

고화질 스테레오 비디오 전송 시스템을 위한 동기화 기법

김종률, 이석희, 김종원
광주과학기술원 정보통신공학과 네트워크미디어 연구실
{jrkim, shlee, jongwon}@netmedia.gist.ac.kr

Synchronization Issues for Stereoscopic High-Definition Video Delivery over IP Networks

JongRyool Kim, SeokHee Lee, and JongWon Kim
Networked Media Lab., Dept. Info. & Commun.,
Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

요약

대용량의 네트워크 인프라가 확대되고, 네트워크를 통한 DV, HD 급의 고화질 비디오 전송이 보편화 되면서, 고화질의 비디오에 몰입감, 현실감을 증진시키기 위한 스테레오 HD 비디오 전송이 가능하게 되었다. 본 논문은 IP 네트워크를 통해서 스테레오 HD 비디오 전송을 가능하게 해주는 소프트웨어 기반의 HD 비디오 전송 시스템에서 효과적으로 몰입감과 입체감을 제공하기 위해 충족되어야 하는 좌우 영상의 동기화에 필요한 요소들을 다룬다. 제안된 동기화 기법은 수신 측에서 최종적으로 동기화된 좌우 영상을 통해 스테레오 HD 비디오를 얻기 위해서 좌우 카메라로부터 영상의 획득 시, 획득된 영상의 네트워크 전송 시, 또 수신된 영상의 재생 시 좌우 영상의 동기화한다. 결과적으로 동기화 된 좌우 영상을 통하여 몰입감과 현실감을 가지는 스테레오 HD 비디오를 실시간으로 감상할 수 있다.

Keyword : Synchronization, Stereoscopic, High-Definition video, Program Clock Reference, Presentation Time Stamp, Program Association Table, Program Map Table.

1. 서론

최근 고성능 네트워크(high performance network)와 광대역통합망(broadband convergence network : BcN)과 같은 대용량 네트워크 인프라가 확대되고, 네트워크를 통한 DV, HD 급의 고화질 비디오를 전송이 보편화 되면서, 고화질의 비디오에 몰입감, 현실감을 증진시키기 위한 스테레오 HD(High Definition) 비디오를 전송하는 시도가 이루어지고 있다. 이러한 스테레오 HD 비디오는 사용자들에게 실감성을 요구하는 원거리 협업을 위한 Access Grid, 수술 장면을 고화질 입체 영상으로 기록하는 임상 체험 시스템, 입체감과 실재감을 요구하는 교육과 웹 쇼핑 분야 등 그 활용범위가 넓고 다양하다 [1].

스테레오 HD 비디오 시스템을 실현화 하는데

있어서 아직 많은 문제점들 있다. 그 중 하나가 스테레오 HD 비디오의 생성에 이용되는 좌우 영상의 동기화 (synchronization) 이다. 정확하게 동기화 되지 않은 좌우 영상으로 스테레오 HD 비디오를 생성하는 경우 제대로 된 3 차원의 입체감을 느낄 수 없게 될 뿐만 아니라, 눈에 심한 피로감을 주게 되고, 결과적으로 스테레오 HD 비디오 시스템을 통해 몰입감과 현실감을 제공하려는 궁극적인 목적을 이행하지 못하게 된다.

좌우 영상의 동기화 문제를 해결하기 위해서 기존에는 좌우의 영상을 하나의 영상으로 다중화하는 프레임 데시메이션 기법(frame decimation scheme)을 사용하거나 RTP(Real-Time Transport Protocol) 타임스탬프를 사용하였다. 전자의 경우에는 이미지의 다중화를 통해 두 영상의 동기화를 위한 수고를 덜어 줄 수 있지만 비 압축 된 영상

의 획득과 영상의 다중화를 위한 처리와 압축 과정에서 고가의 장비와 복잡한 수행 과정이 요구된다 [3]. 후자의 경우에는 디스플레이시 타임스탬프를 이용하여 좌우 영상의 동기화를 추구하지만 좌우 영상이 네트워크 상으로 서로 다른 스트림으로 전송되기 때문에 하나의 스트림이 손실되거나 요구되는 시간 보다 늦게 수신되면 두 스트림의 동기화를 이룰 수 없게 된다 [4,6,7].

