 벗어날 때 무조건 1차 제어 요구를 발하여 데이터를 수신한 결과로서 버퍼의 상태가 임계구역 내에서 유지되다가 버퍼 넘침이 발생하였다. 이러한 버퍼 넘침이 발생한 경우 통신

망에 남아 있는 스트림의 분실을 방지하고자 임시 버퍼 풀을 활성화하여 스트림의 수신량을 체크해 본 결과 (그림 18)과 같은 임시 버퍼 풀 상태를 보였다.

(그림 19)의 결과는 임계구역을 벗어날 때 제안 기법을 이용하여 제어 신호를 발신하여 데이터를 수신한 결과로서 버퍼의 상태가 임계구역을 일시적으로 벗어난 후 수 분 뒤에 다시 버퍼 임계구역 내에 도달하여 버퍼를 안정화시킬 수 있음을 알 수 있었다. 이때는 임시 버퍼 풀이 활성화되지 않음을 알 수 있었다. 그리고 버퍼 스태이션의 상태는 시뮬레이션에서 나타나지 않았다.



(그림 19) 제안 정책에 의한 제어

### 5. 결 론

본 논문에서는 클라이언트의 버퍼 상태를 감시하여 최악의 경우 서버에 전송율을 제어하도록 요구 신호를 발하고, 서버에서는 클라이언트들의 제어 요구 신호에 따라 디스크에 저장된 프레임의 생략 인출하여 전송할 프레임의 조정하는 정책을 제시하였다.

시뮬레이션 결과, 클라이언트1(son)에 대한 비제어 신호와 제어 신호에 의한 버퍼 안정화율은 약 4%의 개선효과가 있음을 알 수 있었다. 따라서 장시간의 재생을 요구하는 VOD 서비스에서 클라이언트 버퍼의 상태는 VHS 비디오 타이틀의 화질에 따라 압축된 MPEG 데이터의 프레임 크기 정도가 달라 변하고, 통신망의 부하 정도에 따라 민감하게 변화되므로, 서비스의 시작 후 지속적으로 클라이언트의 버퍼를 감시하여 제어 요구를 발하고 서버의 제어를 받는 것이 필요함을 알 수 있었다.

앞으로의 연구방향은 MPEG 프레임의 효율적인 저장 방법과 좀더 나은 생략 정책 정책과 VOD 서비스의 구현에 필요한 제반 메카니즘의 개발에 주력하고 싶다.

### 참 고 문 헌

[1] L. Delgrossi, C. Halstrick, et. al., "Media Scaling for Audio Visual Communication with the Heidelberg Transport System," Proceedings of ACM Multimedia'93, pp.99-104, 1993.

[2] H. M. Vin, P. V. Rangan, D. J. Gemmell and L. A. Rowe, "Multimedia Storage Servers : A Tutorial," IEEE Computer, pp.40-49, May, 1995.

[3] H. Bryhni, H. Lovett and E. Maartmann-Moe, "On-demand Regional Television over Internet," Multimedia 96 Processing, The Fourth ACM International Multimedia Conference, Boston, Ma, pp.99-107, 1996.

[4] 정홍섭, 곽달영, 박규석, "VOD에서 클라이언트 버퍼의 상태 제어를 위한 알고리즘의 설계 및 평가", 한국정보과학회 영남지부 4회 학술논문지, pp.19-23, 1997.

[5] L. Delgrossi, C. Halstrick, D. hehmann, R. G. HerrtWich, O. Krone, J. Sandvoss and C. Vogt, "Media Scaling for Audiovisual Communication with the Heidelberg Transport System," Proceedings ACM Multimedia, pp.93-104, 1993.

[6] J. Sandvoss, J. Winkler and H. Witting, "Network Layer Scaling : Congestion Control in Multimedia Communication with Heterogeneous Networks," IBM European Networking Center Heidelberg, 1994.

[7] P. V. Rangan, S. Ramanathan, "Continuous Media Synchronization in Distributed Multimedia System," In Proc. of the 3rd Int. Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video, 1992.

[8] S. Chakrabarti, R. Wang, "Adaptive Control for Packet Video," Proc. of Int. Conference on Multimedia Computing, pp.56-62, May, 1994.

[9] S. H. park, B. C. Moon, W. K. Kim, Zhixian Jin and K. S. Park, "Design and Analysis of Buffer Controller Using Buffer Locality," The 10th International Conference on Information Networking, pp.85-93, Jan., 1996.

[10] D. H. Batly, J. C. Jansen and D. W. Woods, "PC SCHEME User's & Language Reference Manual," The MIT Press, 1990.

[11] "ftp://mm-ftp.cs.berkeley.edu/pub/mpeg/movies/".

[12] R. Rooholamini, V. Cherkassky, "ATM-Based Multimedia Servers," IEEE Multimedia, pp.39-52, April, 1995.



### 정 홍 섭

e-mail : twinah@kyungnam.ac.kr  
 1997년 경남대학교 대학원 컴퓨터공학과 (석사)  
 2002년 경남대학교 대학원 컴퓨터공학과 (박사)  
 관심분야 : 멀티미디어, 암호화 설계, 영상 처리, VOD, 정보보호



### 박 규 석

e-mail : kspark@kyungnam.ac.kr  
 1980년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 (석사)  
 1988년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 (박사)  
 1982년~현재 경남대학교 정보통신공학부 교수

2002년~현재 경남대학교 산업대학원 원장  
 2002년~현재 한국 멀티미디어 학회 회장  
 관심분야 : 분산처리 시스템, 정보통신 소프트웨어, 멀티미디어 시스템