

특집논문 (Special Paper)

방송공학회논문지 제17권 제4호, 2012년 7월 (JBE Vol. 17, No. 4, July 2012)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2012.17.4.596>

이종망을 통한 3D 모바일 방송에서의 스테레오스코픽 비디오 전송을 위한 동기화 방법

권기덕^{a)}, 유영환^{a)‡}, 정현준^{a)}, 이광순^{b)}, 정원식^{b)}, 허남호^{b)}

Synchronization Method of Stereoscopic Video in 3D Mobile Broadcasting through Heterogeneous Network

Kideok Kwon ^{a)}, Younghwan Yoo^{a)‡}, Hyeonjun Jeong^{a)}, Gwangsoon Lee^{b)}, Won-Sik Cheong^{b)}, and Namho Hur^{b)}

요약

본 논문은 모바일 방송망에서 고품질의 3D 방송 서비스를 제공하는 방법을 제안한다. 제안방법에서는 제한된 방송망의 대역폭을 극복하는 방법으로 오디오와 비디오를 방송망과 이동통신망으로 구성된 이종망을 통해 전달한다. 특히 서로 다른 망을 통해 각각 전송되는 스테레오스코픽 좌/우 영상을 동기화하는 방법을 제안한다. 본 논문에서의 동기화 방법은 RTP(Real Time Protocol)의 초기 타임스탬프(Timestamp)로부터의 오프셋을 이용하여 영상의 프레임(Frame) 순서를 구별하고 동일한 시점에 재생되어야 하는 좌/우 영상의 쌍을 찾는다. 마지막으로 3D 방송 서비스를 구별하고 타임스탬프를 얻기 위한 시그널링(Signaling)방법을 제시한다.

Abstract

This paper proposes a method to provide the high quality 3D broadcasting service in a mobile broadcasting system. In this method, audio and video data are delivered through a heterogeneous network, consisting of a mobile network as well as a broadcasting network, due to the limited bandwidth of the broadcasting system. However, it is more difficult to synchronize the left and right video frames of a 3D stereoscopic service, which come through different types of networks. The proposed method suggests the use of the offset from the initial timestamp of RTP (Real Time Protocol) to determine the order of frames and to find the pair of a left and a right frame that must be played at the same time. Additionally, a new signaling method is introduced for a mobile device to request a 3D service and to get the initial RTP timestamp.

Keyword : 3D Video Synchronization, Mobile Broadcast, RTP, OMA-BCAST

a) 부산대학교 컴퓨터공학 (Dept. of Computer Engineering, Pusan National University)

b) 한국전자통신연구원 방송시스템연구부 (Broadcasting Systems Research Department, ETRI)

‡ 교신저자 : 유영환 (Younghwan Yoo)

E-mail: merlin00@pusan.ac.kr

Tel: +82-51-510-3633, Fax: +82-51-510-3633

※ 본 연구는 방송통신위원회 및 한국방송통신전파진흥원의 산업기술원천개발사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다 [10-912-02- 001, 지상파 양안식 3DTV 방송시스템 기술개발 및 표준화]

· 접수일(2012년5월17일), 수정일(1차2012년7월13일, 2차:7월23일), 게재확정일(2012년7월23일)

I. 서론

최근 3D 콘텐츠에 대한 대중들의 관심이 급격히 증가함에 따라 가정에서 TV를 통해 재생할 수 있는 3D방송 서비스에 대한 요구가 증대되고 있다. 또한 모바일 기기의 발전으로 인해 사용자들은 가정의 TV 뿐만 아니라 모바일 기기에서도 3D 서비스를 제공받기를 원한다. 현재의 모바일 단말기 기술은 기존의 안경식이 아닌 무안경식으로 3D를 제공할 수 있을 정도로 발전하였다. 이와 같이 사용자가 쉽게 접할 수 있는 주변기기들의 기술이 발전하고 있는 추세이며 이와 더불어 3D 콘텐츠 또한 모바일 방송, 이동통신망 등 다양한 경로를 통해 공급되어야 할 것이다. 3D 영상을 제공받는 가장 보편적인 방법은 인터넷을 통해 영상파일을 다운로드 받는 것이다. 이 방법은 3D 재생에 필요한 모든 영상 데이터를 포함하고 있기 때문에 대역폭에 의한 다운로드 시간만 고려된다면 고화질 3D 콘텐츠의 제공이 가능하다. 즉 전송속도가 늦을지라도 다운로드 시간을 많이 소요하면 고화질의 3D영상을 시청할 수 있다. 그러나 실시간 영상 전송을 요구하는 방송망을 통해 3D 영상 콘텐츠를 공급하는 경우에 화질은 대역폭에 큰 영향을 받는다. 특히 모바일 방송망을 통하여 실시간 3D영상 콘텐츠를 전송할 때 가장 큰 제약 사항은 한정된 대역폭이다. 현재 할당된 대역폭은 모바일 단말에 2D 방송 서비스를 제공하기에 적합한 전송속도이며, 고화질의 3D 영상을 제공하기에는 부족하다. 즉 기존에 제공되고 있는 방송 서비스에 영향을 주지 않고 추가적으로 고화질의 스테레오스코픽 영상 구성을 위한 부가영상을 전송하려면 한정된 방송 대역폭을 고려해야만 한다.

본 논문은 대역폭 문제를 극복하기 위한 방법으로 방송망과 통신망을 함께 사용하는 이종망에서 스테레오스코픽 영상을 전송하는 방법을 제안한다. 이종망을 이용함으로써 방송망의 제한된 대역폭 문제를 완화할 수 있다. 그러나 이종망의 사용은 방송망만을 사용하는 경우와는 달리 패킷손실, 패킷오류, 패킷전송 지연과 영상동기화 문제를 야기시킨다. 이는 통신망이 대부분 IP(Internet Protocol)를 사용하기 때문이다. 대표적 것으로 가정에 보급되는 유무선 인터넷망과 이동통신망을 들 수 있는데 이들은 패킷전송의 신

뢰성이 방송망에 비해 떨어진다.

본 논문에서는 이러한 문제들 중에서 동기화 문제를 해결하고자 한다. 서로 다른 망을 사용하여 영상을 전송하는 경우에는 동기화 문제가 특히 중요하다. 스테레오스코픽 영상을 예로 들면, 좌/우 영상이 서로 다른 채널, 즉 좌영상은 모바일 방송망으로, 우영상은 이동통신망으로 전송될 수 있다. 이러한 방식의 전송은 영상의 프레임 순서가 뒤바뀌어 도착할 수도 있고, 동일시점에 재생되어야 하는 좌/우 프레임 쌍을 찾기도 어렵다. 만약 좌/우 영상의 재생시간이 맞지 않는다면, 시청자는 3D영상을 제대로 시청할 수 없을 것이다. 본 논문에서는 이 문제를 해결하고자 좌/우 영상의 동기화 방법을 제시한다. 또한 영상의 동기가 맞지 않는 환경을 임의로 구성하여 제안한 방법을 사용해 두 영상의 동기화가 가능한지를 실험하였다.

