

# SPIHT 기반 비디오 신호의 적응적 멀티스트림 전송기법

강경원<sup>†</sup> · 정태일<sup>\*\*</sup> · 류권열<sup>†</sup> · 권기룡<sup>\*\*\*</sup> · 문광석<sup>\*\*\*\*</sup>

## 요 약

본 논문에서는 QoS가 안정적으로 보장되지 않는 현재의 인터넷 환경 하에서 최상의 서비스를 제공하기 위해 SPIHT 기반 비디오 신호에 대한 적응적 멀티스트림 전송기법을 제안한다. 이러한 방식은 비동기적인 패킷망에서 비디오 스트림의 신뢰성 있는 전송과 연속재생을 위해 TCP 상에서 적응적 프레임 패턴 제어와 멀티스트림을 이용하여 전송한다. 적응적 프레임 패턴 제어는 네트워크 상태에 따른 클라이언트의 버퍼링 상태에 따라 전송할 정보를 스케일러블하게 조절하는 방식이며, 멀티스트림 전송은 TCP상에서 스트림의 전송 성능 향상과 네트워크의 지터에 강하며, 클라이언트가 가진 대역폭을 최대한 활용할 수 있는 고품질의 서비스를 제공한다. 실험결과 기존의 단일 스트림 전송인 경우보다 제안한 적응적 멀티스트림 전송의 경우 DR(delay ratio)이 0에 근접하게 나타나 최상의 서비스가 가능함을 알 수 있었다.

## Adaptive Multi-stream Transmission Technique based on SPIHT Video Signal

Kyung-Won Kang<sup>†</sup>, Tae-Il Jeong<sup>\*\*</sup>, Gwon-Yeol Ryu<sup>†</sup>,  
Ki-Ryong Kwon<sup>\*\*\*</sup> and Moon-Su Kim<sup>\*\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

In this paper, we propose the adaptive multi stream transmission technique based on SPIHT video signal for the highest quality service over the current internet that does not guarantee QoS. In addition to the reliable transmission of the video stream over the asynchronous packet network, the proposed approach provides the transmission using the adaptive frame pattern control and multi stream over the TCP for continuous replay. The adaptive frame pattern control makes the transmission data scalable in accordance with the client's buffer status. Apart from this, the multi stream transmission improves the efficiency of video stream, and is robust to the network jitter problem, and maximally utilizes the bandwidth of the client's. As a result of the experiment, the DR(delay ratio) in the proposed adaptive multi-stream transmission is more close to zero than in the existing signal stream transmission, which enables the best efforts service to be implemented.

**Key words:** 비디오 스트림, 웨이브릿, SPIHT, 비디오 압축, 적응적 멀티스트림

## 1. 서 론

인터넷은 WWW의 대중화에 힘입어 불과 30년이라는 짧은 기간 안에 양적, 질적으로 팽창하고 있으며, 스트리밍 기술의 대두로 인터넷과 멀티미디어가

결합된 서비스가 증가하고 있다[1-3]. 따라서, 멀티미디어 데이터의 효율적인 통신을 위해서 고압축 부호화 기법의 적용은 필수적이다. 지금까지 공간, 주파수, 시간 영역에 대한 상관성을 이용한 정보 압축 기법들이 제안되어 왔다. DCT(discrete cosine transform)로 대표되는 블록 변환에 근거한 기법들은 MPEG-1, MPEG-2 등 각종 비디오 부호화의 국제 표준 방식에서 활용되고 있다[4,5]. 그러나 DCT를 근간으로 하는 기존의 표준화된 부호화 기법을