기존의 연구들의 문제점을 보완하기 위하여 본 논문에서는 IP 네트워크 환경에서 좌우 영상이 동기화 된 스테레오 HD 비디오 전송 시스템을 제안한다. 수신 측에서 최종적으로 동기화된 좌우 영상을 통해 스테레오 HD 비디오를 얻기 위해서는 좌우 카메라로부터 영상의 획득 시, 획득된 영상의 네트워크 전송 시, 또 수신된 영상의 디스플레이 시 좌우 영상의 동기화가 이루어져야 한다. 이를 위해 본 시스템에서는 LANC Shepherd 를 사용하여 두 카메라의 electronic cycle 를 동기화 하여 좌우 영상의 획득 시의 동기화를 얻는다. 이와 함께 동기화 하여 획득된 좌우 영상의 네트워크 전송과 수신된 영상의 디스플레이시의 동기화를 얻기 위해 MPEG2-TS (Transport Stream) 레벨에서 좌우 스트림의 다중화를 수행하고, 이와 함께 PCR (Program Clock Reference) 과 PTS (Presentation Time Stamp) 를 변경한다. 다중화된 하나의 스트림은 IP 네트워크를 통해 전송 된다. 수신 측에서는 전송 받은 일련의 스트림에서 다중화 과정에서 변경된 PMT 에 표시된 PID 의 정보를 통해 좌우 비디오 패킷을 구분 지어 좌우 비디오 스트림으로 역다중화 하고 각각 복호화 한다. 최종적으로 사용자는 이 복호화된 좌우 영상의 정보를 3 차원 디스플레이 장치에 재생 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 스테레오 HD 비디오 전송 시스템과 MPEG 시스템에 관해서 설명한다. 3 절에서는 스테레오 HD 비디오 전송을위한 동기화 기법을 제안한다. 4 절에서는 제안한 동기화 기법의 효율성을 검증하기 위한 실험을 소개한다. 마지막으로 5 절에서는 논문의 결론을 맺는다.

2. MPEG-2 시스템과 기존의 스테레오 HD 비디오 전송 시스템

2-1 MPEG-2 시스템

시스템 부호화란 압축된 오디오나 비디오 스트림뿐만 아니라 필요에 따라 사용자 데이터를 다중화하여 전송 또는 저장의 적합하도록 만드는 일련의 과정을 말한다. MPEG-2 시스템은 이러한 시스템 코딩에 필요한 여러 개의 입력 비트 스트림을 일련의 스트림으로 만드는 시스템 인코딩과 일련의 스트림을 원래의 입력된 형태로 풀어내는 시스템 디코딩 과정에 필요한 실행을 규정한다.

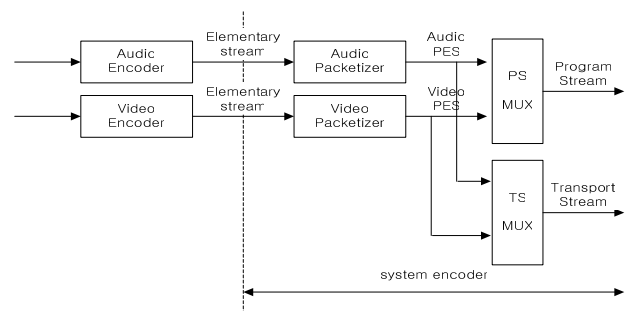


그림 1. 시스템 인코더의 개요.

그림 1 에서처럼 오디오 인코더와 비디오 인코더에서 인코딩된 데이터인 elementary stream 들은 일차적으로 각각의 packetizer 를 통하여 패킷화 된다. 이 과정을 통하여 PES (Packetized Elementary Stream) 패킷이 만들어진다. 각각의 audio PES 와 video PES 는 PS MUX 혹은 TS MUX 단에 입력된다. 이 부분에서 각각 CD-ROM 과 같은 저장 매체에 저장을 위한 PS stream 과 실시간 전송과 방송을 위한 TS stream 을 만들게 된다.

