

초저속 고압축 비디오의 미디어내 동기화를 위한 멀티 스트림 생성 기법

Multi-stream Generation Method for Intra-media Synchronization of Very Low Bit Rate Video

강 경 원, 류 권 열, 권 기 룡, 문 광 석, 김 문 수

Kyung-Won Kang, Kwon-Yeol Ryu, Ki-Ryong Kwon, Kwang-Seok Moon, Moon-Su Kim

요 약

초저속 고압축 비디오는 고압축 부호화를 위해 주로 화면간 부호화 방법을 사용한다. 화면간 부호화는 현재 프레임과 이전 프레임간의 데이터 의존성이 높기 때문에 전송시 패킷 손실이 발생할 경우 복원 영상에 심각한 화질 열화를 야기할 수가 있다. 따라서 본 논문에서 초저속 고압축 비디오 데이터에 대한 신뢰성 있는 전송과 미디어내 동기화를 위해 TCP 기반 멀티 스트림 생성 기법을 제안한다. 제안한 방법은 TCP 기반으로 신뢰성 있는 전송이 가능하며, 멀티 스트림을 통해 효율적인 전송과 네트워크 지터에 강하며, 클라이언트가 가진 대역폭을 최대한 활용할 수 있다.

Abstract

Very low bit rate video coding uses the inter-picture video coding method for high compression. The inter-picture video coding is coded based on the information of the previous frames so any packet loss can lead to reduce the image quality on the transmission. In this paper, we proposed the multi-stream generation method for inter-media synchronization of very low bit rate video based on TCP for reliable transmission. The proposed approach performs a reliable transmission via a TCP based protocol. This method incorporates multi-streams in order to enhance the robustness of delivery and can withstand against network jitter. Moreover, the client bandwidths are fully utilized in a highly efficient way.

Keywords : multi-streams, inter-media synchronization, intra-media synchronization, video coding

I. 서 론

최근 압축기술, 교환기술 그리고 전송기술등의 급속한 발전에 따라 사용자들은 멀티미디어 서비스에 대한 욕구가 증가하고 있다. 기존의 멀티미디어 서비스를 위한 전송은 TCP(transmission control protocol)나 UDP(user datagram protocol)상에서 제공된다. TCP는 연결형 서비스로 패킷에 대한 손실과 전송 에러에 대한 처리 기능은 있으나 데이터에 대한 실시간 전달 기능은 없다. 그러나 UDP인 경우는 비연결형 서비스로 TCP와 같은 패킷에 대한 신뢰성 있는 전송은 할 수 없으나 데이터에 대한 실시간 전달이 가능하다.

멀티미디어 데이터는 양이 방대하므로 고압축이 필수

적이다. 그러나 고압축을 수행할 경우 프레임과 프레임간의 데이터 의존성이 높아지기 때문에 패킷 손실이 발생할 경우 복원 영상에 심각한 화질 열화를 야기할 수 있다. 따라서 멀티미디어 데이터의 전송 시 고압축과 더불어 신뢰성 있는 전송이 요구된다. 현재 주로 사용되고 있는 통신망은 LAN이나 MAN같은 비동기적 패킷 교환망이기 때문에 멀티미디어 데이터 전송 시 원래 미디어의 시간 정보는 망과 시스템에서의 지터(jitter)나 스큐(skew)등에 의해 상실되기 때문에 수신측에서 원래의 시간 관계를 복구하여 연속적인 재생을 하기 위해서는 동기화 기법도 요구된다. 동기화는 미디어 내에서 패킷과 패킷 사이의 시간 관계를 유지시키기 위한 미디어내

동기화(intra-media synchronization)와 미디어들 간의 시간 관계를 유지시키기 위한 미디어간 동기화(inter-media synchronization)로 구분할 수 있다[1,2]. 기존의 동기화에 관한 연구로서는 Nicolaou[3]의 개별 스트림 내에 동기점 삽입에 의한 동기화 방법과 Steinmetz[4]의 LDU(logical data unit)를 이용한 동기화방법이 있으며, 응용과 사용자의 입장에서 멀티미디어의 형태를 시간적인 연관성을 갖도록 구성한 Little[5]의 데이터 패킷 전송 전 전송 스케줄 계산에 의한 동기화 방법과 망에서 시간적인 차이를 보상하기 위한 Escobar등[6]의 타임스탬프를 이용한 동기화 방법 그리고 Ramanathan등[7]의 주기적인 피드백 정보에 의한 동기화 방법 등이 있다. 그러나 현재까지 기존의 방법들은 멀티미디어 동기화를 완벽히 만족 시켜주지 못하는 것이 사실이다.