제안 방법을 설명하기 전에 먼저 모바일 방송, 이동통신망 그리고 3D영상에 관련된 연구를 2장에서 알아보고 본 실험에서 가정된 3D 영상 서비스 환경에 대하여 설명한다. 3장은 실시간 3D 서비스를 위한 동기화 방법을 제시하고 4장은 동기화를 위한 시그널링 방법을 제안한다. 5장에서는 서로 다른 서버를 이용하여 동기가 맞지 않는 환경을 구성하고 실험결과에 대해 설명한다. 마지막으로 6장은 결론을 맺고 향후 과제에 대하여 논의한다.

II. 관련 연구

미국식 디지털방송 규격인 ATSC(Advanced Television System Committee)에서는 [그림 1]과 같이 ATSC-M/H (Mobile/ Handheld) 규격을 추가하여 단일 주파수로 고화질 DTV 방송과 더불어 모바일 방송의 제공을 가능케 하고 있다. 인코딩된 미디어의 다중화를 위해 MPEG-2 시스템을 사용했던 기존의 ATSC와 달리 ATSC-M/H에서는 IP 프로토콜을 이용하여 인코딩된 미디어를 패킷화하고 다중화한다. 따라서 IP를 사용하는 다양한 네트워크와도 호환이 가능하여 방송망뿐만 아니라 인터넷에서도 IP의 하위 계층에 상관없이 연동된 서비스를 제공할 수 있다는 이점이 있다. 이를 위해 ATSC-M/H는 서비스 계층의 제어를 위해

OMA-BCAST (Open Mobile Alliance Broadcast)^[5]의 구조를 일부 수용하고 있다.

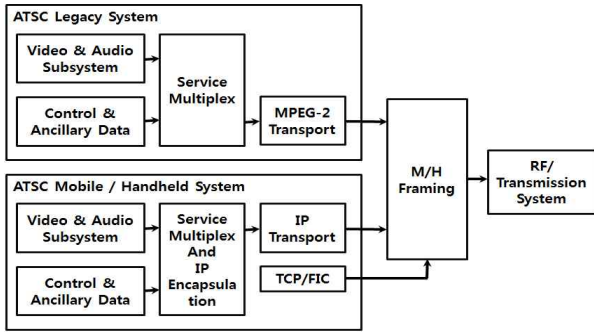


그림 1. ATSC-M/H 방송 시스템^{[3][4]}
 Fig. 1. ATSC-M/H Broadcasting System^{[3][4]}

ATSC M/H는 음성과 영상전송을 위해 RTP (Real Time Protocol)를, 추가 제어 메시지를 위해 RTCP(Real Time Control Protocol)를 채택했다. RTP는 음성과 영상의 샘플링 시점을 나타내는 타임스탬프를 가지며 이 타임스탬프의 초기값은 0이던 랜덤값으로 생성된다. 타임스탬프의 증가는 음성 또는 영상의 샘플링 주파수에 따라 다르다. 여기서 미디어 간의 동기화는 일반적인 영상통신시스템에서와 같이 RTP/RTCP 패킷 내의 RTP 타임스탬프와 NTP (Network Time Protocol) 시간을 이용함으로써 이루어진다. 따라서 좌우 영상의 동기화도 동일한 방법으로 해

결 할 수 있다. 하지만 기존의 시스템에서는 [그림 2]와 같이 음성과 영상을 동일한 NTP시간을 가지고 인코딩 한다. 이 경우 음성과 영상이 서로 다른 초기타임스탬프를 가지더라도 NTP시간과 타임스탬프의 차이를 RTCP를 이용하여 전송함으로써 영상과 음성이 동일한 시간에 재생되어야 하는 것을 알 수 있다. 반면 ATSC-M/H 방송망과 이동통신망으로 구성된 3D영상 서비스는 하나의 시스템 또는 서로 다른 시스템을 통해 좌우 영상을 인코딩한다. 그러므로 시스템마다 다른 타임도메인(Time domain)을 사용하여 좌우 영상을 인코딩할 수도 있다. 또한 NTP와 같이 동일한 타임도메인을 사용한다고 하더라도 네트워크의 지터(Jitter)로 인해 NTP 시간의 오차가 발생한다. 따라서 다른 시스템에서의 좌우영상의 동기화를 위해서는 타임스탬프외에 추가적인 정보를 필요로 한다. [그림 3]은 서로 다른 시스템에서 영상을 인코딩을 했을 경우 발생하는 문제를 간단히 도식화한 것이다. 시스템이 다르기 때문에 영상의 샘플링, 인코딩 또는 RTP패킷이 만들어지는 시간이 달라진다. NTP시간을 이용하여 만들어진 영상을 맵핑시키면, [그림 3]에서 보는 것과 같이 NTP시간에서 두 영상이 동일한 영상일지라도 서로 다른 시간에 샘플링, 인코딩이 이루어지는 것을 확인할 수 있다. 따라서 서로 다른 시스템에서 생성되는 영상을 동기화하기 위한 방법으로 기존의 타임스탬프 방법으로는 부족함을 알 수 있다. 또한 방송망은 단방향 푸쉬(push) 서비스이므로 시청자가 RTCP를 사용하여 Receive

