

고화질 스테레오스코픽 영상 서비스를 위한 비실시간 콘텐츠 연동 지상파 3DTV 방송 표준규격 설계 및 검증

이 장 원*, 김 규 현°, 임 현 정*, 정 원 식**

Design and Implementation of the Higher-quality Terrestrial 3DTV Broadcasting Standard Specification Based on Synchronization with Non-Real-Time Contents

Jangwon Lee*, Kyuheon Kim°, Hyun-Jeong Yim*, Won-Sik Cheong**

요 약

본 논문은 한정된 대역폭을 갖는 기존채널을 통한 지상파 3DTV 서비스 화질의 한계를 극복하기 위한 비실시간 콘텐츠 연동형 지상파 3DTV 방송 규격을 제안한다. 본 규격을 통한 서비스에서는 유희시간의 대역폭을 활용하여 하나의 스테레오스코픽 시점 영상을 비실시간 콘텐츠로 전송한 후, 실시간 방송 신호를 통해 전송되는 나머지 시점의 영상과 동기화하여 재생함으로써 기존 3DTV 보다 향상된 스테레오스코픽 영상을 제공한다. 상기 서비스의 실현을 위해서는 다른 시간에 이중 매체를 통해 전송된 데이터들을 동기화하기 위한 새로운 방안이 요구되며, 이에 본 논문에서는 동기신호를 생성하여 실시간 방송 신호와 함께 다중화하는 방식의 기술적 해결책을 제시하고, 이를 기반으로 한 고화질 지상파 3DTV 방송 규격을 제안하고자 한다. 본 논문에서 제안한 기술 규격은 2DTV 방송과의 호환성을 유지하는 동시에 기존 시스템의 변경을 최소화하여 비실시간 콘텐츠와 방송 신호간의 정밀한 동기화를 통한 고화질 3DTV 서비스를 제공할 수 있다.

Key Words : 3DTV broadcasting, high-quality stereoscopic video services, non-real-time contents, synchronization

ABSTRACT

This paper proposes a new terrestrial 3DTV broadcasting standard specification based on synchronization with non-real-time contents in order to overcome quality limitations of the current 3DTV services that are arisen from the limited bandwidth of the legacy broadcasting channel. In the services using the proposed specification, one view sequence of a stereoscopic video content is delivered as a non-real-time content in idle time, and the other view sequence is transmitted in real time broadcasting signal, thereafter two sequences are synchronized in a receiver for display. Thus, it is possible to provide higher-quality stereoscopic video content services than the current 3DTV services. In order to realize these services, a new mechanism is required which enables synchronization between the data that are from different transmission media and time. Therefore, this paper

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업(NIPA-2012-H0301-12-1006)의 연구결과와 방송통신위원회
회의 지상파 양안식 3DTV 방송시스템 기술 개발 및 표준화 사업의 연구결과로 수행되었음(KCA-2012-10912-02001)

◆ 주저자 : 경희대학교 전자전파공학과, leejangwon@khu.ac.kr, 정회원

° 교신저자 : 경희대학교 전자전파공학과, kyuheonkim@khu.ac.kr, 정회원

* 한국전자통신연구원 실감방송시스템연구팀, hjyim@etri.re.kr

** 한국전자통신연구원 실감방송시스템연구팀, wscheong@etri.re.kr

논문번호 : KICS2012-06-294, 접수일자 : 2012년 6월 29일, 최종논문접수일자 : 2012년 11월 1일

suggests a solution by multiplexing the synchronization signals of non-real-time contents into broadcasting signals with real-time streams together. This solution can provide a accurate synchronization mechanism by minimum updates of legacy broadcasting systems while maintaining compatibility with legacy services.

I. 서 론

최근 수년 동안 3D 영상 콘텐츠 및 3D 디바이스가 급속하게 대중적으로 보급되어, 3DTV 방송은 차세대 주력 방송 서비스로서의 입지를 확고히 하고 있다. 이러한 흐름 속에, 세계 각국은 보다 나은 화질의 3D 영상을 획득, 재생하기 위한 제조기술의 향상 방안을 모색하고 있으며, 방송 규격의 표준화를 통한 핵심기술 선점을 위해 심혈을 기울이고 있다.

국내에서는 정부를 중심으로 3DTV 방송 서비스 및 관련 분야의 국가 경쟁력 확보와 지상파 3DTV 표준기술에서의 유리한 고점을 확보하기 위하여 2010년부터 세계최초로 지상파 기반의 서비스 호환 3DTV 방송 서비스에 대한 실험방송을 추진하였으며 2012년부터는 시범방송을 준비 중에 있다. 또한 이를 뒷받침하기 위해 TTA 3DTV PG806 산하 WG8061을 중심으로 2010년 2월부터 지상파기반의 3DTV 송수신정합 표준화를 위한 논의를 시작하였다^[1].

WG8061에서의 표준화 작업으로 현재 기존채널 기반^[2,3] 및 전용채널 기반 지상파 3DTV 송수신 정합 표준^[4]이 제정되었다. 상기 표준을 통한 기존채널 기반의 3DTV 서비스는 기존 2DTV 서비스와의 호환성 유지를 통해 하나의 채널을 통한 2D, 3DTV 방송의 동시 전송이 가능하도록 고안되었다. 그러나 한정된 기존채널 대역폭을 통한 스테레오스코픽 영상 서비스는 그 화질 면에 있어서 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 부호화 효율 향상을 통한 3DTV 전용채널 기반의 서비스를 위한 송수신 규격이 추가로 제정 되었으나, 2DTV 서비스와의 호환성은 고려되지 않아, 전용서비스를 위한 추가채널 확보가 요구된다.