<sup>†</sup> 정회원, 위덕대학교 컴퓨터멀티미디어공학부

<sup>\*\*</sup> 정회원, 동명정보대학교 정보공학부

<sup>\*\*\*</sup> 종신회원, 부산 외국어대학교 전자컴퓨터 공학부

<sup>\*\*\*\*</sup> 종신회원, 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

사용할 경우 블록 변환 기법의 특성상 고압축시 블록킹 현상(blocking effect)이 발생하여 화질 열화를 초래한다. 또한, 고압축된 비디오 데이터를 전송할 경우 프레임과 프레임간의 데이터 의존성이 높아 패킷 손실이 발생할 경우 복원 영상에 심각한 화질 열화를 초래할 수 있으므로 신뢰성 있는 전송이 요구된다. 현재 인터넷과 같은 비동기적인 패킷망에서 사용되는, 데이터 전달을 위한 TCP/IP 프로토콜은 연결 지향적 구조인 TCP (transmission control protocol)와 비연결 구조인 UDP(user datagram protocol)가 있다[6,7]. 동시에 같은 데이터를 여러 사용자에게 보내는 응용 프로그램에서는 비연결 구조인 UDP를 사용하며, 동시에 같은 데이터를 보내지 않고 에러 보정(error correction)등의 기능을 원하는 시스템에서는 연결 지향적이며 신뢰성(reliability)이 높은 TCP를 이용하고 있다[8]. 고압축 비디오 데이터는 프레임간의 종속성이 존재하므로, 패킷 손실 발생시 현재 프레임의 에러가 다음 프레임으로 전파되기 때문에 TCP와 같은 신뢰성 있는 데이터 전달 프로토콜이 필요하다. 그러나 TCP는 연결 지향적 구조를 가지고 있기 때문에 지터가 발생할 경우 클라이언트에 영향을 주기 때문에 전송 성능이 떨어진다는 단점이 있다.

따라서, 본 논문에서는 현재의 인터넷 인프라 환경 하에서 클라이언트가 가진 대역폭을 최대한 활용하여 최선의 서비스를 제공할 수 있는 SPIHT 기반 비디오 신호의 적응적 멀티스트림 전송기법을 제안한다. 제안한 방법은 현재의 비동기적인 패킷망 상에서 최선의 서비스를 위해 클라이언트의 버퍼링 상태에 따라 네트워크 상태를 추정하여 전송할 스트림의 비트율을 설정한다. 또한 본 방법은 TCP의 전송 성능의 향상을 위해 멀티스트림을 이용한 병렬 전송을 수행함으로써 네트워크 트래픽의 증가에 따른 전송 지연에 덜 민감하게 작용할 뿐만 아니라, 클라이언트 측의 대역폭을 최대한 이용할 수 있는 최선의 서비스를 제공한다.

## 2. SPIHT 기반 비디오 부호화

현재 비디오 압축 부호화는 기본 알고리즘으로 DCT를 사용하고 있다. DCT의 단점은 정규화된 블록 단위의 연산이 수행되므로 양자화시 발생하는 블록간 이웃되는 픽셀들간의 불일치, 블록단위로 이루

어지는 움직임 예상과 움직임 보상에서 이웃된 블록들간에 생기는 불일치, 그리고 시스템 버퍼내의 참조 영상에서 일어나는 블록간의 불일치로 인한 블록킹 현상이 발생한다. 특히 고압축일 경우 블록킹 현상이 심하게 나타나는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하고 점진적인 전송 특성을 얻기 위해 웨이브릿 변환 영역에서 SPIHT 웨이브릿을 이용한 비디오 부호화 방법이 제안되었다[9]. SPIHT는 EZW 부호화 방법을 개선하여 압축 효율을 향상시킨 방법이다[10,11].

그림 1은 SPIHT 웨이브릿 비디오 부호기의 블록 다이어그램을 설명한 것이다. 첫 영상은 I-프레임으로, 하나의 프레임으로부터 압축되어 독립적으로 복원이 가능한 프레임이다. 이 프레임은 정지영상 부호화 방법과 같이 SPIHT를 사용하여 부호화한다. 두 번째 프레임부터는 P-프레임으로, I 또는 다른 P 픽처를 기준으로 삼아 움직임 예측하여 움직임 벡터(motion vector)를 생성한 후, 움직임 벡터를 이용한 보상 과정 후 생성된 나머지 차이 분을 SPIHT를 사용하여 부호화한다. 움직임 추정은 16×16 블록에 대해 반화소 단위로 수행하며, 움직임 보상은 블록화 현상을 줄이기 위해 H.263의 중첩 움직임 보상 기법(OBMC)을 사용한다[12].