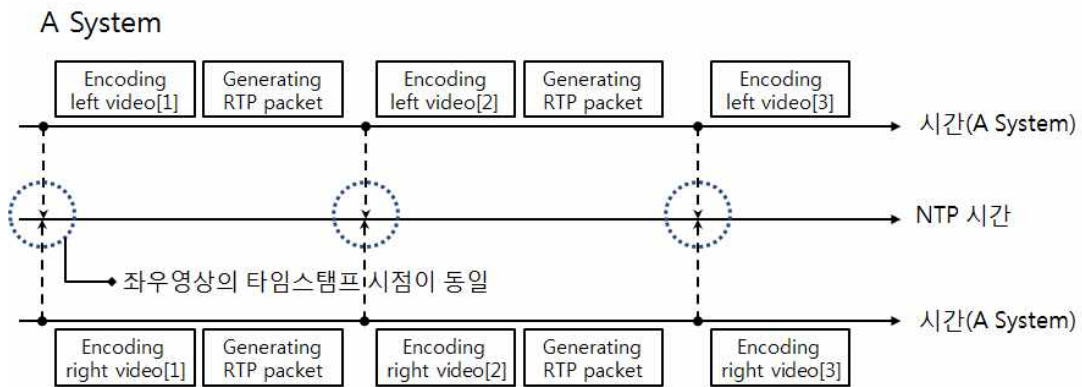


그림 2. 단일 시스템에서의 동기화
 Fig. 2. Synchronization in a single system

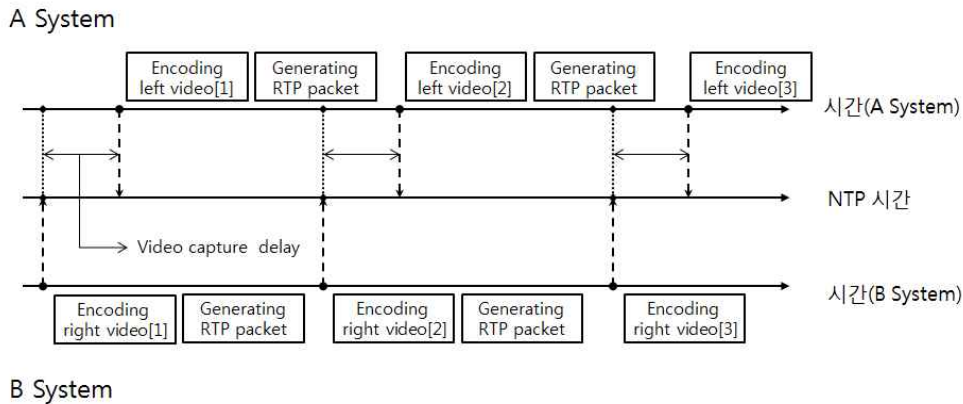


그림 3. 좌,우 영상이 서로 다른 시스템에서 인코딩될 때의 동기화 문제

Fig. 3. Synchronization problem when left and right video are encoded at each other system

Report를 방송망시스템에 전송할 수 없다는 문제가 있다.

III. 제안방법

[그림 4]는 방송망시스템, 이동통신망 시스템 그리고 단말기의 좌,우 영상 동기화를 위한 전체시스템을 보인다. 먼저 방송시스템은 영상을 송출하기 위해서 현재 방영중인 영상이 3D영상인지 아니면 2D영상인지를 단말기에서 식별할 수 있는 시그널링 정보를 생성한다. 그리고 좌영상을

인코딩하여 생성할 때, 좌영상의 초기 타임스탬프(Time-amp)를 이동통신망 시스템에게 전달한다. 이동통신망 시스템에서는 방송시스템과 동일한 방법으로 우영상을 인코딩한 후 초기 타임스탬프를 생성한 후에 방송시스템에서 받은 타임스탬프와 함께 보관해 둔다. 이 타임스탬프 정보를 3D영상 시청을 위해 세션 연결을 시도하는 단말기에게 전송함으로써 동기화를 맞출 수 있다.

단말기는 방송망의 시그널링(Signaling) 정보를 확인하여 3D 서비스가 제공되는 경우라면 사용자에게 시청을 원하는지 확인 후 이동통신망 시스템에게 우영상을 요청하는

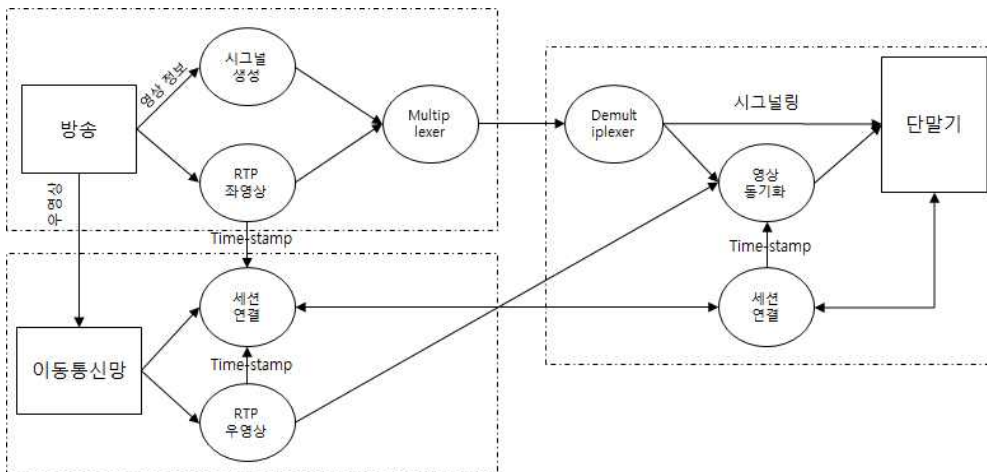


그림 4. 전체 시스템

Fig. 4. Overall system

시그널을 보내고 세션을 연결한다. 이때 이동통신망 시스템은 단말기에 좌영상과 우영상의 시작 타임스탬프를 보낸다. 단말기는 이후에 전송받는 좌/우영상을 동기화하고 3D 영상을 재생한다.

제안방법을 설명하기에 앞서 이종망 시스템 환경과 기존 방송망 시스템에서 발생 할 수 있는 문제점들에 대해서 알아본다. 이종망 시스템 환경에서는 3D 영상을 방송망뿐만 아니라 이동통신망을 통하여 제공할 수 있다. 모든 단말기는 기본 2D영상인 좌영상을 방송망을 통해 수신하여 재생하고, 시청자가 3D 영상재생을 원할 때만 이동통신망을 통해 우영상을 제공받는다. 한편, 현재 방송시스템은 방송중인 영상의 타임스탬프가 갑자기 리셋되는 타임스탬프 불연속 문제가 가끔 발생한다.

제안방법에서는 초기 RTP 타임스탬프를 랜덤하게 설정하고 프레임이 생성되는 시점에 증가된 타임스탬프의 값을 업데이트한다고 가정하였다. 또한 일반 AV 인코더들은 인코딩과정에서 입력신호의 불안정, 비트율 조정 등을 위해 프레임 스킵(frame skip) 혹은 복사가 일어날 수가 있다. 하지만, 방송용 인코더들은 서로 독립적으로 설치되어있다 하더라도 입력되는 신호(HD-SDI)는 GPS를 통해 록킹되므로 카메라로부터 인코더까지의 입력신호는 안정화되어 있다. 또한 시스템타임의 안정성을 고려하여 인코더의 스킵(skip) 및 복사는 거의 일어나지 않도록 비트율이 최적화되어 제어가 이루어진다. 따라서 본 논문은 인코더에서의 프레임 스킵 및 복사는 없는 것으로 가정하였다. 그리고 제안 방법은 글로벌 시간을 이용하지 않고 각 시스템의 영상상

영시간을 기준으로 두 영상의 프레임 순서를 찾아내고 동기를 맞춘다. [그림 5]에서 RTP의 초기 타임스탬프를 RI, 각 영상 프레임이 샘플링되는 주기를 TS로 표시하였고 각각의 RTP Payload는 TS 주기에 재생될 NALU(Network Abstract Layer Unit)를 포함한다. [그림 5]에서 보이는 바와 같이 영상의 시작시점을 기준으로 TS 만큼 타임스탬프를 증가시키면 초기영상의 시작점만으로 단말기가 전송 받은 영상이 몇 번째 영상인가를 쉽게 구분할 수 있다. 그러나 영상을 샘플링하는 TS의 간격은 각 시스템의 클럭지터(Clock Jitter)로 인해 미세한 차이가 발생한다. 제안방법에서는 샘플간격의 1/2 크기의 범위 내의 허용오차를 두고 TS 정수배에 가장 가까운 타임스탬프 값으로 대처한다. 만약 기존 방송망 시스템에서 타임스탬프 불연속 문제가 발생하지 않는다면, TS를 이용하여 좌/우 영상의 각각의 시작시점으로부터 동일한 순서에 있는 두 영상을 디코딩함으로써 좌/우 영상을 동기화할 수 있다. 하지만 실제 방송망에서는 타임스탬프 불연속 현상이 발생할 수 있으므로 다음과 같은 방법을 추가하였다.