본 논문에서는 H.263[8]과 같은 초저속 고압축 비디오 데이터에 대한 미디어내 동기화를 위한 멀티 스트림 생성기법을 제안한다. 제안한 방법은 UDP에서 발생할 수 있는 패킷 손실로 인한 복원 화질 열화를 막기 위해 신뢰성 있는 TCP 기반에서 전송을 수행한다. 그러나 TCP는 실시간 데이터 전송이 안되므로, 멀티 스트림을 통해 효율적인 전송과 네트워크 트래픽에 의한 지터에 강하며 클라이언트가 가진 대역폭을 최대한 활용할 수 있다. 또한 현재 전송 환경 하에서 전송 모델링을 통해 최적의 멀티 스트림의 수를 제시한다.

II. 멀티 미디어 동기화

멀티미디어 동기화란 전송 중 미디어내에서 발생하는 지터나 미디어간에서 발생하는 스큐 등에 의해 왜곡된 시간관계를 원래의 상태로 복구하는 것이다. 동기화의 종류로는 미디어내 동기화와 미디어간 동기화가 있다. 미디어내 동기화는 미디어 내에서 패킷과 패킷 사이의 시간 관계를 유지하는 것을 말하며, 미디어간 동기화는 미디어들 사이에서 시간관계를 유지하는 것을 말한다. 그림 1은 미디어내 동기화와 미디어간 동기화를 도식한 것이다.

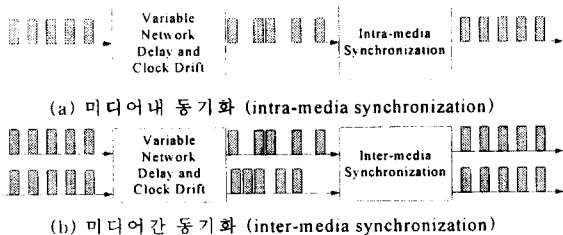
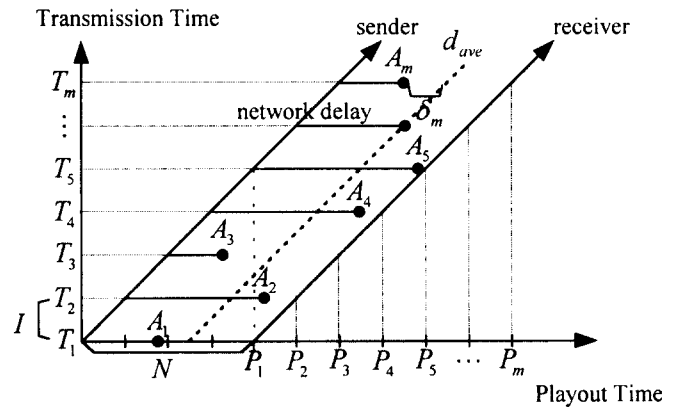


그림 1. 멀티미디어 동기화
Fig. 1. Multimedia synchronization

미디어내 동기화는 흐름동기(stream synchronization)를 의미하는 것으로 단일 미디어의 연속적인 표현을 위

한 동기화이다. 송신 단에서 전송된 미디어 데이터는 송수신단간의 지연과 지연의 변화인 지터의 영향을 받는다. 따라서 연속적으로 보낸 송신 단의 미디어 데이터는 수신 단에서 불연속성을 갖게 된다. 이러한 불연속성을 없게 하고 송신 단에서와 같은 순서의 연속성을 갖도록 하는 것이 미디어내 동기화이다. 그림 2는 미디어가 UDP 상에서 전송될 때 미디어내 동기화를 수행하는 과정을 나타낸 것이다.