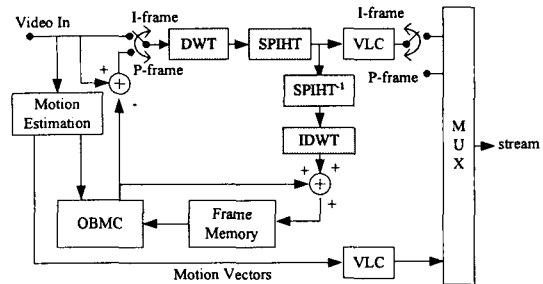


그림 1. SPIHT 웨이브릿 비디오 부호기의 블록 다이어그램

## 3. 제안한 적응적 멀티스트림 전송 기법

현재의 비동기적인 패킷 망에서 통신망을 효율적으로 이용하기 위해 통신망의 대역폭에 따라 전송 가능한 크기의 스트림을 생성하여 전송할 경우, 통신 자원의 낭비를 방지하여 통신망의 효율을 높일 수 있다. 또한 생성된 스트림을 멀티스트림으로 전송할 경우 각각의 스트림마다 개별적인 MTU(maximum transmission unit) 단위로 데이터가 전송되기 때

에 총 패킷양이 전송 대역폭보다 작을 경우 모든 MTU들이 병렬로 전송되어 클라이언트가 가진 대역폭을 최대한 활용할 수 있다. 그리고, 전송도중 하나의 스트림에 지터가 발생할 경우 다른 스트림을 통해 계속 전송할 수 있기 때문에 클라이언트의 버퍼링을 통한 네트워크 지터를 극복할 수 있다[13]. 따라서, 본 논문에서는 현재의 네트워크 상에서 고압축시 발생하는 블록킹 현상과 에러 전파가 없는 최선의 서비스를 제공하기 위해 네트워크의 상태에 따라 전송할 비디오 프레임 패턴의 적응적 변경과 SPIHT의 임베디드 특성을 이용한 멀티스트림을 이용한 효율적인 전송기법을 제안한다. 그림 2는 적응적 멀티스트림을 구현하기 위하여 네트워크의 상태에 따라 프레임 패턴을 적응적으로 설정하는 과정을 도식한 것이다. 비디오 스트림은 그림 2와 같이 I 프레임과 P 프레임으로만 구성된 2개의 스트림으로 구성한다. 적응적 프레임 패턴 제어기(adaptive frame pattern control)는 클라이언트의 버퍼링 상태를 검사하여 클라이언트 측의 수신 버퍼(B)의 버퍼링 상태에 따라 전송할 프레임 패턴을 적응적으로 변경한다. 즉, 클라이언트 측의 수신 버퍼의 버퍼링 상태가 양호한 경우 ( $0.75B$ 보다 큰 경우)에는 그림 2와 같이 화질을 중시하기 위해 많은 정보량을 전송하며, 버퍼링 상태가 보통인 경우( $0.75B$ 보다 작은 경우)에는 기존의 I 프레임 수를 감소시켜 단위 시간당 전송되어야 하는 정보량을 줄여 네트워크를 통해 전송한다. 버퍼링 상태가 불량한 경우( $0.25B$ 보다 더 작은 경우)에는 네

트워크의 상태가 나쁜 상태이므로 단위 시간당 전송하는 정보량을 최소화하여 전송함으로써 연속적인 재생을 가능하게 한다. 제안한 방법은 서버 측에서 기억공간의 낭비를 초래할 수 있으나 다양한 프레임 패턴을 생성시켜 통신망의 상황에 따라 다양한 패턴으로 전송할 수 있어 통신망의 효율을 높일 수 있다. 그림 3은 제안한 서버 구조의 블록도로 나타낸 것이다. 서버는 부호화 부분과 전송 부분으로 구성된다. 전송 부분은 적응적 프레임 패턴 제어기와 멀티스트림 생성기 그리고 이 두 부분들을 제어하는 제어 부분으로 구성된다. 적응적 프레임 패턴 제어기는 클라이언트의 버퍼(B) 상태에 따라 전송할 프레임 패턴을 결정하며, 멀티스트림 생성기는 적응적 프레임 패턴 제어기에서 생성된 스트림을 스트림 수 N을 이용하여 멀티스트림으로 생성한다. 여기서 스트림의 수 N은 클라이언트 측에서 결정한 후 서버에 알려준다.