본 논문에서는 지상파 3DTV 송수신 정합 표준이 제시하는 두 가지 방식의 서비스 형태의 한계를 보완하기 위해 최근 주목받고 있는 비실시간 콘텐츠 연동 3DTV 서비스^[5,6]의 방안을 모색하고 그 기술적 해결책을 제안하고자 한다. 상기 서비스에서는 스테레오스코픽 콘텐츠를 구성하는 두 영상중 하나를 실시간 방송시간 외의 유휴 대역폭을 이용하여

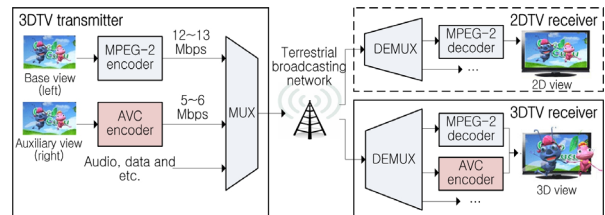


그림 1. 기존채널 기반 지상파 3DTV 송수신 서비스 개념도
Fig. 1. Conceptual diagram of the 3DTV broadcasting service based on the legacy channel

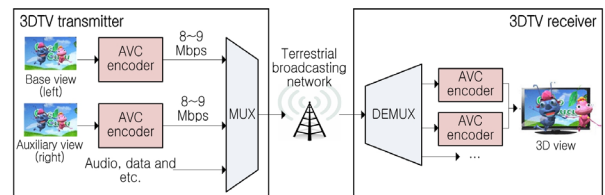


그림 2. 전용채널 기반 지상파 3DTV 송수신 서비스 개념도
Fig. 2. Conceptual diagram of the 3DTV broadcasting service based on the dedicated channel

전송하여 수신기에 저장해 두고, 실시간 방송 신호에 포함된 나머지 하나의 영상과 동기화하여 재생한다. 그러나 서로 다른 특성의 매체를 통해 서로 다른 시간에 전송되는 두 영상을 하나의 프로그램에서 연동하여 재생하기 위해서는 종래의 기술에서 고려되지 않은 새로운 동기화 방안이 요구된다. 또한 좌, 우영상의 프레임 쌍으로 구성되는 스테레오스코픽 영상의 특성상 동기화의 정밀성 또한 높아야 한다.

이러한 문제점 해결 및 요구사항 충족을 위해 본 논문에서는 비실시간 콘텐츠 연동 3DTV 방송서비스를 위한 동기화 및 다중화 방안을 제시하고, 이 방안을 실현하기 위한 신호규격과 이를 포함하는 시스템 구조를 제안한다. 제안된 방안에서는 비실시간 콘텐츠의 동기신호를 생성하여 실시간 방송 신호에 함께 다중화하여 전송한다. 동기신호는 종래의 오디오, 비디오와 동일한 방식으로 동기화 되어 그 정밀성을 보장하는 동시에, 기존 송수신 시스템의 변경을 최소화하여 구현될 수 있으므로 서비스의 안정성 또한 높일 수 있다.

본 논문은 다음의 순서로 구성된다. II장에서는 기존채널 및 전용채널 기반의 지상파 3DTV 방송

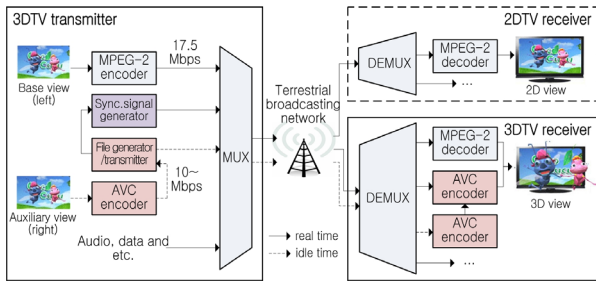


그림 3. 비실시간 콘텐츠 연동 지상파 3DTV 송수신 서비스 개념도

Fig. 3. Conceptual diagram of the 3DTV broadcasting services based on synchronization with non-real-time content

송수신 정합 표준을 소개하고, 비실시간 콘텐츠 연동 서비스의 개념을 설명한다. III장에서는 제안기술의 구현을 위한 기반기술을 검토하고 설계에 있어 고려해야할 사항을 제시한다. IV장에서는 제안하는 신호규격 및 송수신 시스템을 세부적으로 설명하며, 마지막으로, VI장에서는 제안된 규격의 향후 연구방향 및 활용방안을 도출한다.

II. 지상파 3DTV 방송 송수신정합 표준

본 장에서는 앞서 언급한 지상파 3DTV 송수신 정합 표준을 통한 기존채널 및 전용채널 기반 3DTV 서비스 방안을 소개하고자 한다. 그림 1은 기존채널 기반 3DTV 서비스의 개념을 도시하고 있다. 본 서비스는 기존 2D 방송채널을 그대로 활용한 3DTV 서비스 실현을 목표로 하고 있어 기존 방송과의 호환성 유지가 중요한 고려항목이다. 이러한 호환성 유지를 위해 그림 1에 나타난 바와 같이 스테레오스코픽 콘텐츠의 좌, 우영상 중 하나를 기준영상으로 설정하여 기존 2D 방송과 같은 MPEG-2^[7] 방식으로 부호화한다. 나머지 하나의 영상은 부가영상으로서 MPEG-2보다 부호화 효율이 높은 AVC^[8]로 부호화한다. 19.4 Mbps의 대역폭을 갖는 지상파 방송망에서 오디오와 기타 데이터를 제외한 비디오 신호에는 약 17.5 Mbps의 대역폭이 할당될 수 있어, 본 서비스에서는 약 12~13 Mbps의 기준영상과 5~6 Mbps의 부가영상 대역폭이 각각 할당된다. 부호화된 두 영상의 스트림은 기존 방송과 호환성을 유지하는 다중화 및 변조 과정을 거쳐 TV 수신기에 송출된다. 3DTV 수신기에서는 두 영상을 복호화하여 3D 영상을 재생할 수 있으며, 2DTV에서는 복호화할 수 없는 부가영상신호를 제외하고 기준영상만을 2D 영상으로 재생하므로 서

비스의 호환성 유지가 가능하다.

상기 기존채널 기반 서비스는 기존의 2D 비디오 대역폭을 통해 스테레오스코픽 영상을 송출하여, 화질이 열화된다는 단점이 있다. 전용채널 서비스에서는 기존 2D 채널과 호환되지 않는 전용채널 방송을 통해 이러한 화질열화 문제점이 부분적으로 보완될 수 있다. 그림 2는 전용채널 기반 3DTV 서비스의 개념도이다. 기존채널 기반 서비스에서와는 달리, 본 서비스에서는 기준영상 부가영상 모두 AVC 방식으로 부호화하여 송출된다. 두 영상에는 각각 8~9 Mbps의 대역폭이 할당될 수 있으므로, 기존채널 기반 서비스에 비하여 향상된 화질의 스테레오스코픽 영상 서비스가 가능하다. 그러나 2DTV와의 호환성은 유지될 수 없어, 방송을 위한 별도의 채널확보가 요구된다는 단점이 있다.