하나의 TS stream 에서 여러 개의 프로그램을 시분할 형태로 전송 할 수도 있고, 하나의 각 프로그램은 복수개의 elementary stream 들을 포함할 수도 있다. 기본적으로 MPEG-2 시스템에서 언급하고 있는 프로그램은 program element 들의 집합이다. program element 는 동일한 시간 기준 값을 가지는 오디오/비디오 데이터의 부호화되고 압축된 형태인 elementary stream 을 의미한다. 이러한 프로그램을 시스템 디코더가 정확하게 디코딩할 수 있

도록 사용자가 정의해주는 프로그램 정보들을 PSI 라고 한다. 그 중 PAT (Program Association Table) 과 PMT (Program Map Table) 은 프로그램을 구성하고 있는 program element 들에 관한 정보들을 포함한다. 즉 어떤 패킷이 어떤 PID 를 갖고 있는가 하는 정보를 보내주는데, PID 는 TS packet header 에 있는 패킷 ID 를 말한다. 이 PID 는 TS packet 의 소속을 나타내주고 있기 때문에 시스템 디코딩 시에 PID 만을 보고 패킷을 구분하는 것이 가능하다.

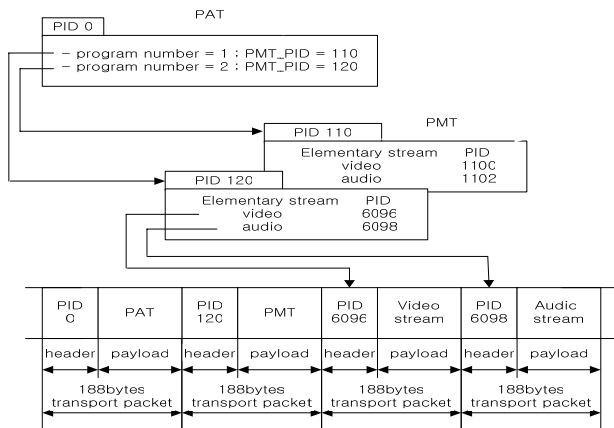


그림 2. PAT 와 PMT 의 관계.

그림 2 에서와 같이 MPEG 에서는 PID 값이 0 인 TS packet 은 PAT 정보를 갖고 있는 것으로 규정한다. PAT 에는 현재 전송되고 있는 TS 스트림이 어떤 프로그램들로 구성되어 있는지를 나타내는 프로그램 번호와 이에 해당하는 PID 를 갖고 있다. 여기서의 PID 는 program map PID 라고 하는데, 한 프로그램에 포함되어 있는 elementary stream 들에 대한 내용 및 PID 를 나타내는 PMT 정보를 가지는 TS packet 에 해당하는 PID 를 의미한다.

하나의 프로그램에 대한 시간 기준 값은 PCR 로써 나타내어 진다. TS packet header 에 포함되어서 전송되어지는 PCR 값은 시간을 system clock frequency 로 샘플링 한 값이다. 이러한 인코더에서 만든 PCR 값을 기준으로 해서 상대적으로 디코더 시간을 맞추는 것이기 때문에 디코더는 인코더에서 쓴 값을 그대로 읽어 이용하며 전송 중 또는 처리과정에서의 지연은 고려하지 않는다. 이와 함께 PES header 에 포함되어 있는 DTS

(Decoding Time Stamp) 는 elementary stream 을 디코딩 하는 시점을, PTS 는 재생하고자 하는 단위의 부호화된 형태인 access unit 이 재생되는 시점을 나타낸다. 이 두 값은 PCR 을 기준으로 표현된 상대적인 시간이다. 따라서 이 값들은 PCR 과 같은 clock frequency 를 갖는다.