- T_m : Transmission time of m th frame
- A_m : Arrival time of m th frame
- P_m : Playout time of m th frame
- d_{ave} : Average delay from server to client
- δ_m : Delay variance of m th frame
- I : Playout interval
- N : number of the buffering frames

그림 2. UDP에서의 미디어내 동기화
Fig. 2. Intra-media synchronization on the UDP

그림 2에서 보는 바와 같이 전송시 지터가 존재하기 때문에 연속적으로 미디어 데이터가 재생되기 위해서는 처음 N 개의 프레임에 대한 버퍼링(buffering)이 선행되어야 한다. 아래 식은 초기 버퍼링에 필요한 프레임 수 N 을 구하는 식이다. 그림 3과 같이 미디어 데이터의 시간적인 순서를 고려한 전송일 경우 식 (1)과 같은 시간적인 관계를 얻을 수 있다[9].

$$\begin{aligned}
 A_1 &= T_1 + d_{ave}(N) + \delta_1 \\
 A_2 &= T_2 + d_{ave}(N) + \delta_2 \\
 &\vdots \\
 A_m &= T_m + d_{ave} + \delta_m = T_1 + d_{ave} + \delta_m + (m-1)I \\
 P_m &= A_N + (m-1)I = T_1 + d_{ave} + \delta_N + (m+N-2)I
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

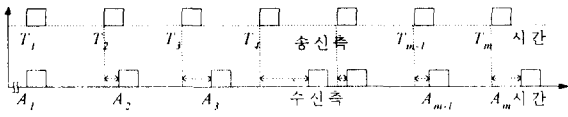


그림 3. 멀티미디어 데이터 전송
Fig. 3. Multimedia data transmission

이때 비디오 스트림 데이터가 연속적으로 재생되기 위해서는 프레임을 재생하기 이전에 프레임이 도착하여야 한다. 즉, $A_m^{max} \leq P_m^{min}$ 이어야 하므로 식 (1)을 이용하여 식 (2)를 구할 수 있다. 즉, A_m^{max} 는 δ_m 의 값이 최대인 경우이며, P_m^{min} 는 δ_N 의 값이 최소인 경우이다.

$$A_m^{max} = T_1 + d_{ave} + \delta_{max} + (m-1)I \quad (2)$$

$$P_m^{min} = T_1 + d_{ave} - \delta_{max} + (m-N-2)I$$

$A_m^{max} \leq P_m^{min}$ 인 관계식에 의해 최종적인 식 (3)을 얻을 수 있다.

$$N \geq 1 + \frac{2\delta_{max}}{I} \quad (3)$$

여기서, 미리 버퍼링 되어야 할 프레임의 수(N)는 프레임간의 간격(I)과 최대 지연 편차(δ_{max})가 주어지면 구할 수 있다. 그러나 UDP는 전송 할 경우 네트워크가 혼잡하거나 라우팅이 복잡할 경우 네트워크상의 패킷이 손실될 수 있어, H.263과 같이 고압축을 위해 P-화면으로 구성된 화면간 부호화방법이 사용될 경우 현재 프레임과 이전 프레임의 데이터 의존성이 높기 때문에 전송시 패킷의 손실로 인한 영향이 복원 영상에 심각한 화질 열화를 야기할 수가 있다. 따라서 보다 신뢰성 있는 전송이 요구된다. 그림 4는 고압축 비디오 스트림의 데이터 구조를 나타낸 것이다.

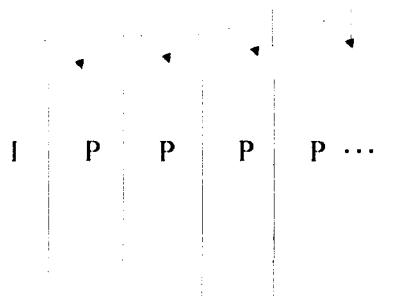


그림 4. 비디오 스트림의 구조
Fig. 4. Video stream structure

III. 제안한 멀티 스트림 생성 기법

본 논문에서는 신뢰성 있는 전송과 효율적인 데이터 전달을 위해 TCP 기반 멀티 스트림 생성 기법을 제안하고 모델링을 통해 네트워크의 상황에 따른 적절한 스트림의 수를 제시하고자 한다. 그림 5는 멀티 스트림의 효능을 설명하기 위해 기존의 인터넷 상에서 단일 스트림과 멀티 스트림으로 MTU (maximum transmission unit)를 전송하는 과정을 설명한 것이다. 멀티 스트림으로 전송할 경우 각각의 스트림마다 개별적인 MTU 단위로 전송하기 때문에 총 패킷의 크기가 전송 대역폭보다 작을 경우 모든 MTU를 병렬적으로 전송할 수 있다.