이에 기존채널 기반 서비스의 호환성 측면의 이점을 유지하면서 전용채널 기반 서비스에서보다 우수한 화질의 스테레오스코픽 영상 서비스가 가능한 비실시간 콘텐츠를 연동한 3DTV 서비스가 차세대 3DTV 서비스 방식으로 고려되고 있다. 그림 3은 비실시간 콘텐츠 연동 3DTV 서비스의 개념을 도시하고 있다. 기존채널 기반 서비스에서와 마찬가지로, 2DTV 수신기와의 호환성 유지를 위해 MPEG-2 방식으로 부호화된 기준영상 스트림을 사용한다. 부가영상은 AVC로 미리 부호화되어 파일 형태의 비실시간 콘텐츠로 수신기에 전송, 저장되며, 실시간 방송 시점에 맞춰 저장된 콘텐츠와 연동하여 재생된다. 실시간 방송 신호를 통해서만 기준영상만이 전송되므로 허용대역폭을 모두 사용할 수 있고, 부가영상은 유휴시간 대역폭을 활용하여 전송되므로 전송시간만 허용된다면 대역폭에 제한이 없다고 할 수 있다.

스테레오스코픽 콘텐츠는 좌, 우영상의 프레임 쌍의 연속으로 구성되므로 수신기에서의 재생과정에 세밀한 동기화가 요구된다. 이에 본 논문에서는 그림 3에 나타난 바와 같이, 파일 생성/송출기를 통해 비실시간 콘텐츠를 유휴시간을 이용하여 미리 전송하고, 실시간 방송시 동기신호 발생기에서 비실시간 콘텐츠의 동기신호를 생성하여 실시간 방송 신호에 함께 다중화하여 수신기에 전송하는 방식의 비실시간 콘텐츠 연동 3DTV 서비스 방안을 제안하고자 한다. 제시하는 방안의 핵심은 전송시간 및 매체의 차이가 있는 두 영상간의 동기화 방안을 제공하는 것이라 할 수 있다.

III. 비실시간 콘텐츠 연동 3DTV 방송을 위한 기반기술

3.1. 비실시간 콘텐츠 전송

본 절에서는 비실시간 콘텐츠를 방송망을 통해 전송하기 위한 서비스 규격인 ATSC NRT (Non-Real-Time)^[9]를 소개하고자 한다. NRT는 실시간 방송 수신시간 또는 유휴시간의 잉여 대역폭을 이용하여 사용자의 요청에 의한 콘텐츠 다운로드 서비스를 제공한다.

그림 4는 NRT의 프로토콜 스택(Protocol stack)을 보여준다^[10,11]. NRT 서비스는 MPEG-2 TS의 Addressable Section 규격으로 캡슐화(Encapsulation) 되는 FLUTE(File Delivery Over Unidirectional Transport)^[12] 프로토콜 기반의 방송망 가상 채널 IP 서브넷(Subnet)을 통해 전송된다. 또한, SSC(Service Signaling Channel)을 통한 다운로드 스케줄 및 파일, 부호화 방식 등 콘텐츠 정보 기술 방안을 제공하고 있다.

본 논문에서 제안하고자 하는 비실시간 콘텐츠 연동 3DTV 방송은 상기의 NRT와 같은 파일전송 서비스를 통해 유휴시간의 대역폭을 활용하여 실시간 방송 콘텐츠의 일부 데이터를 미리 전송함으로써 실시간 방송 대역폭의 활용 효율을 높이는 것을 기본 목표로 하고 있다.

3.2. 실시간 방송 콘텐츠 동기화

현재의 디지털 방송은 MPEG-2 TS(Transport Stream)^[13]에서 제공하는 동기화 및 다중화 기법을 기반으로 서비스되고 있다. MPEG-2 TS는 개별적으로 부호화되는 오디오, 비디오 스트림을 동기화하여 수신기에서 재생할 수 있도록 그림 5와 같은 타이밍 모델(Timing model)을 제공하고 있다. 송신단의 STC(System Time Clock)는 프로그램의 시간을 90 KHz로 샘플링(Sampling)하여 PCR(Program Clock Reference)이라는 타임스탬프(Time Stamp) 발생시키고, 다중화 과정에서 TS 패킷에 담아 주기

NRT Service		
PSIP	SSC-NRT	FLUTE ACL/LCT
	UDP/IP	
	DSM-CC	
MPEG-2 TS		
8-VSB		

그림 4. NRT 프로토콜 스택
Fig. 4. NRT protocol stack

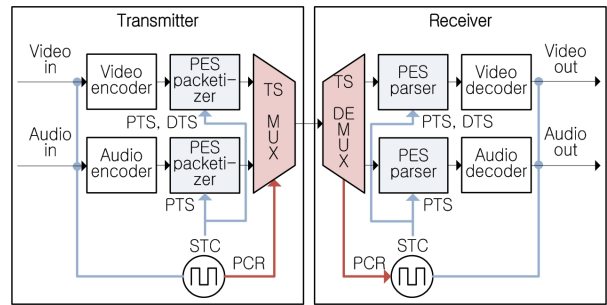


그림 5. MPEG-2 TS 타이밍 모델
Fig. 5. MPEG-2 TS timing model

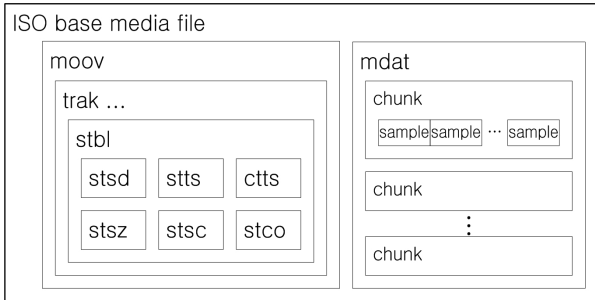
적으로 수신단으로 전송한다. 수신단은 자신의 STC를 통해 프로그램의 기준시간을 복원하는데, 주기적으로 전송되는 PCR을 통해 프로그램 시간을 갱신한다. 이러한 주기적 프로그램 시간 갱신 기법은 송신단과 수신단 STC의 차이에 의한 클록 드리프트(Clock Drift)를 제거하는데 효과적이다.