우선 이동통신망 서버가 타임스탬프를 보정하기에 앞서 현재 방송망시스템에서 클럭 지터 또는 타임스탬프 불연속 문제의 발생 여부를 탐지해야 한다. 클럭 지터 또는 타임스탬프 불연속은 이전 주기의 타임스탬프와 현재 주기의 타임스탬프의 차이가 한 주기보다 크거나 작을 경우 발생한다. 따라서 이 경우에 보정을 실행하는 조건은 식(1)과 같다. 여기서 N^F 는 한 주기당 프레임 수이고 T_i^F 는 현재 주기의 타임스탬프를 나타낸다. 마지막으로 T_{i-1}^F 는 $i-1$ 번째

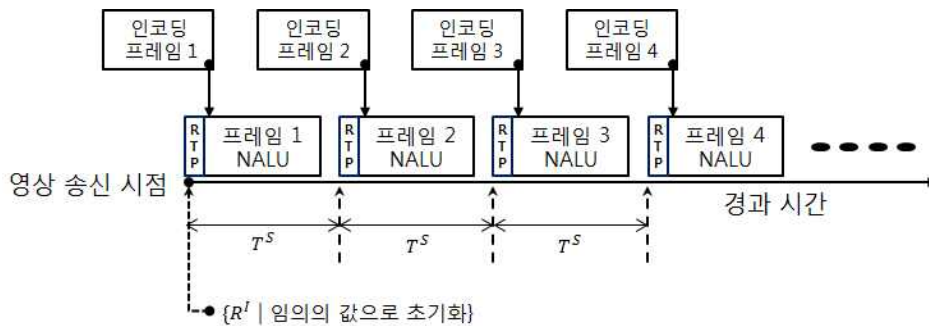


그림 5. 동기화를 위한 타임스탬프 이용 방법
 Fig. 5. Timestamp usage for synchronization

주기의 타임스탬프를 의미한다.

$$\text{if } \begin{cases} i < 1 & T_i^F = T_0^F \\ i \geq 1 & T_{i-1}^F - T_i^F \neq T^S \times N^F \end{cases} \quad (1)$$

식(1)를 이용하여 타임스탬프 문제를 인식하고 주기적으로 초기 타임스탬프를 현재의 타임스탬프와 프레임 순서번호 및 TS를 이용하여 보정한다[식(2)]. T^I 는 보정된 초기 타임스탬프이며 T_i^F 는 i 번째 주기의 첫 번째 프레임의 타임스탬프 값을 나타낸다. 만약 30프레임을 한 주기로 한다면 N^F 는 30이 된다[그림 6]. 즉 30프레임마다 타임스탬프를 보정하고 보정된 초기 타임스탬프를 단말기로 전송한다. 이러한 주기적인 초기 타임스탬프 보정을 이용하면 타임스탬프 불연속 문제를 해결할 수 있다. 그러나 방송망은 영상을 계속해서 송신하기 때문에 식 (2)에서의 i 값이 무한정 증가할 수 있다. 따라서 드라마, 광고, 뉴스와 같은 한 프로그램이 끝나게 되면 i 값은 다시 초기화한다.

$$T^I = T_i^F - i \times (T^S \times N^F) \quad (2)$$

또한 이동통신망 서버는 RTCP를 사용하여 계산된 초기 타임스탬프 T^I 를 사용자 단말기로 전송한다. 사용자 단말기는 전송 받은 T^I 값을 현재 자신이 재생중인 영상의 초기 타임스탬프 값으로 수정하고 식(3)을 통해 영상의 프레임 순서를 찾는다. 식(3)에서의 N^F 는 계산된 프레임의 순서이

며 T^C 는 현재 재생할 프레임의 타임스탬프 값을 나타낸다. 식(3)을 통해 계산된 프레임의 순서를 이용하여 좌/우 영상을 동기화한다.

$$N^F = (T^C - T^I) / T^S \quad (3)$$

제안한 방법은 초기 타임스탬프를 이용하여 좌/우 영상을 동기화하기 때문에 시청자가 방송 중간에 접속하여 초기값을 알 수 없는 경우가 발생한다. 이 문제를 해결하는 방법으로 방송망이 주기적으로 채널 정보를 보낼 때 동기화 정보를 실어 보내는 방법이 있다. 하지만 이 방법은 방송망 대역폭의 낭비를 가져온다. 이동통신망이 연동된 이종망을 통해 3D방송을 제공할 경우에는 방송망은 기본적인 2D 영상만을 제공하기 위해 사용하고, 사용자가 3D 서비스를 원할 때 이동통신망으로부터 동기화 정보를 전송 받는 것이 효율적이다.

IV. 시그널링 및 동기화 구조

앞장에서 언급한 바와 같이 방송망과 이동통신망이 연동된 이종망을 통해 사용자가 3D영상을 시청하고자 할 때 이동통신망을 통해 부가영상과 함께 동기화 정보를 받는 것이 효율적이다. 이를 위해 추가적인 시그널링이 필요하다. 이 시그널링은 현재 방송중인 영상이 3D 영상인지 아닌지 구별하는 정보를 담는다. 또한 3D영상을 시청하려는 사

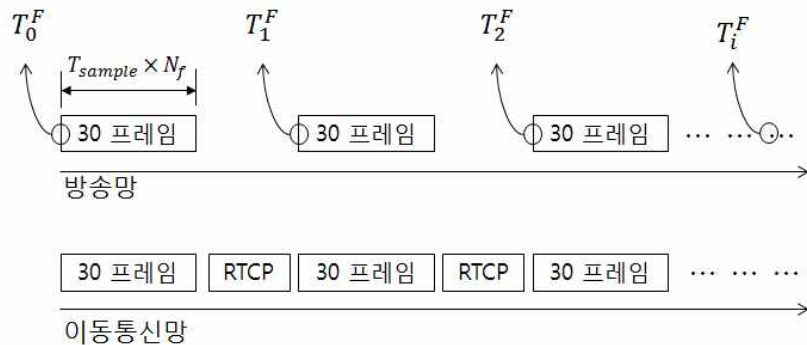


그림 6. 방송망과 이동망이 통해 단말기로 전송되는 RTP 패킷
 Fig. 6. RTP packet sent to terminal devices through broadcasting and mobile network

용자가 이동통신망을 통해 추가정보를 요구할 수 있는 기능을 제공한다.