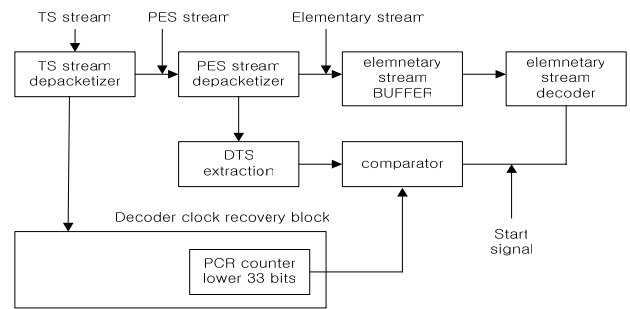
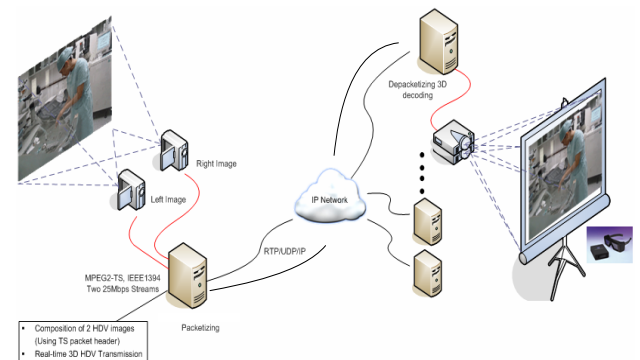


그림 3. DTS, PCR 과 elementary stream decoder.

그림 3 는 DTS 값과 PCR 값을 이용하여 디코더에서 elementary stream 을 디코딩하는 start signal 을 만들어 주는 과정을 보여준다. 이와 같은 과정을 거쳐 디코딩된 elementary stream 은 PTS 값에 해당하는 시점에서 재생된다.

2-2 소프트웨어 기반의 스테레오 비디오 전송 시스템



- SRTP, IETF RFC 3711
- RTP Payload format for MPEG1/MPEG2 Video, IETF RFC 2250
- Consumer Electronic Audio/Video Equipment Digital Interface, IEC 61883

그림 4. 스테레오 HD 전송 시스템.

그림 4 는 2005 년에 원격지의 수술장면을 현실감 있는 스테레오 HD 영상으로 공유하여 선진 기술의 습득 및 공동 협업수술을 위해 제안한 스테레오 HD 비디오 전송 시스템이다. 제안된 소

소프트웨어 기반의 스테레오 HD 비디오 전송 시스템은 두 개의 HD 급 카메라에서 IEEE1394 인터페이스를 통하여 MPEG-2 TS로 인코딩된 비디오 데이터를 받아 온다. 이때 송신측은 좌우의 비디오 스트림을 위하여 두 개의 IEEE1394 포트를 사용한다. 송신측에서는 좌우 비디오 스트림의 획득 후, 각각의 비디오 스트림을 두 개의 전송 경로를 통하여 독립적으로 전송한다. 수신측에서는 전송 받은 두 개의 스트림을 각각 독립적으로 동시에 디코딩하고 렌더링 하여 3D 재생장치에 재생한다. 이러한 스테레오 HD 전송 시스템은 비디오 데이터의 획득과 전송과 디코딩, 렌더링, 재생에 이르기까지 대부분의 주요 과정이 소프트웨어 기반으로 이루어지고, 상용화 되어 있는 HD 급 비디오 카메라들을 사용하기 때문에, 기존의 하드웨어 기반의 고가의 스테레오 HD 시스템보다 훨씬 저비용의 시스템 구축이 가능하고 업그레이드나 멀티뷰와 같은 시스템의 확장에 있어서 훨씬 더 용이한 특징을 가진다 [2]. 하지만 제안된 시스템은 지연과 지터가 존재하는 실제의 네트워크 환경에서 좌우 영상의 동기화를 만족시켜주지 못하였다.

3. 스테레오 비디오 전송 시스템을 위한 좌우 영상간의 동기화 기법

스테레오 비디오 시스템은 양안시차를 이용하기 때문에 실제로 두 눈이 대상을 보는 것처럼 좌우 두 비디오의 영상을 동시에 각각의 눈에 제공해야 하는 특성을 지닌다. 이러한 특성 때문에 두 영상의 동기화는 스테레오 비디오 시스템에 있어서 중요한 요소이다. 만약 정확하게 동기화 되지 않은 좌우 영상으로 스테레오 HD 비디오를 생성하는 경우 제대로 된 3 차원의 입체감을 느낄 수 없게 될 뿐만 아니라, 눈에 심한 피로감을 주게 되고, 결과적으로 스테레오 HD 비디오 시스템을 통해 몰입감과 현실감을 제공하려는 궁극적인 목적을 이행하지 못하게 된다. 따라서 실시간으로 획득 되어지는 비디오 영상을 이용한 스테레오 시스템에서 동기화를 이루기 위하여 크게 비디오 데이터의 획득시에, 그리고 이 획득된 비디오 데이

터의 전송시, 그리고 전송된 비디오 데이터의 재생시의 동기화가 이루어져야 한다.