송신단에서 부호화된 오디오와 비디오 스트림은 PES(Pecketized Elementary Stream) 패킷화 과정에서 개별 액세스 유닛(Access unit)에 DTS(Decoding Time Stamp), PTS(Presentation Time Stamp)를 부여한다. 수신단에서는 액세스 유닛 데이터의 복호화, 재생시간을 제공된 DTS, PTS를 통해 복원함으로써, 개별 스트림들을 하나의 프로그램에서 동기화하여 재생할 수 있다.

II장에서 소개한 기존채널, 전용채널 기반의 지상파 3DTV 방송 송수신 정합 표준에서의 스테레오스코픽 콘텐츠의 좌영상과 우영상 스트림 또한 상기의 MPEG-2 TS 타이밍 모델을 기반으로 동기화된다. 스테레오스코픽 콘텐츠는 좌영상과 우영상의 개별 프레임이 완벽한 동일 시점에 재생되어야 하므로, MPEG-2 TS 타이밍 모델에 의한 세밀한 동기화 과정은 필수적이며, 본 논문의 실시간 방송과 비실시간 콘텐츠와의 동기화 방안 고안에 있어서도 중요하게 고려되어야 할 사항이다.

3.3. 비실시간 콘텐츠 저장

비실시간 콘텐츠 실시간 방송에 앞서 부호화 및 수신기로의 전송이 이루어져야 하므로, 수신기에서의 콘텐츠 복호화 및 재생에 필요한 모든 정보를 포함하는 형태의 구조체로 저장이 가능해야 한다. 이러한 비실시간 콘텐츠의 저장을 위한 구조체로서 콘텐츠 다운로드(Download) 및 공유 서비스에 널리 사용되는 파일 포맷(File format) 규격이 활용될 수 있다.



stsd : codec type, initialization
 stts : decoding time of each sample
 ctts : presentation time of each sample
 stsz : data size of each sample
 stsc : sample-to-chunk mapping
 stco : data offset of each chunk

그림 6. ISO base media file 구조
 Fig. 6. ISO base media file format structure

ISO base media file format^[14]은 파일 포맷의 대표적 표준규격으로서, MP4, AVC 파일 등 널리 사용되는 파일 규격의 기본 틀을 제공한다. 그림 6은 ISO base media file format의 기본 구조를 보여준다. ISO base media file은 박스(Box)라는 계층 구조체의 집합으로 이루어지는데, 크게 콘텐츠의 복호화 및 재생에 필요한 헤더정보를 담는 'moov' 박스와, 부호화된 미디어 데이터를 담는 'mdat' 박스로 구성된다. 'moov' 박스 내부에서 하나의 미디어 스트림(Stream)은 하나의 트랙('trak' 박스)으로 표현되며, 트랙 내부의 'stbl' 박스를 통해 스트림의 복호화, 시간 및 색인 정보를 기술한다.

그림 6에 도시된 바와 같이, 미디어 스트림은 'mdat' 박스에 샘플(Sample)이라는 데이터 단위로 저장되는데, 샘플은 비디오 데이터의 프레임(Frame)에 해당되는 데이터 단위로, 복호화 시간, 재생 시간 등의 고유의 시간 값이 부여된다. 'stbl' 박스 내부의 'stts', 'ctts' 박스는 각각 상기 개별 샘플의 복호화, 재생 시간을 기술한다. 또한, 파일 내부의 개별 샘플 접근을 위해, 그 위치정보를 'stco' 박스에서 하나의 미디어 스트림에 속한 인접 샘플들의 집합체인 청크(Chunk) 단위로 기술하며, 'stsc'는 각 청크에 포함된 샘플들의 대응 정보를 제공한다. 위치 정보와 함께 개별 샘플의 크기 또한 'stsz' 박스에서 제공되어, 상기 박스들이 제공하는 정보를 통해 시스템은 파일을 구성하는 모든 샘플들에 용이하게 접근할 수 있다.

재생 단말에서는 'stsd' 박스를 통해 제공되는 복호화 구성정보를 통해 재생 프로세스가 시작되며, 샘플들은 상기의 시간, 색인 정보를 통해 복호화 및 재생기로 전달될 수 있다. 이러한 샘플단위의 시

표 1. 연동 콘텐츠 서술자의 구문
 Table 1. Syntax of the linkage contents descriptor

Syntax	No. of bits
linkage_contents_descriptor(){	
file_count	8
for(i=1;i<linkage_file_count;i++){	
file_name_length	8
file_name	Variable
}	
index_type	8
if(index_type==1){	
time_scale	16
}	
}	

간 및 색인 정보가 제공된다는 점은 본 논문에서 제안하고자 하는 실시간 방송과 비실시간 콘텐츠와의 동기화된 재생방안을 고안함에 있어 중요하게 고려되어야 할 항목이다.

IV. 비실시간 콘텐츠 연동 3DTV 방송 표준규격 설계

본 장에서는 II장에서 소개된 비실시간 콘텐츠 연동 3DTV 서비스를 실현하기 위한 방송 신호규격 및 송수신 시스템의 설계 과정에 대하여 기술한다.

4.1. 신호규격 설계

비실시간 콘텐츠 연동 3DTV 방송을 위하여 수신기에 서비스 방식을 알리기 위한 서비스 식별정보와 비실시간 콘텐츠의 동기화를 위한 동기화 정보가 기존의 방송 신호 규격에 추가되어야 한다. 서비스 식별정보 구성을 위해 본 논문에서는 표 1과 같은 연동 콘텐츠 서술자(Linkage Contents Descriptor)를 제안한다. 본 서술자는 MPEG-2 TS의 PSI(Program Specific Information) 섹션의 PMT와 같은 프로그램 초기 구성정보에 포함되어 송출되어 수신기의 프로그램 재생 시작시점에 해석되어 프로그램에 연동되는 콘텐츠가 존재함을 알리고, 연동 콘텐츠 및 동기화 신호의 구성 정보를 제공한다.