1. OMA-BCAST를 활용한 3D 영상 시그널링

3D 영상의 시그널링은 OMA-BCAST에서 서비스 가이드(Service Guide)를 위해 마련된 스키마 중 세 가지의 스키마를 이용하여 구현한다. 이들은 콘텐츠 스키마(Content Schema), 서비스 스키마(Service Schema), 액세스 스키마(Access Schema)인데, 그 중 콘텐츠 스키마에는 3D 영상을 구별하는 추가정보를 정의하고 다른 두 스키마에는 3D 영상을 제공하는 방법을 기술한다.

OMA-BCAST의 콘텐츠 스키마는 영상에 대한 전반적인 정보를 가지며 본 논문에서는 이 스키마에 추가적인 항목을 두어 3D 영상의 좌/우를 구별한다. 콘텐츠 스키마의 항목 중 TargetUser serProfile은 서비스 제공자가 임의로 속성 이름(AttributeName)과 속성값(AttributeValue)을 정의할 수 있다. 또한 이 항목을 사용하면 OMA-BCAST 표준 자체를 변경하지 않고 좌/우 영상을 구별할 수 있다. 그러므로 [그림 7]과 같이 속성이름으로 “3D 서비스(3D Service)”, 속성값으로 “오른쪽(Right)”, “왼쪽(Left)”을 정의함으로써 단말기로 전송하는 좌/우 영상을 구별한다.

서비스 스키마에서는 서비스 타입(Service Type)항목을 이용하여 어떤 종류의 서비스를 제공하고 있는지를 알린다.

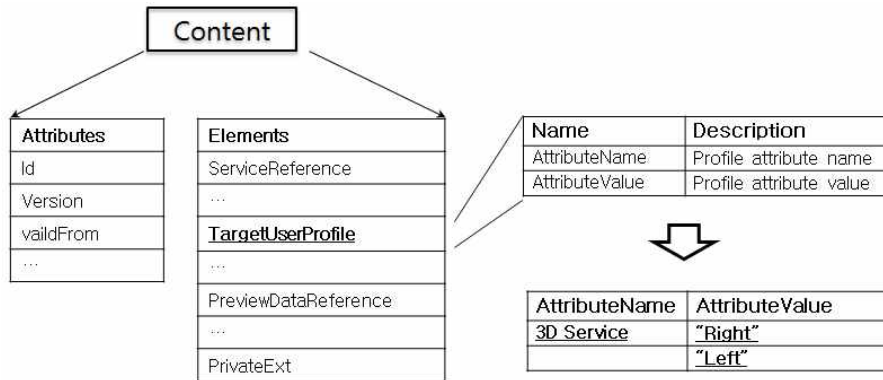


그림 7. 콘텐츠 스키마(Content Schema)의 속성 및 추가된 3D 서비스 항목
 Fig. 7. The attributes and additional fields for 3D in Content Schema

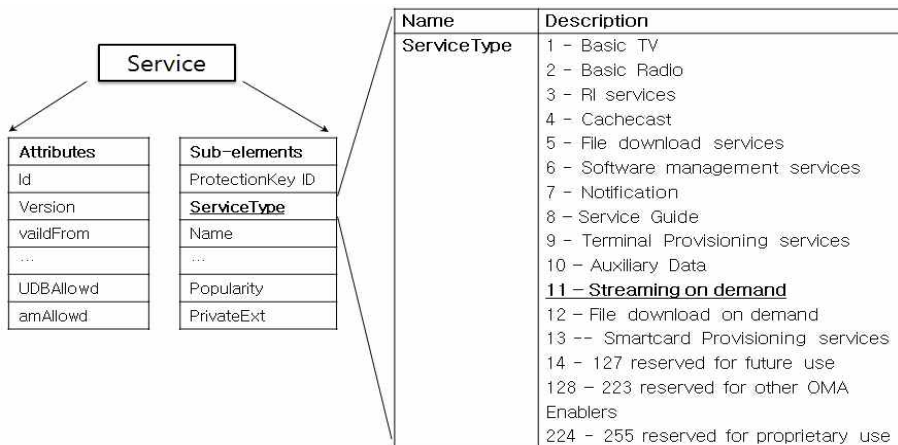


그림 8. 서비스 스키마(Service Schema)와 서비스 타입(ServiceType)
 Fig. 8. Service Schema and Service Type

서비스 타입에 대한 자세한 내용은 [그림 8]에 나열되어 있다. 여러 가지 서비스 타입 중 Streaming on demand(11) 타입은 사용자가 서비스 요구 요청을 함으로써 서비스를 받을 수 있다. 3D의 우영상은 항상 전송하는 것이 아니라 요청이 있을 때 서비스되므로 Streaming on demand 타입을 사용한다.

마지막으로 액세스 스키마 [그림 9]를 사용하여 서비스 접근 형태를 지정한다. 액세스 스키마의 액세스 타입(Access-Type)은 콘텐츠가 제공되는 전송타입을 설정한다. 제안방법

에서는 단말기가 3D 재생이 가능하고 사용자가 3D 영상시청을 원할 때 우영상을 전달한다. 그러므로 액세스 타입은 BroadcastServiceDelivery가 아닌 UnicastServiceDelivery를 사용한다. 이렇게 구성된 스키마는 서로의 참조값을 활용하여 원하는 시그널 정보를 찾을 수 있다.

2. 3D영상을 위한 세션 연결

3D영상 시청을 위한 통신망과의 세션 연결 절차는 [그림

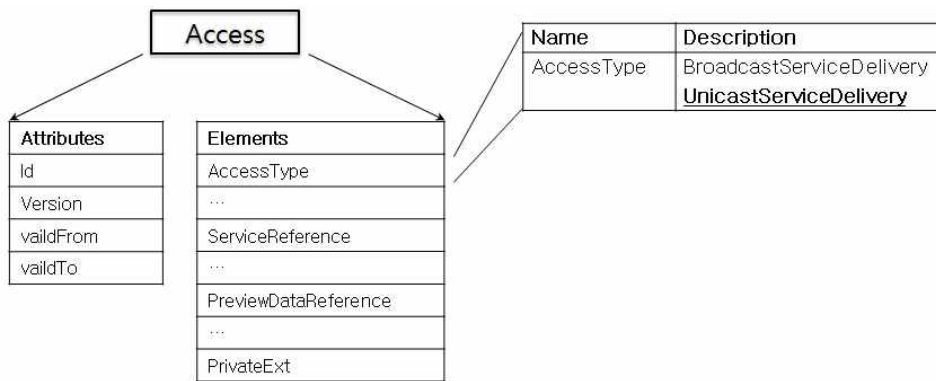


그림 9. 액세스 스키마(Access Schema)와 스케줄 스키마(Schedule Schema)
 Fig. 9. Access Schema and Schedule Schema