3-1 비디오 획득시의 동기화

비디오 데이터를 IEEE1394 인터페이스 카드를 통하여 카메라로부터 획득할 시 동기화된 좌우 영상의 데이터를 얻기 위하여 본 시스템에서는 특별히 제작된 마운트 위에 설치된 두 대의 상용 HD 급 카메라에서 생성되는 좌우 스트림을 각각 IEEE1394 Interface 를 통해 서버에 보낼 때, LANC Shepherd 를 사용하여 두 카메라의 electronic command cycle 를 동기화 한다. 즉 두 대의 카메라에 ‘on’ 명령을 같은 순간에 주어서 카메라의 동작을 매우 근접하게 동기화된 상태에서 이루어지게 하는 것이다 [5]. 이와 함께 카메라로부터 동시에 좌우의 영상을 받아오기 위하여 channel 63 과 channel 62 를 동시에 사용하는데, 한번에 각각의 채널에서 읽어 들이는 비디오 데이터의 양을 동일하게 유지 하는 것이다 [9]. 위에서 언급한 것과 같이 시스템에 사용되는 HD 급 상용 카메라는 MPEG2 에 의해 인코딩되고 MPEG system 의 선택스에 따라 인코딩된 MPEG-2 TS 의 형태로 비디오 데이터를 제공 한다. 따라서 각각의 채널에서 읽어 들인 TS packet 들은 순차 적으로 하나 하나씩 번갈아 가며 입력 버퍼에 쌓이게 된다.

이런 두 가지의 방법을 기반으로 카메라의 electronic command cycle 를 일치시킴으로써 카메라에서 데이터가 출력되는 시점을 최대한으로 일치시키고, 이러한 일치되어 출력되는 데이터를 서버측에서도 두 개의 채널을 통하여 동시에 읽어 들여 카메라로부터 영상을 획득 시의 동기화를 만족시키게 된다.

3-2 네트워크 전송과 재생시의 동기화

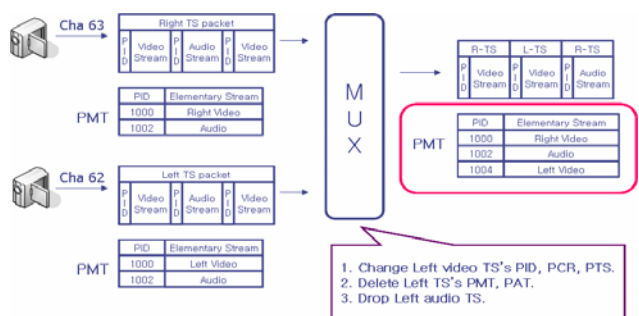


그림 5. 송신측 TS 레벨 동기화 다중화 기법.

비디오 획득 시 동기화 하여 획득된 좌우 영상의 네트워크 전송과 수신된 영상의 디스플레이 시의 동기화를 얻기 위해 그림 5 과 같이 MPEG2-TS (Transport Stream) 레벨에서 좌우 스트림의 다중화를 수행하고, 이와 함께 PCR (Program Clock Reference) 과 PTS (Presentation Time Stamp) 를 변경한다. 즉 좌 스트림의 비디오 PID (Program ID) 를 변경하고 오디오 패킷을 제거하고, 상관되는 좌우 TS 패킷의 PCR 값과 PTS 값을 일치 시킨다. 우 스트림의 PAT (Program Association Table) 를 사용하여 우 스트림의 PMT (Program Map Table) 를 찾은 후에 이 PMT 에 좌 비디오 PID 를 추가하여 두 개의 스트림을 완전한 하나의 스트림으로 변경한다. 이렇게 다중화된 하나의 스트림은 IP 네트워크를 통해 전송 된다.