II장에서 설명된 바와 같이 비실시간 연동 콘텐츠는 프로그램 시작 전에 파일 형태로 미리 전송되어 수신기에 저장된다. 'file_count'는 저장된 현재

프로그램과 연동되는 파일의 개수이며, 파일별 파일명을 'file_name_length'의 바이트수로 'file_name'을 통해 기술한다. 수신기는 본 서술자에 기술된 순서에 따라 0부터 순차적으로 증가하는 식별 번호를 부여하여 파일 목록을 관리하며, 다음에 설명될 동기화 신호를 담는 구조체에서 참조하여 정해진 시간에 파일 및 파일 내부 프레임들을 로드(Load)하여 재생한다.

III장 3절에서 설명된 바와 같이 저장된 파일은 프레임 단위로 순차적으로 접근 가능한 시간 및 색인 정보를 제공하고 있다. 따라서 외부에서 프레임 번호를 통해 파일의 내부 프레임에 용이하게 접근이 가능하다. 또한 개별 프레임이 고유 재생시간을 가지고 있으므로, 시간 값을 통한 접근 또한 가능할 것이다. 'index_type'은 방송 신호를 통해 파일의 특정 지점에 접근하기 위한 색인의 형식을 나타내는 것으로, '0'일 경우 프레임 번호를, '1'일 경우 시간 값을 나타낸다. 후자의 경우, 표 1에 나타난 바와 같이, 'time_scale'을 통해 기술하는 시간 값의 시간 단위를 헤르츠(Hz) 단위로 표현한다.

연동 콘텐츠와의 동기화 정보 기술을 위하여, 본 논문에서는 표 2의 타임드인덱스(Timed-index) 구조체를 제안한다. 본 구조체는 특정 파일의 개별 프레임 또는 재생시간에 접근하기 위한 색인을 제공한다. 'file_number'는 앞서 연동 콘텐츠 서술자에 의

표 2. 연동 콘텐츠 타임드인덱스의 구분
Table 2. Syntax of the linkage contents timed-index

Syntax	No. of bits
linkage_contents_timed_index(index_type){	
linkage_flag	1
if(linkage_flag){	
file_number	1
if(index_type==0){ // frame index	8
frame_number	32
}	
else if(index_type==1){ // time index	
time_value	64
}	
}	
}	

해 제공된 파일 목록 중 하나의 파일번호를 지정해 주며, 색인의 형식이 프레임 번호일 경우 'frame_number'를 통해 접근하고자하는 프레임의 번호를, 색인의 형식이 시간 값일 경우 접근하고자하는 재생시간 값을 표 1의 'time_scale' 단위로 표시한다.

이처럼 특정 파일의 특정 프레임 또는 특정 재생시에 접근하기 위한 색인 정보를 담은 연동 콘텐츠

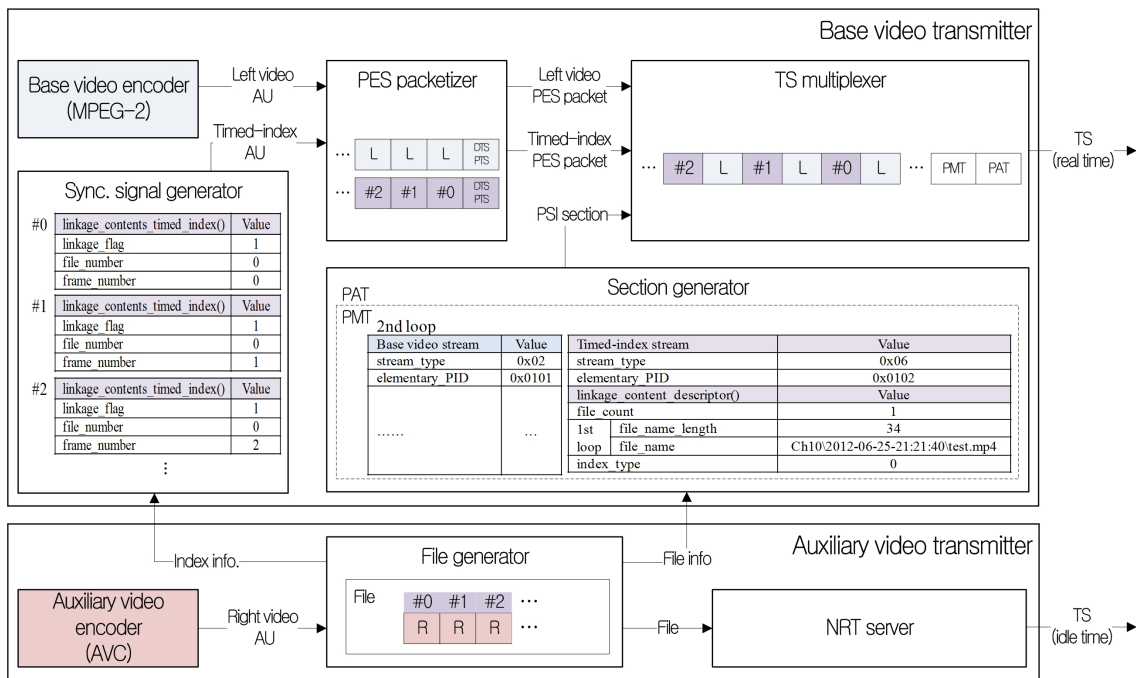


그림 7. 비실시간 콘텐츠 연동 3DTV 송출 시스템 구조
Fig. 7. Block diagram of 3DTV transmission system based on synchronization with non-real-time-content

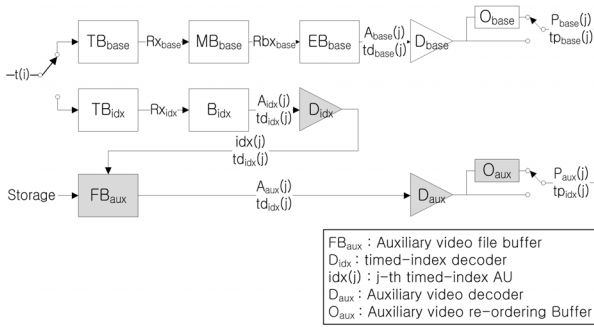


그림 8. 비실시간 콘텐츠 연동 3DTV 수신 STD 모델
Fig. 8. STD model for synchronization with non-real-time contents

타임드인덱스 구조체는 III장 2절에서 설명된 오디오 비디오 스트림과 동일하게 PES 패킷화 과정을 통해 동기화 된다. 즉, 하나의 타임드인덱스는 하나의 PES 패킷으로 구성되어 DTS, PTS가 부여되어, 해당 복호화 및 재생 시간에 저장된 연동 콘텐츠 파일의 내부 프레임에 접근하게 됨으로써, MPEG-2 TS 외부에 존재하는 데이터를 내부에 존재하는 스트림들 사이에서와 동일한 방법으로 동기화할 수 있는 것이다.