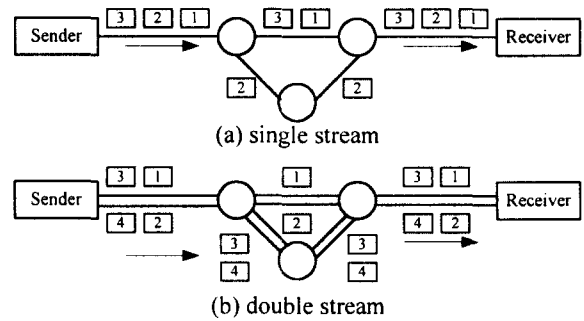
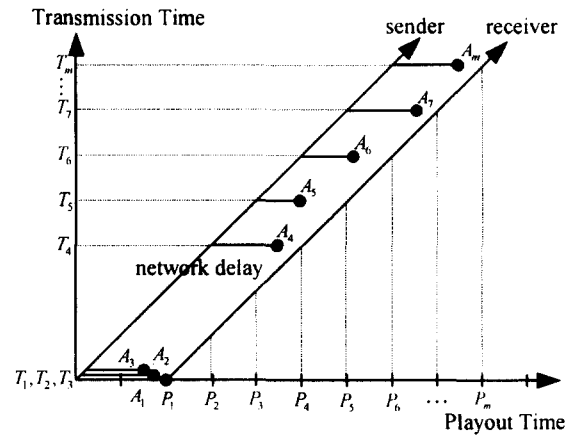


그림 5. 단일 스트림과 이중 스트림의 전송
Fig. 5. Transmission of the single stream and double streams



- T_m : Transmission time of m th frame
- A_m : Arrival time of m th frame
- P_m : Playout time of m th frame
- d_{ave} : Average delay from server to client
- δ_m : Delay variance of m th frame
- I : Playout interval
- N : number of the streams

그림 6. 멀티 스트림의 미디어내 동기화
Fig. 6. Inter-media synchronization of the multistreams

그림 6은 본 논문에서 제안한 멀티 스트림을 이용하여 미디어내 동기화 과정을 나타낸 것이다. 송신 단은 각각의 스트림을 통해 병렬적으로 계속 패킷을 전송할 수 있지만 수신 단은 여러 개의 스트림을 하나의 스트림으로 재조합 해야 하기 때문에 송신단과 수신 단 사이에 동기 가 필요하다.

최적의 멀티 스트림 수(N)을 찾기 위해 N 개의 스트림을 갖는 시스템이 있다고 가정하며, 처음 접속시 N 개의 스트림을 통해 병렬적으로 N 개가 전송되기 때문에 식 (4)와 같이 미디어 데이터 전송에서의 시간적인 관계를 나타낼 수이다. 여기서, 수신 단에서는 스트림의 재조합을 위해서 송신단과 동기 되어야 하므로, 송신 단의 프레임 전송 시작 시간(T_m)은 수신 단에서 이전의 프레임을 처리 한 직후(P_{m-N+1})가 되도록 설정하고, $d_{ave}(N)$ 은 N 에 따른 평균 지연시간을 의미한다.

$$\begin{aligned}
 A_1 &= T_1 + d_{ave}(N) + \delta_1 \\
 A_2 &= T_1 + d_{ave}(N) + \delta_2 \\
 &\vdots \\
 A_N &= T_1 + d_{ave}(N) + \delta_N \\
 P_1 &= T_1 + d_{ave}(N) + \text{Max}(\delta_1, \dots, \delta_N) \quad (4) \\
 T_m &= P_{m-N+1} \quad (\text{단, } m > N) \\
 A_m &= P_{m-N+1} + d_{ave}(N) + \delta_m \\
 &= P_1 + (m-N)I + d_{ave}(N) + \delta_m \\
 P_m &= P_1 + (m-1)I
 \end{aligned}$$

연속적으로 재생되기 위해서는 적어도 프레임의 도착 시간이 재생시간 보다 빨라야 한다. 즉, $A_m \leq P_m$ 이 되어야 연속적인 재생이 가능하다. 최악의 경우에도 재생이 가능하기 위해서는 $A_m^{\max} \leq P_m^{\min}$ 이 되어야 하므로 식 (4)으로부터 식 (5), (6)을 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 A_m^{\max} &= P_{m-N+1} + d_{ave}(N) - \delta_{\max} \\
 &= P_1 + (m-N)I + d_{ave}(N) - \delta_{\max} \quad (5)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_m^{\min} &= P_1 + (m-1)I \\
 \delta_{\max} + I &\leq NI - d_{ave}(N) \quad (6)
 \end{aligned}$$

최종적으로 식 (6)은 수신 단에서 미디어내 동기화를 구현하기 위해 필요한 스트림의 수(N)를 구할 수 있는 관계식을 나타낸 것으로, 미디어내 동기화를 통한 연속 재생을 위해 필요한 스트림의 수(N)는 최대 지연 편차

(δ_{\max})와 프레임간의 간격(I), 그리고 스트림 수에 의한 평균 지연시간($d_{ave}(N)$)에 의해 구할 수 있다.