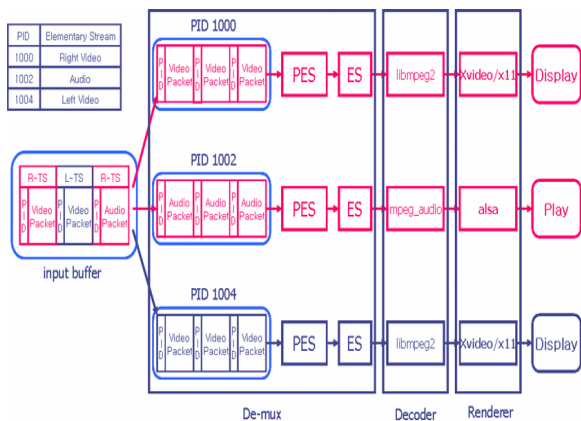


그림 6. 수신측 TS 레벨 동기화 역다중화 기법.

수신 측에서는 그림 6 과 같이 전송 받은 일련의 스트림에서 PMT 에 표시된 PID 의 정보를 통해 좌우 비디오 패킷을 구분 지어 좌우 비디오 스트림으로 역다중화 하고 각각 복호화 한다. 최종적으로 사용자는 이 복호화된 좌우 영상의 정보를 PCR 값과 PTS 값을 이용하여 동기화 시켜 3 차원 디스플레이 장치에 디스플레이 하고, 결과적으로 동기화 된 좌우 영상을 통하여 몰입감과 현실감을 가지는 스테레오 HD 비디오를 실시간으로 감상할 수 있다.

4. 구현 및 성능 평가

본 논문에서 구현된 스테레오 HD 비디오 전송 시스템은 고성능 PC, IEEE1394 인터페이스, 상용 HD 급 카메라와 3 차원 재생 장치 등을 이용하여 구현되었다. PC 는 Dell Workstation 530MP(dual Xeon1.7Ghz,1Gmemory,gigabit network card)가 사용되었으며, 두 대의 SONY HVR-Z1 카메라가 사용되었다. 또 두 대의 카메라를 위한 3D dual mount 와 카메라로부터 바로 입력을 받아 들이기 위한 IEEE1394 인터페이스가 사용되었다.

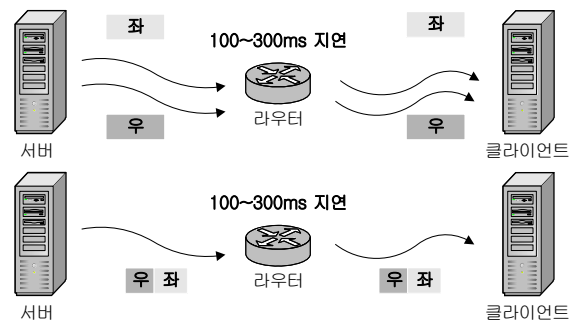


그림 7. 스테레오 HD 비디오 전송을 위한 테스트베드.

제안된 동기화 기법의 효율성을 검증하기 위하여 그림 7 과 같은 테스트베드를 구축하였다. 전송시에 발생 할 수 있는 지연과 지터를 에뮬레이션하기 위하여 PC 라우터를 사용하여 각각 100ms 에서 300ms 의 지연을 주었다.

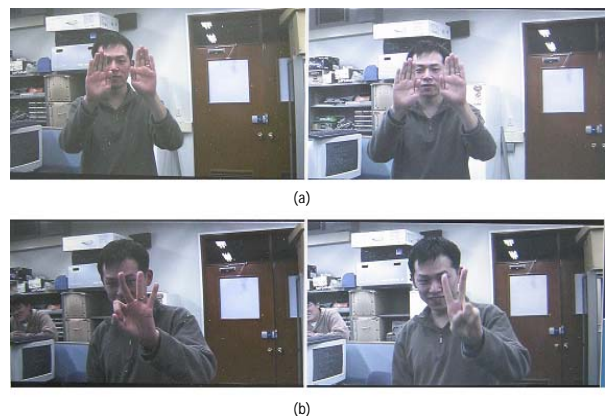


그림 8. 실험 결과: (a) 제안한 동기화 기법 그리고 (b) 기존 전송 방법.