이와 같은 동기화 기법을 통해 서비스되는 스테레오스코픽 콘텐츠에서는 MPEG-2 TS에 포함되는 기준영상의 프레임과 짝을 이루는 부가영상 프레임의 타임드인덱스에 기준영상 프레임과 동일한 PTS를 부여함으로써, 스테레오스코픽 프레임 쌍의 동시 재생을 보장할 수 있다.

4.2. 송수신 시스템 설계

본 절에서는 앞서 설명된 연동 콘텐츠 서술자와 타임드인덱스를 포함하는 신호규격을 처리하기 위한 송수신 시스템의 구조를 설명한다. 그림 7은 비실시간 콘텐츠 연동 3DTV 방송 송출 시스템의 구조를 보여준다. 본 시스템은 크게 기준영상 및 동기신호 전송을 위한 기준영상 송출기와 부가영상 파일생성 및 전송을 위한 부가영상 송출기로 구성된다.

AVC로 부호화되는 부가영상은 파일 생성기를 통해 파일로 구성되며, 이때 기록되는 파일 정보와 색인 정보는 기준영상 송출시 사용된다. 생성된 파일은 III장 1절에서 설명된 NRT 프로토콜을 통해 수신기로 전송된다. 기준영상의 경우, 기존 2DTV에서와 동일하게 MPEG-2로 부호화 되어, PES 패킷화 및 TS 다중화 과정을 거쳐 송출된다. 프로그램 정보 생성기에서는 1절에서 제안된 연동 콘텐츠 서술자 정보를 기록된 연동 콘텐츠 파일 정보를 바탕

으로 작성하여 PMT의 두 번째 루프에 포함시켜 다중화기로 보낸다. 동기신호 발생기는 기록된 연동 콘텐츠 색인 정보를 바탕으로 타임드인덱스를 생성하며, 개별 타임드인덱스는 PES 패킷화되어 다중화기로 보내어진다. 다중화기는 연동 콘텐츠 서술자를 포함하는 PMT 등의 프로그램 정보 및 기준영상, 타임드인덱스의 PES 패킷을 함께 다중화하여 하나의 TS로 방송망에 실어 전송한다.

그림 8은 상기와 같이 전송되는 TS의 재생장치로서의 수신 시스템 설계를 위한 STD 모델(System Target Decoder Model)로, 기존 MPEG-2 TS의 STD 모델^[13]을 기반으로 고안되었다. 그림 8의 음영 표시된 부분은 타임드인덱스 및 부가영상 복호화를 위해 기존 STD에 추가적으로 구성된 부분이다.

부가영상 파일 버퍼(FB_{aux})는 연동 콘텐츠 서술자에 기술된 파일을 저장소로부터 가져온다. 타임드인덱스 복호화기(D_{idx})는 타임드인덱스의 액세스 유닛(A_{idx}(j))을 해당 유닛의 DT(td_{idx}(j))에 해석하여 부가영상 파일 버퍼에 전달한다. 같은 시간에 부가영상 파일 버퍼는 타임드인덱스가 프레임 번호 또는 시간 값으로 지칭하는 부가영상의 프레임(A_{aux}(j))을 추출하여 부가영상 복호화기(D_{aux})로 보낸다. 복호화된 부가영상 프레임(P_{aux}(j))은 필요시 순서 재배열 과정을 거쳐 재생시간(tp_{idx}(j))에 화면에 표시된다. 1절에서 설명된 바와 같이, 기준영상 프레임(P_{base}(j))의 재생시간과 짝을 이루는 부가영상 프레임의 타임드인덱스에 부여된 재생시간(tp_{idx}(j))은 같으므로, 같은 시간에 화면 표시장치에 전달되어 3D로 재생될 수 있다.

V. 실험 및 검증

본 장에서는 IV장에서 제안한 비실시간 콘텐츠 연동 3DTV 방송 신호규격과 송수신 시스템의 적합성 및 기능성을 검증하기 위한 실험과정과 검증결과에 대해 소개한다. 본 논문에서는 상기 실험을 위해 그림 9와 같이 실험 시퀀스(Sequence) 및 실험 환경을 구성하였다.

기존 서비스와의 비교 실험을 위하여, 그림 9에 나타난 바와 같이, 하나의 콘텐츠를 기존채널, 전용 채널 및 제안하는 비실시간 콘텐츠 연동 방식으로 구성하였다. 세 시퀀스 모두 실시간 방송 신호에서의 비디오 대역폭은 17.5 Mbps로 제한하였다. 좌영상을 기준영상, 우영상을 부가영상으로 사용하였으

며 각각 1920*1080의 해상도, 25 fps의 프레임률을 갖는다. 기존채널 기반 시퀀스의 경우 좌영상을 12.5 Mbps의 MPEG-2, 우영상을 5.0 Mbps의 AVC 스트림으로 부호화하였다. 전용채널 기반 시퀀스에서는 좌, 우영상을 각각 8.75 Mbps로 부호화된 AVC 스트림을 사용하였으며, 비실시간 콘텐츠 연동 시퀀스는 실시간 방송 신호의 17.5 Mbps의 비디오 대역폭을 MPEG-2 로 부호화된 좌영상 스트림에 모두 할당하였고, AVC로 부호화된 우영상 스트림은 부가영상 파일로 생성하였다.

생성된 시퀀스의 송출 실험을 위하여, TS 다중화기를 소프트웨어 플랫폼으로 구현하였으며, 본 플랫폼은 기존 2DTV, 전용채널 및 기존채널 기반 3DTV, 그리고 제안하는 비실시간 콘텐츠 연동 3DTV 서비스를 위한 TS를 모두 선택적으로 생성할 수 있도록 구현되었다. 생성된 TS는 TS pumper를 통해 수신기에 실시간으로 전송된다. 그림 9에 표시된 각각의 수신기는 기존 2DTV, 기존채널 및 전용채널 기반 3DTV, 비실시간 콘텐츠 연동 3DTV 기반의 TS를 TS Pumper로부터 전송받아 실시간으로 재생할 수 있도록 구현되었다. 파일/Timed-index 생성기는 비실시간 연동 파일 및 타임드인덱스를 생성하며, NRT 송출 상황을 시뮬레이션하기 위하여 생성된 파일은 TS Pumper와 별도의 파일 서버에서 미리 전송할 수 있도록 설계하였다.