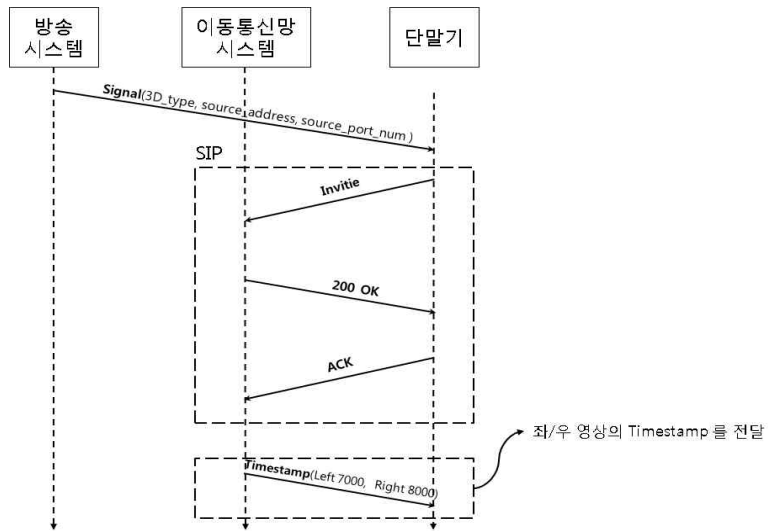


그림 10. SIP를 이용한 세션 연결 절차
 Fig. 10. The procedure with SIP

10]에 나와 있다. 우선 IV.1에서 정의한 시그널을 단말기가 확인한 다음에 3D 영상을 받기 위하여 통신망 시스템에 세션 연결을 요청한다. 이때 사용되는 프로토콜은 SIP (Session Initiation Protocol)이다. 제안방법은 SIP의 다양한 연결 절차 중 가장 단순한 절차를 따른다. 단말기에서 Invite와 함께 SDP(Session Description Protocol)로 작성된 미디어 정보를 보내면 통신망 시스템에서는 Invite를 받고 요청한 미디어 정보를 확인한 후 문제가 없을 경우 그 메시지에 대한 OK 메시지를 보낸다. 이때 Invite에서 요구한 미디어 종류를 지원할 수 없다면 협상을 위한 정보를 보내게 된다. 마지막으로 단말기에서 ACK를 보냄으로써 모든 세션 연결 절차가 종료된다.

동기화 정보를 받기 위해서는 SDP에 기술되는 상세한 내용이 중요하다. SDP는 일반적으로 사용하고자 하는 미

디어 타입 정보를 기술한다[표 1]. 제안방법에서는 우영상에 대한 미디어 타입 정보를 실어 보내는데 좌/우 영상 동기화를 위하여 초기 타임스탬프를 주고 받는 세션에 대한 정보가 추가적으로 필요하다.

V. 실험

제안한 방법의 신뢰성을 검증하기 위해 서버 프로그램과 클라이언트 프로그램을 구별하여 제작하였다. 서버와 클라이언트는 실제 방송망과 이동통신망에 설치하는 것이 가장 좋은 방법이나 이는 많은 자원과 시간을 필요로 하므로 간단한 환경을 구성하여 성능을 검증하였다. 우선 두 대의 컴퓨터에 이동통신망과 방송망시스템을 구현하였으며 각 서

표 1. 좌/우 영상 동기화를 위한 SDP
Table 1. SDP for left/right video synchronization

Invite	200 OK
v=0	v=0
o=User 2890844730 2890844731 IN IP4 user.localhost	o=server 2890844730 2890844731 IN IP4 server.uc.pusan.ac.kr
s=	s=
c=IN IP user.localhost	c=IN IP server.uc.pusan.ac.kr
t=0 0	t=0 0
m=video 9000 RTP/AVP 98	m=video 9000 RTP/AVP 98
a=rtpmap:98 H264/90000	a=rtpmap:98 H264/90000
m=audio 9002 RTP/AVP 120	m=audio 9002 RTP/AVP 120
a=rtpmap:120 init-time-stamp-event/9000	a=rtpmap:120 init-time-stamp-event/9000
a=recvonly	a=sendonly

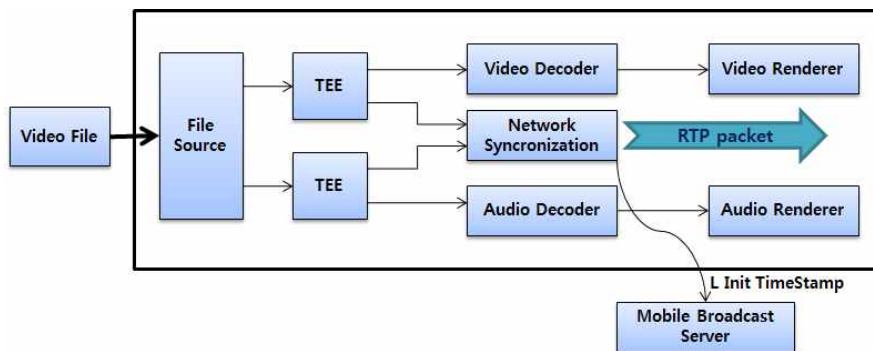


그림 12. 서버프로그램 구조(방송망)
Fig. 12. The structure of a broadcasting server application

버의 영상전송시간을 달리함으로써 동기화 문제를 발생시켰다. 이렇게 서로 다른 시간에 전송된 영상을 사용자 단말기가 동기화하여 재생하게 하였다. 실험에서 사용되는 서버프로그램은 두 가지 버전으로 되어 있다. 하나는 방송망을 가정하여 동작하는 서버프로그램이며 다른 하나는 이동을 가정한 서버프로그램이다. [그림 12]는 방송망 서버프로그램의 전반적인 구조이다. 서버프로그램은 윈도우기반의 미디어 재생기술^[7]을 이용하여 영상이 재생되는 순서로 RTP 패킷을 생성하여 클라이언트로 전송한다. [그림 12]와 같은 구현을 위해 기존의 미디어 재생순서를 변경할 수 있는 TEE 컴포넌트^[7]를 추가하여 영상 데이터를 영상 재생 디코더(Video Decoder)와 네트워크 동기화(Network Synchronization) 부분으로 나누어 데이터를 전달하였다. 영상 재생 디코더는 방송관계자가 방송이 원활히 서비스 되는지 확인하기 위해 사용되는 것으로 영상데이터를 렌더러에 통과시켜 서버 화면에 재생하고 네트워크 동기화 부분은 영상이 재생되는 시간 순서대로 데이터를 RTP로 패킷화(Packetizing)하여 단말기에 전송한다. 이때 만약 처음 재생되는 영상이면 첫 번째 영상의 타임스탬프를 저장한다. [그림 13]은 이동통신망을 가정한 서버프로그램이며 구조는 방송망과 대부분 동일하다. 그러나 이동통신망 서버프로그램은 클라이언트의 요청에 따라 초기 타임스탬프를 전송해야 하므로 이 부분이 추가되어 있다. 최종 실험에 사용된

서버프로그램은 [그림 14]와 같은 UI(User Interface)를 가진다.