IV. 실험 및 고찰

본 논문의 실험을 위한 서버와 클라이언트 프로그램들은 windows 98 환경 하에서 자바로 구현하였으며, 비디오 데이터는 176 화소수 \times 144 주사선수(QCIF규격) 크기의 salesman을 사용하였다. 수신측에서 재구성된 멀티 미디어 데이터의 표현 서비스 품질은 표현이 평활 하게 나타나야 한다. 그리고 일정한 재생 시간 간격을 유지하여 연속성을 보장해야 한다. 따라서 본 논문에서는 이를 위한 척도로서 식 (7)과 같이 DR을 정의하였다. DR은 지터가 없는 기준 시간(t_{ref})에 대한 지터($t_c - t_{ref}$)의 비로써, DR=0 인 경우 동기화가 된 상태를 의미한다.

$$\text{DR(Delay Rate)} = \begin{cases} \frac{t_c - t_{ref}}{t_{ref}} & \text{if } t_c > t_{ref} \\ 0 & \text{if } t_c \leq t_{ref} \end{cases} \quad (7)$$

그림 7은 실제 실험을 통한 멀티 스트림의 성능을 측정한 것이다. 즉, LAN을 통해 동일한 크기의 파일을 전송 받을 경우 스트림의 수에 따른 수신속도를 단일 스트림의 전송속도의 배수로 표현한 것이다. 전송속도가 LAN의 최대 전송속도에 접근 할 수록 스트림에 대한 효과는 줄어들지만 저속인 경우에는 각각의 스트림들이 MTU 단위로 병렬적으로 전송할 만큼 대역폭이 충분하기 때문에 전송 속도가 스트림의 수에 따라 증가함을 알 수 있었다. 실험 결과는 식 (8)와 같이 근사화 하였다.

$$k(N) = \begin{cases} \frac{2N+1}{3} & \text{if } 0 < N \leq 4 \\ \frac{N+8}{4} & \text{if } 4 < N \leq 8 \end{cases} \quad (8)$$

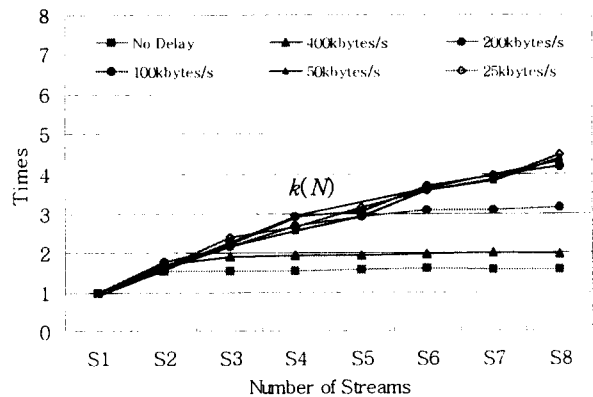


그림 7. 스트림 수에 따른 성능 비교
Fig. 7. Comparison of throughput by the number of the streams