상기와 같이 구성된 실험환경에서 세 종류의 서비스 시퀀스가 성공적으로 재생됨을 확인할 수 있었으며, 특히 비실시간 콘텐츠 연동 시퀀스의 경우 구현된 3DTV 수신기에서 뿐만 아니라 기존 2DTV 수신기에서도 좌영상 재생이 가능해, 제안된 규격을 통한 서비스 또한 기존채널 기반 3DTV 서비스 규

표 3. 실험 시퀀스의 PSNR 측정 결과

Table 3. Comparison results of PSNR of the test sequences

Sequence type	PSNR (dB)	
	Left view	Right view
Legacy channel	37.21	37.45
Dedicated channel	38.87	39.02
Synchronization with non-real time content	39.12	39.35

격과 마찬가지로 2DTV 서비스와의 호환성을 보장할 수 있음을 보여준다.

표 3은 상기 실험에 시퀀스들의 객관적 화질평가를 위한 PSNR(Peak Signal-to Noise Ratio) 측정 수치이다. 좌영상, 우영상 모두 기존채널 보다는 전용채널, 전용채널 보다는 제안된 비실시간 콘텐츠 연동 시퀀스에서 높은 화질 구현이 가능함을 확인할 수 있다. 특히, 전용채널 기반 시퀀스와 비실시간 콘텐츠 연동 시퀀스의 두 좌영상의 화질이 2 dB에 가까운 차이를 나타내는 것으로 보아, 2DTV 호환 서비스의 품질 면에서 제안하는 규격을 통해 큰 향상을 가져올 수 있을것으로 예상된다.

또한, 비실시간 연동 시퀀스에 포함된 타임드인덱스의 기능을 검증하기 위하여 재생시작 후 150 프레임에서의 각 구간별 좌/우영상간 재생시간의 오차를 측정하였다. 두 가지 시퀀스를 비교 실험하였는데, 첫 번째 시퀀스는 동기화 신호로서 본 논문에서 제안하는 타임드인덱스 스트림을 포함하며, 두 번째 시퀀스는 프로그램의 시작시간을 PSI 섹션의 서술자를 통해 전송하는 선행연구에서의 비실시간 연동형 방송 기법^{4,5)}을 기반으로 구현되었다.

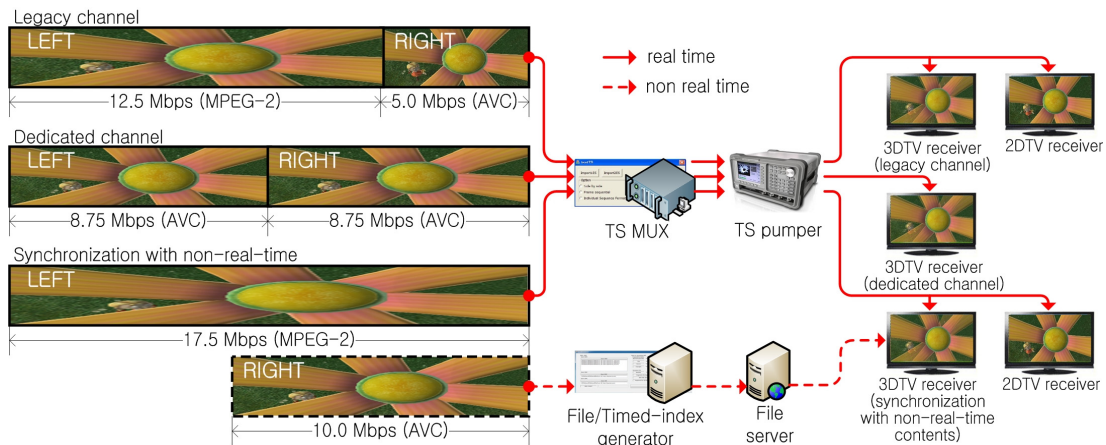


그림 9. 실험 콘텐츠 및 환경구성
Fig. 9. Configuration of test contents and experimental environment

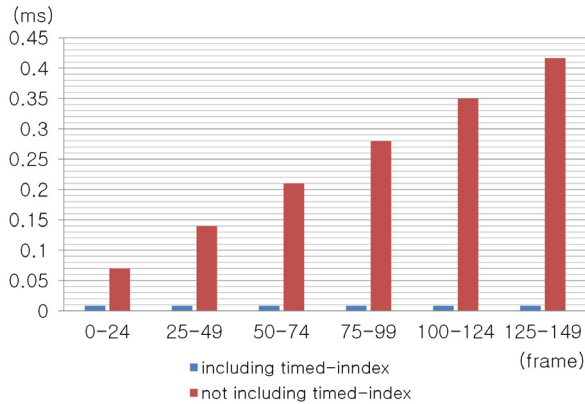


그림 10. 동기화 신호에 의한 좌우 영상간 구간별 최대 재생시간 오차 비교
 Fig. 10. Comparison results of maximum clock drift between left and right view frames

그림 10에 나타난 결과와 같이 동기화 신호가 포함된 첫 번째 시퀀스는 전 구간에 걸쳐 0.01 ms 미만의 오차가 측정되었다. 반면, 동기화 신호가 포함되지 않은 두 번째 시퀀스의 경우에는 재생이 진행됨에 따라 오차가 누적됨을 볼 수 있다. 이는 III장 2절에서 설명한 송신단과 수신단의 STC 차이에 의한 클럭 드리프트 현상에 기인한 것으로, 본 실험에서의 경우 한 시간의 재생시간에 해당하는 90,000 프레임 이후에는 오차가 약 41 ms로 측정되어 한 프레임 이상의 시간 이격이 일어나는 것을 확인하였다. 이 결과는 좌우영상의 정밀한 동기화가 필수적인 스테레오스코픽 영상 서비스에서 본 논문이 제안하는 타임드인덱스에 의한 주기적 동기화 기법의 필요성을 보여주는 사례이다.