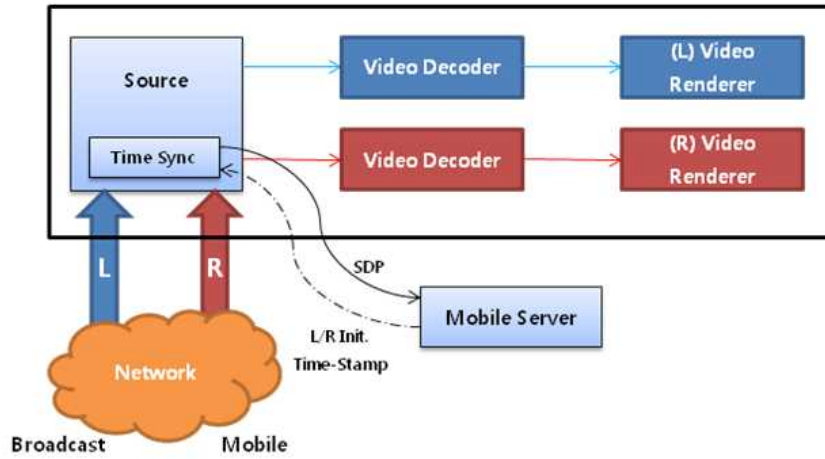


그림 15. 클라이언트 프로그램
 Fig. 15. The structure of client application



그림 16. 클라이언트 프로그램
 Fig. 16. Client application

프를 요청하고 동기화를 한다. 그리고 영상 동기화를 확인하는 방법으로 두 개의 영상 재생화면을 배치하여 동기화를 확인할 수 있게 하였다[그림 16].

본 실험은 석 대의 컴퓨터에 각각 방송망과 이동통신망 서버프로그램 그리고 클라이언트 프로그램을 설치하고 제안방법의 정확성을 검증하였다. 실험영상은 4분 28초와 24분 24초의 길이를 가지는 두 가지 영상물을 사용하였다. 동기화의 정확성을 확인하기 위하여 각 서버가 보낸 영상의 프레임 수와 클라이언트에서 동기화에 성공한 프레임 수를 측정하였다. [그림 17] 왼쪽 그래프는 4분 28초 영상물에

대한 결과이다. 서버는 총 8640 프레임을 전송하였으며 이 중 클라이언트는 8562 프레임에 대해 동기화에 성공하였다. 결과적으로 동기화 성공률은 약 99.0%에 달한다.

오른쪽 그래프는 24분 24초 영상물에 대한 실험결과이다. 서버가 전송한 프레임 수는 35130, 클라이언트에서 동기화에 성공한 프레임 수는 35079로 측정되어 약 99.8%의 성공률을 보였다. 4분 28초 영상물에 비해 24분 24초 영상물의 동기화 성공률이 더 높은 이유는 영상의 길이에 상관없이 동기화를 위해 초기에 버려지는 프레임의 수가 동일하기 때문이다. 즉 두 영상간의 전송지연 시간 차이로 인해

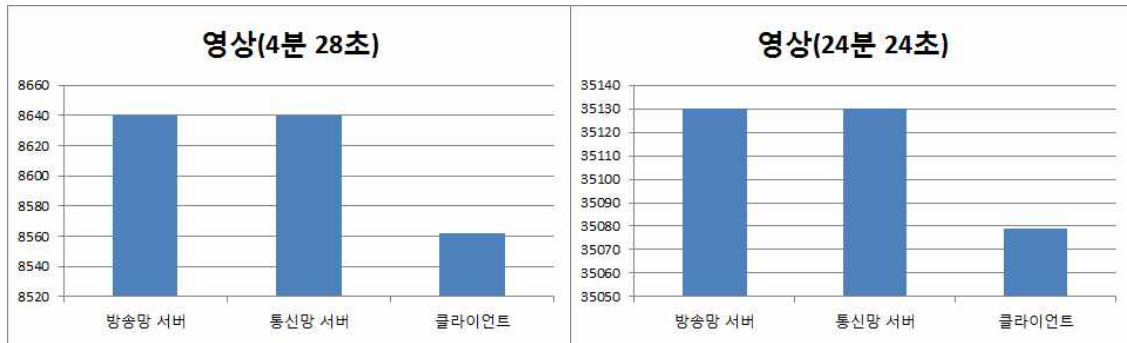


그림 17. 서버에서 전송된 프레임 수와 클라이언트에서 동기화에 성공한 프레임 수
 Fig. 17. The ratio of successfully synchronized frames

좌영상이 우영상보다 일찍 도착하거나 또는 그 반대인 경우가 발생한다. 세션 연결 초기에 상대적으로 빠르게 도착한 영상은 재생시간까지 대기하게 되지만 재생시간보다 늦게 도착한 영상은 버려진다. 이때 버려지는 프레임의 수가 비교적 일정하므로 전체 프레임의 수가 많은 긴 영상일수록 동기화 성공률이 높게 나타나는 것이다.

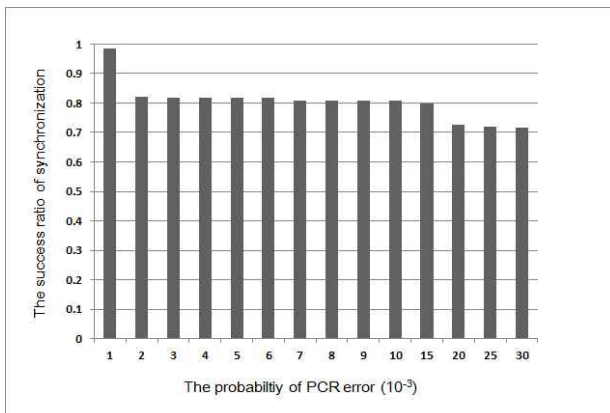


그림 18. 타임스탬프 불연속 발생확률에 따른 프레임 동기화 성공률
 Fig. 18. The success ratio against the timestamp error

확률이 낮은 하지만 실제 방송시스템에서 타임스탬프 불연속 문제는 간혹 발생하기도 한다. 이 문제에 대한 실험을 위해 영상물을 송신하는 동안 적어도 한번 이상 오류가 발생하도록 했으며, 전체 프레임 수를 고려하여 오류 확률을 설정하였다. 보통 한 영상물이 가지는 프레임 수는 수만 또

는 수십만 이상이므로 불연속이 발생할 확률은 매우 작은 값을 갖는 것이 타당하다. 따라서 그림 18의 실험에서 사용한 타임스탬프 오류 확률은 한 영상물을 송신하는 동안 일정 횟수 이상 오류를 발생시킬 수 있고 방송시스템에서 발생하는 낮은 확률의 불연속 문제를 모델링하기에 충분하다.