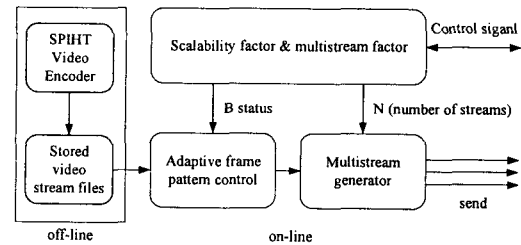


그림 3. 제안한 서버 구조의 블록도

#### 4. 실험 및 고찰

본 논문에서는 SPIHT 기반 비디오 부호기의 성능 평가를 위하여 표 1과 같이 6개의 비디오 스트림을 실험에 사용하였다. 비디오 스트림들은  $176 \times 144$  크기의 QCIF형식과  $352 \times 288$  크기의 CIF형식으로, 24kbps ~ 20Mbps의 저속 전송 매체를 위한 비디오 부호기의 실험을 위해 많이 사용되는 비디오 스트림들이다.

인터넷 환경 하에서 실험을 제어하기가 어렵기 때문에 제어 가능한 실험을 위하여 인터넷 트래픽 모델 시뮬레이션을 사용하였다. 기존에는 일반적으로 포아송(Poisson) 또는 마코비안(Markovian)을 기본으로 한 모델을 사용하였으나, 이 모델은 비교적 넓은 범위의 시간 스케일로 평균을 구했을 경우 버스트한

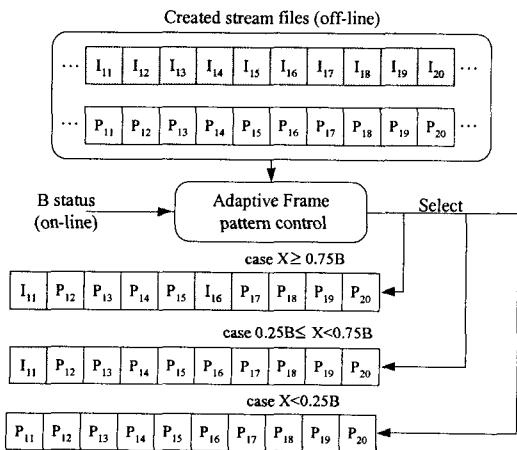


그림 2. 적응적 프레임 패턴 제어기를 이용한 스케일러빌리티

표 1. 실험에 사용된 비디오 스트림

스트림 형식	비디오 스트림 이름	I frame의 평균 크기(bytes)	P frame의 평균 크기(bytes)
QCIF	Akiyo	2322	89
	Miss American	1336	92
	Salesman	2791	130
	Carphone	2573	292
	Foreman	3066	367
CIF	Foreman	8585	1103

특성(burst properties)이 없어진다[14]. 따라서 본 논문에서는 트래픽 특성을 시뮬레이션하기 위해 그림 4와 같이  $\alpha$ -stable self similar 트래픽 모델을 사용하였다[15].  $\alpha$ -stable self similar 트래픽 모델은 매우 버스트한 트래픽 특성뿐만 아니라 트래픽이 가지는 self similar 특성도 표현할 수 있다. 여기서 hurst 파라미터(H)는 self similar 특성을 나타내는 파라미터로써, WWW 트래픽 모델을 만들기 위해 0.8333으로 설정하였으며, 평균과 편차를 결정하는  $\alpha$ 는 1.28로 설정하였다[15]. x 축은 시간 슬롯을 의미하며, y 축은 각 시간 슬롯 당 전송되는 데이터 양을 의미한다.

그림 5는 인터넷 트래픽 시뮬레이션이 그림 4와 같은 전송량을 가지도록 서버에 적용될 지연 모델을 나타낸 것이다. 실험을 위한 서버와 클라이언트 프로그램들은 windows 환경 하에서 자바로 구현하였다. 수신측에서 재구성된 멀티미디어 데이터의 표현 서비스 품질은 그 표현이 연속적으로 나타나야 한다. 그리고 일정한 재생 시간 간격을 유지하여 연속성을