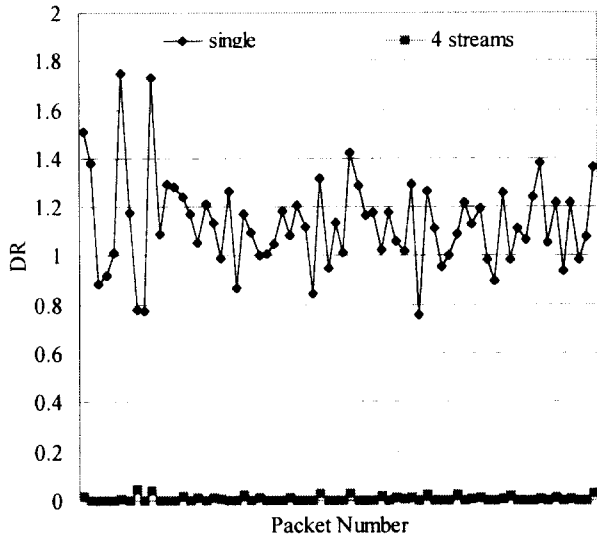
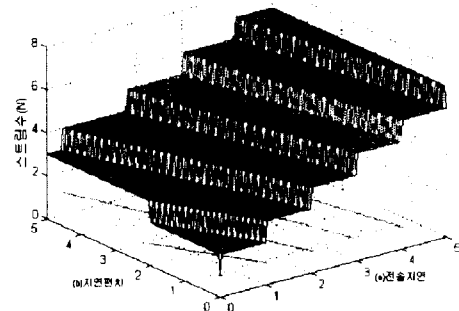
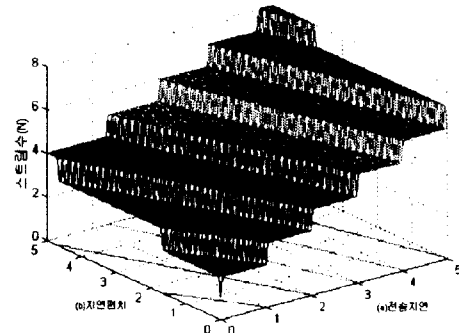


그림 8. 단일 스트림과 멀티스트림에 대한 DR의 비교
 Fig. 8. Comparison of DR between single stream and multi-streams

그림 8은 제안한 미디어내 동기화를 통한 연속 재생을 실험하기 위해 프레임간의 간격(I)을 50ms, 최대 지연 편차(δ_{max})를 50ms, 평균 지연시간(d_{ave})을 100ms로 설정하였다. 이 경우 식 (6)에 의해 미디어내 동기화를 위한 최소의 스트림의 수는 4 ($N \geq 4$) 이다. 따라서 4개의 스트림을 통해 실험한 결과 제안한 멀티 스트림인 경우 DR이 0에 근사한 값을 가져 동기화가 유지됨을 알 수 있었으며, 단일 스트림인 경우는 지터의 영향이 그대로 전달되어 DR 값이 크게 됨을 알 수 있었다. 그림 9는 제안한 식을 간단히 하기 위해 지연편차와 전송속도를 프레임간의 간격의 배수로 둔 후, 전송속도가 스트림의 수에 비례하여 증가한다고 가정한 후 제안한 식에 의해 멀티 스트림 수를 도식한 그림이다. 즉, 최대 지연 편차의 변화와 평균 지연시간의 변화에 따른 연속 재생을 위해 필요한 스트림의 수 N 을 구한 것이다. 식 (6)을 간단히 하기 위해, $\delta_{max} = bI$, $d_{ave}(N) = \frac{d_{ave}}{k(N)}$, $d_{ave} = aI$ 로 하였다. 여기서 a, b 는 임의의 실수를 의미한다. 일반적으로 멀티 스트림 수의 증가에 따라 전송속도가 비례하고 전송 지연이 감소하는 이상적인 경우 $d_{ave}(N)$ 은 $\frac{d_{ave}}{N}$ 으로 표현할 수 있으므로, 그림 9의 (a)는 이상적인 경우에 대해 a, b 의 변화에 따른 N 의 값을 나타낸 것이다. 그림 9의 (b)는 $d_{ave}(N)$ 이 그림 7을 이용하여 멀티 스트림의 수의 증가에 따라 전송속도를 식 (8)과 같이 군사화 한 후 a, b 의 변화에 따른 N 의 값을 나타낸 것이다.



(a) 이상적인 경우



(b) 실험치에 의한 경우

그림 9. 지연편차와 평균 전송 속도에 따른 스트림의 수
 Fig. 9. Number of multi-streams according to delay variance and average delay

V. 결론

본 논문에서 초저속 고압축 비디오 데이터에 대한 미디어내 동기화를 위해 멀티 스트림이 생성 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 UDP로 전송 할 경우 패킷 손실에 의한 영향이 복원 영상에 심각한 화질 열화를 야기시킬 수 있기 때문에 신뢰성 있는 전송을 위해 TCP 기반 상에서 병렬전송을 통해 네트워크 트래픽에 의해 발생하는 지터에 강한 멀티 스트림 생성 기법을 제안하였다. 그리고 여러 가지 최대 지연 편차(δ_{max})와 프레임간의 간격(I), 그리고 스트림 수에 의한 평균 지연시간($d_{ave}(N)$)에 따라 미디어내 동기화를 가능하게 하는 최소의 스트림의 수를 제시하였다. 실험 결과 네트워크의 상황에 따라 적절한 스트림을 생성할 경우 TCP 상에서 초저속 고압축 비디오에 대한 미디어내 동기화를 구현할 수 있었다.