비실시간 연동 시퀀스에 포함된 타임드인덱스 스트림의 전송 대역폭은 4.5 Kbps로 측정되었는데, 이는 19.4 Mbps의 전체 전송 대역폭의 약 0.023%에 해당되어, 다른 데이터의 전송 대역폭에 전혀 영향을 미치지 않을 매우 작은 수치로 평가된다.

VI. 결 론

최근 3DTV 서비스는 지상파 방송망의 한정된 대역폭으로 인해 품질향상의 한계에 부딪히고 있어 이를 극복하기 위한 새로운 서비스 방안의 필요성이 대두되고 있다. 이에 본 논문에서는 두 개의 독립된 영상으로 구성될 수 있는 스테레오스코픽 영상의 특성을 활용하여, 하나의 영상을 방송망의 유휴시간 대역폭을 이용해 비실시간 콘텐츠로 전송하여 실시간 방송과 연동하여 재생할 수 있는 비실시

간 콘텐츠 연동 3DTV 방송 기술규격을 제안하였다. 상기의 서비스를 위해 이중의 매체로 전송되는 두 영상간의 새로운 동기화 방안이 필수적이며, 본 논문에서는 연동 콘텐츠 서비스 식별 정보 및 동기 정보를 포함하는 방송규격 설계를 통해 기존 시스템의 최소 변경을 통한 새로운 서비스 방안을 제안하였다. 제안된 규격은 2DTV 채널을 통해 기존 서비스와 호환성을 유지하며 안정적으로 송수신될 수 있을 뿐만 아니라, 유휴시간 대역폭 및 기존 방식보다 5~6 Mbps 더 큰 실시간 방송 채널 대역폭 활용할 수 있게 함으로써 보다 향상된 화질 3DTV 서비스를 제공한다. 본 논문에서 제안한 규격은 비실시간 콘텐츠 연동 기반 3DTV 송수신 정합 표준으로서 TTA PG806 WG8061에 제안될 예정으로, 향후 3DTV 방송 규격 표준화에서의 기술적 논의점 및 해결책을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] K. Yun and K. Kim, "Transmission and reception for terrestrial 3DTV broadcasting standard specification based on the legacy channel," *J. TTA*, vol. 139, no. 1, pp. 77-80, Jan. 2012.
- [2] J. Kang, G. Lee, J. Park, J. Lee, and K. Kim, "Verification of technical specification of stereoscopic video over MPEG-2 TS for 3DTV service," *J. KICS*, vol. 36, no. 12, pp. 1024-1033, Dec. 2011.
- [3] *Transmission and reception for terrestrial 3DTV broadcasting - Part 1 : Legacy Channel*, TTA, TTA.KO-07.0100-Cor1, May 2012.
- [4] *Transmission and reception for terrestrial 3DTV broadcasting - Part 2 : Dedicated Channel*, TTA, TTA.KO-07.0101, Dec. 2011.
- [5] H. Kwon, K. Yun, W. Chung, and N. Hur, "Program associated 3D non-real-time service on terrestrial DTV," *IEEE Trans. Consum. Electr.*, vol. 58, no. 1, pp. 132-136, Feb. 2012.
- [6] J. Park K. Kim, J. Lee, H. Yim, K. Yun, W. Cheong, and N. Hur, "Terrestrial stereoscopic broadcasting system technology

based on NRT,” *J. IEEK*, vol. 48, no. 6, pp. 35-47, Nov. 2011.

[7] *Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video*, ISO/IEC 13818-2:2000 2nd Ed., Dec. 2000.

[8] *Information technology - Coding of audio-visual objects -Part 10: Advanced Video Coding*, ISO/IEC 14496-10:2009 5th Ed., May 2009.

[9] *TSG-876r1-NRT-CS (Candidate Standard Non-Real-Time Content Delivery)*, ATSC, Dec. 2010.

[10] D. Lee, M. Lee and D. Kang, “OHTV (Open Hybrid TV) service platform based on terrestrial DTV,” in *Proc. IEEE ICAC T 2010*, pp. 399-402, Feb. 2010.

[11] *Standard for Terrestrial Open Hybrid TV*, TTA, TTA.KO-07.0099, Dec. 2011.

[12] T. Paila, M. Luby, R. Lehtonen, V. Roca, and R. Walsh, *FLUTE - File Delivery over Unidirectional Transport*. RFC 3926, Oct. 2004.

[13] *Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems*, ISO/IEC 13818-1:2007 3rd Ed., Oct. 2007.

[14] *Information technology - Coding of audio-visual objects -Part 12: ISO base media file format*, ISO/IEC 14496-12:2008 5th Ed., Oct. 2008.

이 장 원 (Jangwon Lee)



2007년 2월 경희대학교 공학사
 2007년 3월~현재 경희대학교
 전자전파공학과 석·박사과정
 <관심분야> 멀티미디어 서비스,
 디지털 방송

김 규 현 (Kyuheon Kim)



1989년 2월 한양대학교 전자공
 학과 공학사 졸업.
 1992년 9월 영국 University
 of Newcastle upon Tyne
 전기전자공학과 공학석사
 1996년 7월 영국 University
 of Newcastle upon Tyne

전기전자공학과 공학박사
 1996년~1997년 영국 University of Sheffield,
 Research Fellow
 1996년~1997년 영국 University of Sheffield,
 Research Fellow
 2006년~현재 경희대학교 전자정보대학 교수
 <관심분야> 영상처리, 멀티미디어 통신, 디지털 대
 화형 방송

임 현 정 (Hyun-Jeong Yim)



2003년 2월 숙명여자대학교 공
 학사
 2005년 5월 숙명여자대학교 멀
 티미디어 공학석사
 2010년 2월 숙명여자대학교 멀
 티미디어 공학박사
 2010년 4월~현재 한국전자통

신연구원 실감방송시스템연구팀 연구원
 <관심분야> 멀티미디어 서비스, 디지털 방송

정 원 식 (Won-Sik Cheong)



1992년 2월 경북대학교 공학사
 1994년 2월 경북대학교 공학석
 사
 2000년 2월 경북대학교 공학박
 사
 2000년 5월~현재 한국전자통
 신연구원 실감방송시스템연

구팀 팀장
 <관심분야> 영상처리 및 압축, DMB, MPEG,
 3DTV