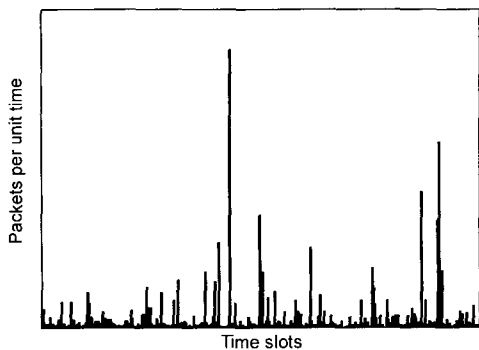


그림 4.  $\alpha$ -stable self-similar 트래픽 모델 ( $\alpha = 1.28$ ,  $H = 0.8333$ )

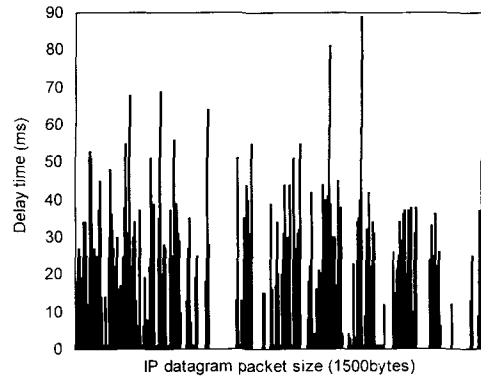


그림 5. 인터넷 트래픽 시뮬레이션을 위한 지연 모델

보장해야 한다. 따라서 본 논문에서는 이를 위한 척도로서 지터가 없는 상태에서 기준 처리 시간( $t_{ref}$ )에 대하여 지터가 있는 상태에서의 현재 처리 시간( $t_c$ )과 지터가 없는 상태에서의 기준 처리시간( $t_{ref}$ )과의 차성분에 대한 비를 사용하였으며, 그 식은 (1)과 같다.

$$DR(\text{Delay Rate}) = \begin{cases} \frac{t_c - t_{ref}}{t_{ref}} & \text{if } t_c > t_{ref} \\ 0 & \text{if } t_c \leq t_{ref} \end{cases} \quad (1)$$

즉, DR은 지터가 없는 상태에서의 기준 처리시간에 대한 지터가 있는 상태에서의 현재 처리 시간과 지터가 없는 상태에서의 처리시간의 차에 대한 비로써, DR=0 이면 연속 재생이 가능한 상태이고 DR=1 이면 기준 시간만큼 지연이 되어 연속 재생이 되고 있지 않음을 의미한다.

그림 6은 앞에서 제시 한 지연 모델을 이용하여 LAN상에서 평균 전송 속도가 1000kbps, 700kbps, 400kbps, 200kbps, 100kbps, 그리고 50kbps 하에서 멀티스트림의 수에 따라 클라이언트 측의 평균 전송 속도의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 x 축은 스트림 수를 의미하며, y 축은 클라이언트에서 수신되는 평균 전송 속도를 의미한다. 각 스트림의 평균 전송 속도가 1000kbps나 700kbps와 같이 고속인 경우 전송로가 가진 대역폭을 초과할 수 없기 때문에 스트림 수의 증가에 따라 클라이언트 측의 평균 전송 속도는 증가하지 않고 일정 값에 수렴하였다. 전송 속도가 100kbps나 50kbps와 같이 저속인 경우 전송로의 대역폭이 충분히 넓기 때문에 스트림 수의 증가에 따라 클라이언트 측의 평균 전송 속도는 선형적으로 증가

한다. 그림 7은 스트림 수에 따른 각 스트림의 평균 전송 속도를 나타낸 것이다. 평균 전송 속도가 낮을 수록 각각의 스트림들은 단일 스트림의 평균 전송 속도와 같은 속도로 전송되어 멀티스트림의 효과가 극대화됨을 알 수 있다. 이는 현재 인터넷 환경에서 클라이언트의 평균 전송 속도를 향상시켜 클라이언트가 가진 대역폭을 최대한 활용할 수 있는 효과가 있다.