실험은 총 8640프레임을 가지는 4분28초 영상물을 이용하여 오류 확률을 증가시켜 가며 이에 따른 성공률의 변화를 측정하였다. 타임스탬프 불연속이 가끔 일어나는 경우 (10-3)에는 99% 이상의 성공률을 보였고 높은 오류 확률에서도 70%이상의 동기화 성공률을 보였다. 이 결과는 타임스탬프 불연속 현상이 증가할수록 동기화 시작 시점을 새로이 찾아야 하는 횟수가 증가하여 동기화 이전에 버려지는 프레임 수가 증가하여 전체 성공률이 줄어드는 것으로 분석할 수 있다. 하지만 이것은 타임스탬프 불연속이 어쩔 수 없이 따라오는 손실로, 본 제안방법이 이런 경우에도 70%의 확률로나마 동기화를 성공시킨 것은 의미가 있다고 하겠다. 더구나 실제 타임스탬프 불연속 문제는 실험의 설정치보다도 낮은 확률로 발생한다. 마지막으로 동기화로 인해 발생하는 사용자 대기시간을 알아보기 위해 버려진 프레임 수를 이용하였다. 실제 영상을 시청하기 위한 대기시간은 대량의 프레임이 버려지는 경우이며 패킷 손실로 인한 한, 두 프레임 손실은 큰 영향을 주지 않는다. 또한 네트워크가 혼잡하여 발생하는 지연시간은 동기화로 인한 대기시간으로 볼 수 없다. 그러므로 네트워크 환경에 따른 패킷 전송지연시간을 함께 고려하는 것보다 실제 동기화에

표 2. 타임스탬프 오류가 발생 했을 때 3D 영상을 시청하기 위한 평균 대기시간
 Table 2. The average of waiting time to watch 3D video when timestamp error occurs

타임스탬프 오류 확률	타임스탬프 오류 횟수	버려진 좌 영상(프레임)	좌 영상 평균 대기시간(초)	버려진 우 영상(프레임)	우 영상 평균 대기시간(초)
0.0004	1	26	0.86667	25	0.83333
0.0006	1	14	0.46667	14	0.46667
0.0008	4	66	0.55000	62	0.51667
0.0010	4	53	0.44167	53	0.44167
0.0012	4	154	1.28333	161	1.34167
0.0014	7	276	1.31429	272	1.29524
0.0016	11	212	0.64242	213	0.64545
0.0018	11	271	0.82121	271	0.82121
0.0020	11	288	0.87273	288	0.87273
0.0022	11	212	0.64242	213	0.64545

서 발생하는 지연시간을 측정하는 것이 적합하다. 본 실험에서는 버려진 프레임을 이용하여 평균대기시간을 작성하였다. [표 1]에서 동기화로 인해 버려지는 패킷은 평균적으로 30 프레임 미만인 것을 알 수 있는 데 이것은 제안방법이 30프레임 단위로 보정을 하기 때문이다. 제안방법의 경우 좌, 우 영상의 동기가 맞지 않으며 최대 30 프레임을 버리게 되는 경우가 발생한다. 따라서 제안방법의 동기화 대기시간은 1초 전후로 나타나는 것이 합당하다.

이동통신망 서버가 주기적으로 방송망 서버의 타임스탬프를 모니터링 해야 하는 오버헤드가 있으나, 시청자 수와 한정된 채널수를 고려한다면 3D 영상에 대한 요구가 없을 확률은 매우 낮을 것이다. 마지막으로 본 논문의 실험은 실제 환경이 아닌 임의로 구축된 망에서 수행되었다. 실제 환경에서는 여러 가지 변수가 발생할 수 있다. 실제 방송망 환경에서의 실험은 향후 과제로 남긴다.

VI. 결론 및 향후 과제

본 논문은 이동통신망 시스템이 방송망으로부터 받은 초기 타임스탬프를 전달 받은 후 사용자가 3D 시청을 원하는 경우 초기 타임스탬프를 전달하여 이를 기준으로 영상을 동기화할 수 있도록 하였다. 또한 영상 서비스 중에 갑자기 타임스탬프의 불연속이 발생할 때를 대비하여 이동통신망 시스템이 주기적으로 초기 타임스탬프를 보정하도록 하였다. 서버와 클라이언트 프로그램을 구현하여 실험한 결과 제안방법의 높은 동기화 성공률을 확인하였고, 타임스탬프 불연속 현상을 가정하여 타임스탬프를 임의로 변경시킨 실험에서도 제안방법의 신뢰성을 검증하였다. 한편, 제안방법은 시청자가 3D 영상 서비스 요구를 하지 않은 경우에도

참 고 문 헌

- [1] 박홍식, 김규현, 이진희, 윤국진, 서덕영, 박광훈, “스테레오스코픽 비디오 방송 서비스를 위한 MPEG-2 전송스트림 구성 방안”, 방송공학회지, 제 14권, 제 6호, pp.769-782, 2009, 11
- [2] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobason, “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications,” Network Working Group, July 2003
- [3] Advanced Television System Committee, Inc. “A/153 Part2,” October 2009
- [4] Advanced Television System Committee, Inc. “A/153 Part3,” October 2009
- [5] Open Mobile Alliance, “Mobile Broadcast Architecture,” October 2009
- [6] Advanced Television System Committee, Inc. “A/153 Part1,” June 2011
- [7] A. Polinger, “Developing Microsoft Media Foundation Applications,” Microsoft Press, October, 2011

저 자 소 개



권 기 덕

- 2008년 8월 : 동의대학교 컴퓨터공학 학사
- 2009년 2월 ~ 현재 : 부산대학교 컴퓨터공학과 석박통합과정
- 주관심분야 : 무선 애드혹/센서 네트워크, RFID, 임베디드 시스템



유 영 환

- 1996년 2월 : 서울대학교 컴퓨터공학 학사
- 1998년 2월 : 서울대학교 컴퓨터공학 석사
- 2004년 2월 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사
- 2004년 5월 ~ 2006년 12월 : 미국 신시네티 대학교 컴퓨터과학과 연구원
- 2007년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 컴퓨터공학과 교수
- 주관심분야 : 무선 애드혹/센서 네트워크, RFID/USN, 임베디드 시스템



정 현 준

- 2011년 2월 : 창원대학교 컴퓨터공학 학사
- 2011년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 컴퓨터공학과 석사과정
- 주관심분야 : 무선 애드혹/센서 네트워크, RFID/USN



이 광 순

- 1993년 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1995년 : 경북대학교 전자공학과 석사
- 2004년 : 경북대학교 전자공학과 박사
- 2001년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 실감방송시스템연구팀 책임연구원
- 주관심분야 : 3DTV 방송시스템, 모바일 방송, 영상처리 등



정 원 식

- 1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1994년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 2000년 5월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 실감방송시스템연구팀장/책임연구원
- 주관심분야 : 3DTV 방송시스템, 모바일 방송, 영상처리 및 압축, MPEG 등

저 자 소 개



허 남 호

- 1992년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 공학사
- 1994년 2월 : 포항공과대학교 대학원 전자전기공학과 공학석사
- 2000년 2월 : 포항공과대학교 대학원 전자전기공학과 공학박사
- 2000년 4월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구부 부장
- 2005년 9월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 겸임교원
- 주관심분야 : 방송시스템기술, 3DTV, 홀로그래피 등