향후 전송 속도에 따른 비디오 스트림 스킵과 에러 은닉에 관한 연구가 된다면 보다 효율적인 비디오 스트림 전송이 가능하리라 사료된다.

접수일자 : 2001. 7. 9

수정완료 : 2001. 7. 16

참고문헌

- [1] G. Blackowski and R. Steinmetz, "A media synchronization survey: Reference model, specification, and case studies," IEEE Journal on selected areas in communications, vol. 14, no. 1, pp. 5-35, Jan. 1996.
- [2] E. Biersack, W. Geyer, and C. Bernhardt, "Intra- and inter-stream synchronization for stored multimedia streams," IEEE proceeding of Multi-media '96, pp. 372-381, 1996.
- [3] C. Nicolaou, "An Architecture for real-time multimedia communication," IEEE Journal on selected areas in communications, vol. 8, no. 3, pp. 391-400, Apr. 1990.
- [4] R. Steinmetz, "Synchronization properties in multimedia systems," IEEE Journal on selected areas in communication, vol. 8, no. 3, pp. 401-412, Apr. 1990.
- [5] T. Little "Protocols for bandwidth constrained multimedia traffic," Multimedia '92, pp. 150-159, Apr. 1992.
- [6] J. Escobar, D. Deutch, and C. Partridge, "Flow synchronization protocol, IEEE proceeding of globecom, vol. 3, pp. 1381-1387, 1992.
- [7] S. Ramanathan and P. Venkat Rangan, "Feedback techniques for intra-media continuity and inter-media synchronization in distributed multimedia system," The Computer Journal, vol. 36, no. 1, pp. 19-31, 1993
- [8] Draft ITU-T Recommendation H.263, "Video coding for low bitrate communication," Dec. 1995.
- [9] 김승천, 박기현, 이현태, 박재성, 이재용, 이상백, "수신측 버퍼 레벨을 이용한 멀티미디어 동기화 기법," 한국통신학회논문지, vol. 22, no. 6, pp. 1334-1342. 1997.



강경원(Kyung Won Kang)

準會員

1996년 부경대학교 전자공학과

1998년 부경대학교 대학원 전자공학과
(공학석사)

1998년~현재 부경대학교 대학원
박사 과정 재학중

1998년 3월~1999년 8월, 미국 Jackson State University
연구원

주관심 분야 : 영상신호처리, 멀티미디어 통신



류권열(Kwon Yeol Ryu)

正會員

1982년 경북대학교 전자공학과

1982년~1986년 삼성반도체통신(주)
시스템 개발실

1986년~1995년 포항공과대학교
전자계산소

1990년 경북대학교 산업대학원 컴퓨터공학과(공학석사)

1998년 부경대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1998년~현재 위덕대학교 멀티미디어공학과 전임강사

관심 분야 : 영상신호처리, 멀티미디어 통신 등



권기룡(Ki Ryong Kwon)

正會員

1986 경북대학교 전자공학과

1990 경북대학교 전자공학과(공학석사)

1994 경북대학교 전자공학과(공학박사)

1996~현재 부산외국어대학교

전자공학과 조교수

관심분야: 영상신호처리, 적응신호처리, 능동잡음제거 등



문광석(Kwang Seok Moon)

正會員

1979 경북대학교 전자공학과
1981 경북대학교 전자공학과(공학석사)
1989 경북대학교 전자공학과(공학박사)
1988 1월~12월 일본 동경대학교
공학부 연구원

1997년 8월~1998년 7월 미국 Jackson State University
객원교수

1990~현재 부경대학교 전자공학과 교수
관심분야 : 영상신호처리, 적응신호처리,
멀티미디어 통신 등



김문수(Kim Moon Soo)

正會員

1963년 전남대학교 공과대학
1981년 동아대학교 전자공학과
(공학석사)
1987년 동아대학교 전자공학과
(공학박사)

현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
관심분야 : 영상신호처리, 통신시스템, 회로 및 시스템
제어시스템, 지능시스템