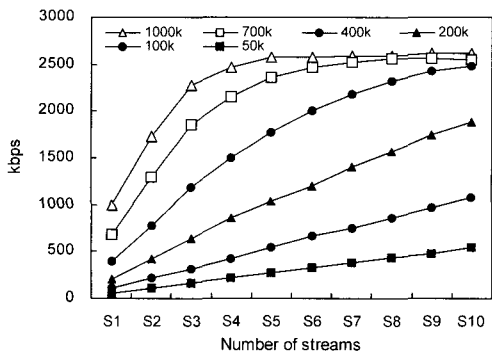


그림 6. 스트림 수에 따른 클라이언트의 전송 속도 증가 비교

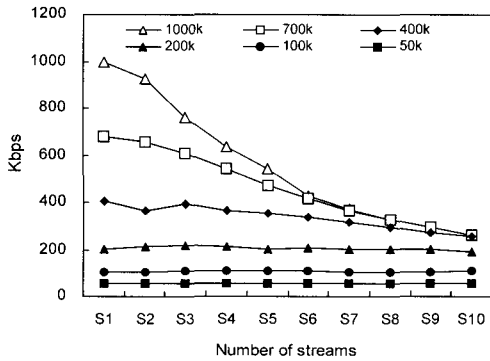


그림 7. 각 스트림의 평균 전송 속도

표 2는 여러 가지 비디오 스트림들에 대해서 H.263과 SPIHT 부호기 성능을 비교하기 위해 부호화된 I 프레임과 P 프레임의 평균 PSNR(peak signal to noise ratio)을 나타낸 것이다. 각각의 비디오 스트림들은 QCIF형식의 비디오 스트림으로 초당 10 프레임(1개의 I 프레임과 9개의 P 프레임)으로 구성되어 있다. 여기서 Y는 휘도 성분이며, C는 색차 성분을 나타낸다. 실험 결과 색차 성분에 대한 PSNR은 거의 비슷하나 휘도 성분에 대한 PSNR은 H.263 부호기를 사용한 경우 보다 SPIHT 부호기를 사용한 경우 동

표 2. 비디오 스트림에 따른 PSNR 비교

Stream name	I frame [dB]				P frame [dB]			
	H.263		SPIHT		H.263		SPIHT	
	Y	C	Y	C	Y	C	Y	C
Akiyo	35.05	39.26	37.45	39.31	34.96	39.34	36.74	39.79
Miss American	37.68	37.67	39.27	39.65	37.30	37.12	38.39	37.13
Salesman	32.24	38.71	33.35	39.11	31.92	38.61	32.91	38.98
Carphone	33.84	39.32	35.54	39.84	33.30	39.20	34.62	39.72
Foreman	32.92	38.65	34.60	39.65	31.72	38.32	32.67	38.41

일한 비트율에서 약 1.5 dB 증가하였음을 알 수 있었다.

인터넷 트래픽 모델 시뮬레이션에 의해 평균 전송 속도가 약 150kbps, 100kbps가 되도록 설정한 후 CIF 형식의 Foreman 스트림을 제안한 4개의 스트림을 갖는 적응적 멀티스트림을 이용한 방법과 4개의 스트림을 이용한 방법 그리고 기존의 단일 스트림 방법에 대한 성능 비교의 결과를 그림 8과 그림 9에 나타내었다. 그림 8의 비트율이 150kbps인 경우는 Foreman 스트림에 있어서 네트워크 지연이 없는 경우 연속적으로 재생 가능한 비트율을 나타내며, 그림 9의 100kbps인 경우는 네트워크 지연이 없는 경우에도 연속 재생이 되지 않는 비트율을 의미한다.

그림 8과 같이 평균속도가 150kbps인 연속 재생이 가능한 상태에서 전송할 경우, 지터의 영향을 받아 단일 스트림인 경우 DR의 값이 큰 값으로 많이 변화하여 연속 재생이 힘든 상태를 나타내나, 4개의 멀티스트림을 이용하거나 제안한 적응적 멀티스트림을 이용한 경우, DR의 값이 거의 0에 근접하는 값을 나타내어 지터의 영향을 별로 받지 않으면서 연속 재생이 가능함을 알 수 있다.