그림 8 은 제안된 동기화 기법과 기존 전송방법간의 좌우 영상의 동기화 차이를 보여준다. 제안한 동기화 기법을 사용한 경우는 그림 8(a)와 같이 지연과 지터가 있을 경우에 두 화면이 전체적으로 늦어지기는 했지만 두 화면 사이의 동기화는 유지됨을 보였다. 이에 반해서 두 개의 독립적인 스트림을 이용하는 기존의 시스템의 경우에는 그림 8(b)와 같이 두 화면에서 움직임이 있는 경우 움직임이 어느 정도의 시간적 차이를 두고 나타나는 결과를 보여 주었다.

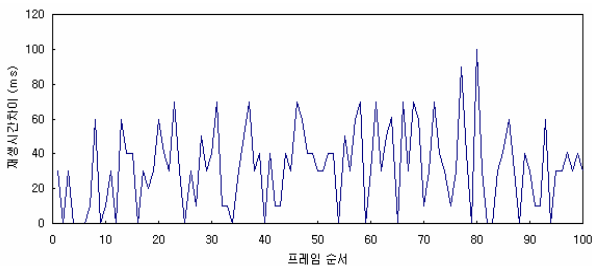


그림 9. 좌우 영상간의 재생 시간 차이.

그림 9 는 동기화 기법이 적용된 스테레오 HD 비디오 전송 시스템의 좌우 영상간의 재생시간 차이를 보여 준다. 좌우 영상간의 재생시간 최대 차이는 약 100ms 이고, 평균 40ms 의 차이를 확인할 수 있다. 이런 정도의 두 영상간의 차이는 육안으로는 확인하기 힘들었으나 눈에 피로를 주지 않고 좀더 현실감있는 스테레오 영상을 제공하기 위해서는 더욱 엄밀한 동기화가 필요하다.

5. 결론 및 추후 과제

본 논문은 소프트웨어 기반의 스테레오 HD 비디오 전송 시스템에서 더 나은 입체감과 몰입감, 현실감을 제공하기 위한 좌우 영상의 동기화 기법을 제안하였다. 제안된 동기화 기법은 좌우 카메라로부터 영상의 획득 시, 획득된 영상의 네트워크 전송 시, 또 수신된 영상의 재생 시 좌우 영상의 동기화한다. 결과적으로 동기화 된 좌우 영상을 통하여 몰입감과 현실감을 가지는 스테레오 HD 비디오를 실시간으로 감상할 수 있었다. 제안된 동기화 기법은 추후 다시점 스테레오 HD 전송 시스템 개발에 적용될 수 있다. 그리고 문제점으로 지적된 좌우 영상간의 40ms 정도의 차이를 줄이는 노력이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행하였다. (IITA-2005-(C1090-0502-0022)).

참고문헌

- [1] L. Meesters, W. IJsselsteijn, and P. Seuntjens, "Survey of perceptual quality issues in three-dimensional television systems," in Proc. of SPIE on Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems X, Vol. 5006, 2003.
- [2] K. Lee and J. Kim, "Software-based Realization of Secure Stereoscopic HD Video Delivery over IP Networks" in Proc. of SPIE on Three Dimensional TV, Video, and Display, Vol. 6016, 2005.
- [3] N. Hur, C. Ahn, and C. Ahn, "Experimental Service of 3DTV Broadcasting Relay in Korea," in Proc. of the SPIE on Three Dimensional TV, Video, and Display II, vol. 4864, 2002.
- [4] D. L. Mills, "Network time protocol (version 3) specification, implementation and analysis", RFC1305, 1992.
- [5] Berezin Stereo Photography Products, "LANC Shepherd," <http://www.berezin.com/3d/Lanc>.
- [6] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederik and V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," IETF RFC 1889, January 1996.
- [7] H. Schulzrinne, "RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control," IETF RFC 1890, January 1996.
- [8] NTT Innovation Lab, "Uncompressed HDTV transmission System over Internet," <http://www.ntt.co.jp/news/news01e/0110/011026.htm> l.
- [9] M. Liska, "Design and Implementation of Capturing, Transmission, and Display of stereoscopic Video in DV Format," The Faculty of Informatics, Masaryk University, 2004.