그림 9에서는 평균속도를 100kbps로 줄였을 때, 재생과정을 도식화한 것이다. 단일 스트림인 경우 지터의 영향을 많이 받아 DR의 값이 아주 심하게 변화하는 것을 볼 수 있었으며, 4개의 멀티스트림을 사용한 경우에도 지터의 영향을 받아 연속 재생이 부적합할 정도의 DR을 나타냈다. 그러나 제안한 방법의 경우, 초기에는 4개의 멀티스트림과 같이 지터의 영향을 받지만, 50 프레임부터 클라이언트의 버퍼링 상태에 따라 송신측에서 적응적 프레임 패터를 제어하여 전송되는 데이터 양을 100kbps이하로 줄임으로써 연속 재생이 가능하였다. 적응적 프레임 패터 제어는 I 프레임대신 P 프레임들을 전송함으로써 약간의 화질

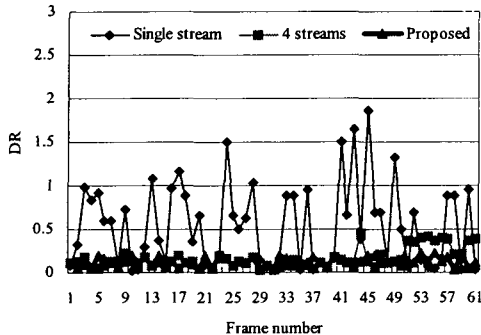


그림 8. 기존의 방법과 제안한 방법의 성능 비교 (150kbps)

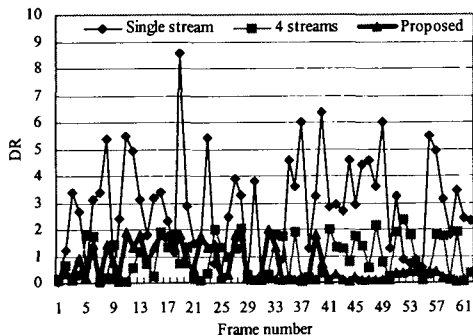


그림 9. 기존의 방법과 제안한 방법의 성능 비교 (100kbps)

저화를 초래할 수 있으나 효율적인 전송이 가능하다.

5. 결 론

본 논문에서는 현재의 비동기적인 패킷망에서 SPIHT 웨이브릿 기반의 비디오 데이터에 대한 적응적 멀티스트림 전송 기법을 제안하였다. 제안한 방법은 QoS가 보장되지 않는 비동기적인 패킷망에서 비디오 스트림의 신뢰성 있는 전송과 연속적으로 재생하기 위한 최선의 서비스를 위해 TCP 상에서 적응적 프레임 패턴 제어기에 의한 스케일러블 프레임 패턴을 생성하여 멀티스트림을 이용해 전송하였다. 적응적 프레임 패턴 제어기는 네트워크 상태에 따라 클라이언트의 버퍼가 채워지는 상태가 다르기 때문에 이 상태 정보를 참조하여 전송할 정보량이 스케일러블러티를 가지도록 하였으며, 멀티스트림 전송을 통해 TCP상에서 전송 성능을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 네트워크의 지터에도 강하며, 클라이언트가 가진 대역폭을 최대한 활용할 수 있는 제어성능을 가지고 있었다. 또한 비디오 스트림의 스케일러블러티에 의

해 완전하게 수신되지 않더라도 재생이 가능하였다. 실험결과, SPIHT 웨이브릿 기반 비디오 부호기를 이용한 적응적 멀티스트림 전송 기법의 경우 기존의 DCT 기반인 H.263 비디오 부호기를 이용한 스트림 전송 기법에 비해 동일한 비트율에서 화질이 약 1.5dB 향상되었을 뿐만 아니라, 수신된 인부의 데이터만으로 재생이 가능한 스케일러블러블 전송을 할 수 있었다. 그리고, 기존의 단일 스트림 전송인 경우 네트워크의 상태에 따라 DR이 큰 값을 가지면서 심하게 변화하였으나, 제안한 적응적 멀티스트림을 이용한 전송인 경우 DR이 0에 근접함을 확인할 수 있었다. 따라서, 네트워크 지터에 적응적으로 대처할 수 있어 최선의 서비스를 제공할 수 있다. 향후 전송 속도에 따른 비디오 스트림에 대한 스킵과 어러 온억에 관한 연구가 계속된다면 보다 효율적인 비디오 스트림 전송이 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [ 1 ] Intelligent streaming of the Microsoft, available at <http://msdn.microsoft.com/library/en-us/dnwm/html/IntStreaming.asp>, 2002.
- [ 2 ] Surestream of the RealNetworks, available at [http://www.realnetworks.com/products/servers/wp\\_surestream.html](http://www.realnetworks.com/products/servers/wp_surestream.html), 2002.
- [ 3 ] Jan Pieper, Savitba Srinivasan, Byron Dom, "Stream-media knowledge discovery," Computer, pp. 68-74, Sep. 2001.
- [ 4 ] ISO/IEC JTC1 CD 11172, Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media up to 1.5Mbits/s, ISO, 1992.
- [ 5 ] Draft ITU-T Recommendation H.262, Generic coding of moving pictures and associated audio information: video, 1995.
- [ 6 ] J. Postel, Transmission control protocol, RFC 793, Sep. 1981.
- [ 7 ] J. Postel, User datagram protocol, RFC 768, Aug. 1980.
- [ 8 ] Jan Ozer, "Audio, Video Live from the web," PC Magazine, pp. 100-136, March, 1996.
- [ 9 ] J. Karlekar and U. Desai, "SPIHT video coder," IEEE Region 10 International Con-

ference on Global Connectivity in Energy, Computer, Communication and Control, vol. 1, pp. 45-48, 1998.

[10] J. Shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 41, no. 12, pp. 3445-3462, Dec. 1993.

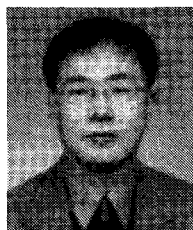
[11] A. Said and W. A. Pearlman, "A new fast and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 6, pp. 243-250, June 1996.

[12] Draft ITU-T Recommendation H.263, "Video coding for low bitrate communication," Dec. 1995.

[13] Gwang, S. Jung, Kyung W. Kang, Qutaibah M. Malluhi, "Multithreaded Distributed MPEG1-Video Delivery in Internet Environment," *Proceedings of the 2000 ACM Symposium on Applied Computing*, vol. 2, pp. 592-597, Mar. 2000.

[14] V. Paxson and S. Floyd, "Wide Area Traffic: The Failure of Poisson Modeling," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 3, no. 3, p. 226-244, June 1995.

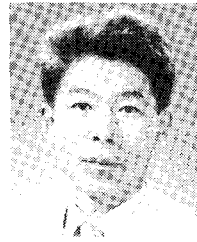
[15] J.R. Gallardo, D. Makrakis, and L. Orozco-Barbosa, "Use of Alpha-Stable Self-Similar Stochastic Processes for Modeling Traffic in Broadband Networks," *Proceedings of 1998 SPIE Performance and Control Conference*, pp. 218-296, October 1998.



**강 경 원**

1996년 2월 부경대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1998년 2월 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 2002년 2월 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
 1998년 3월~1999년 8월 미국

Jackson State University 연구원  
 2002년 3월~현재 위덕대학교 멀티미디어공학과 강의전담교수  
 관심분야: 멀티미디어 통신, 인터넷 방송, 영상신호처리 등



**정 태 일**

1994년 2월 부경대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1997년 2월 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1997년 3월~2001년 8월 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
 2000년 2월~현재 동명정

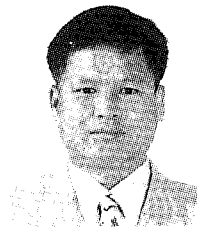
보대학교 정보공학부 강의전담교수  
 관심분야: 영상신호처리, VoIP 등



**류 권 열**

1982년 8월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1990년 8월 경북대학교 산업대학원 전산전공 졸업(공학석사)  
 1998년 2월 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1986년 7월~1995년 4월 포항공과대학교 전자계산소(전산과장)  
 1998년 4월~현재 위덕대학교 멀티미디어공학과 조교수  
 관심분야: 영상처리, 멀티미디어 통신



**권 기 룡**

1986년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1990년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1994년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
 1996년 3월~현재 부산외국어대

학교 전자컴퓨터공학과 조교수  
 관심분야: 웨이브릿변환, 적응신호처리, 능동잡음제거, 멀티미디어 통신등



**문 광 석**

1979년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1981년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1989년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
 1988년 1월~12월 일본 동경대학

교 공학부 연구원  
 1997년 8월~1998년 7월 미국 Jackson State University 객원교수  
 1990년 3월~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수  
 관심분야: 영상신호처리, 적응신호처리등