

이종망 연동형 3DTV 방송시스템 설계 및 구현

*윤국진 *이진영 *정원식 *이광순 **김규현

*한국전자통신연구원 **경희대학교

*kjun, *jinlee, *wscheong, *gslee@etri.re.kr, **kyuheonkim@khu.ac.kr

Design and Implementation for Hybrid network associated 3DTV
Broadcasting System

*Yun, Kugjin *Lee, Jin Young *Cheong, Won-sik, *Lee, Gwangsoon, **Kim, Kyuheon

*ETRI, **Kyunghee University

요약

최근 ATSC는 방송망 기반의 서비스호환 3DTV 방송서비스 표준완료 이후 이종망 환경에서 하이브리드 3DTV 방송서비스에 대한 표준화를 진행 중에 있다. 본 논문에서는 기존의 디지털방송 화질열화 없이 Full HD 3D 화질을 보장하기 위한 방송망 및 IP 망 연동형 3D 비디오 방송시스템을 제안한다. 특히, ISO/IEC 23009-1 DASH를 활용한 3D 부가 영상 전송, 이종망 환경하에서 안정적인 3D 비디오 동기화 및 하이브리드 3DTV 수신기 개발을 위한 시스템 타겟 디코더 모델을 기술한다. 실험 결과, 제안된 기술은 하이브리드 3DTV 방송 표준화에 직접적으로 적용될 수 있으며, 하이브리드 3DTV 인코더 및 수신기 개발에 있어서 참조 모델로 활용될 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

사용자의 몰입감과 현장감을 극대화할 수 있는 실감 미디어가 스마트와 함께 사회의 키워드로 점차 자리 매김하고 있다. 실감 미디어는 공간과 시간의 제약을 극복하고 인간에게 자연감과 사실감을 극대화 할 수 있는 미디어로 현장감/입체감을 제공하는 3D 분야 및 초고화질을 제공하는 UHD 분야를 중심으로 전 세계 국가는 핵심기술을 선점하기 위한 노력이 계속되고 있다[1]. 이러한 세계적 변화 속에 3D 영화의 성공은 현장에 있는 느낌을 맥내까지 제공하려는 노력이 지속적으로 이어지고 있으며, 현재 다양한 네트워크 융합을 통하여 시청자에게 보다 고화질의 3D 콘텐츠를 제공하는 형태로 발전되고 있다.

ATSC/DVB/TTA 등 전 세계 표준단체를 중심으로 각각 제정된 서비스호환 3DTV 방송방식은 종래 DTV와 호환성을 유지하면서 프레임호환 3DTV 방송서비스에 비하여 고화질의 3DTV 방송서비스가 가능하나 종래 방송망 대역폭을 분할하여 최우영상을 제공함으로써 Full HD 화질을 제공하지 못하는 단점이 있다.

이를 반영하듯 ATSC는 2012년 12월 방송망기반 서비스호환 지상파 3DTV 방송서비스 표준 완료 이후 현재 방송망 및 IP망을 결합한 하이브리드 3DTV 방송서비스에 초점을 맞추어 표준화를 추진 중에 있다. 이러한 움직임은 이미 서비스호환 고화질 3DTV 방송기술 개발을 통하여 국가 경쟁력을 확보하

고 세계 시장을 선점하고 있는 스마트TV 환경 하에서 종래 DTV 화질열화 없이 시청자에게 Full HD 3D 비디오를 제공이라는 두 가지 요구사항을 목표로 한국이 최초로 제안 시작되었다[2].

이에 본 논문에서는 이종망기반의 하이브리드 3DTV 방송 서비스를 위하여 필수적으로 요구되는 시그널링, 동기화 및 시스템 타겟 디코더(System target decoder) 모델을 제시하고 이를 기반으로 한 하이브리드 3DTV 방송시스템을 제안한다.

2. 이종망 연동형 3DTV 방송서비스

기존 DTV와 호환성을 보장하면서 HDTV 프로그램의 화질을 최상으로 유지하는 것은 실제 3DTV 방송서비스를 제공하기 위한 핵심 요구사항 중 하나이다. 이를 위하여 제안하는 이종망 연동형 3D 비디오 방송방식은 기준영상을 방송망을 통하여 전송함과 동시에 3D 부가영상을 브로드밴드(IP)망으로 전송하는 방식이다. 그림 1은 제안하는 방송방식의 개념도를 나타낸 것으로 기준영상은 기존 DTV 방송과 호환성을 유지하기 위하여 MPEG-2 또는 H.264/AVC로 부호화되며 기존 방송 인프라를 통하여 그대로 전송되어진다. 반면 3D 부가영상은 H.264/AVC로 부호화된 후 ISO/IEC 23009-1(Dynamic adaptive streaming over HTTP)[3]를 통하여 스트리밍 형태로 전송된다.

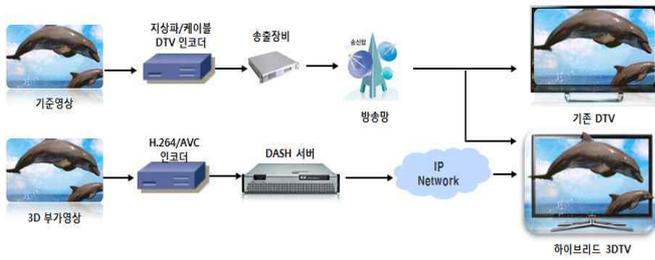


그림 1. 이종망 연동형 3D 비디오 방송서비스 개념도

2.1. 서비스 시그널링 구조

그림 2는 이종망 연동형 3D 비디오 전송을 위한 프로그램 지정 정보 구조를 나타낸다. 2013년 6월 최종 국제표준으로 제정된 ISO/IEC 13181-1:2013(4)은 다양한 디지털방송 매체별 서비스호환 3DTV 방송서비스 제공을 위하여 공통적으로 적용되는 MPEG-2 시스템기반 스테레오스코픽 비디오 시그널링에 대하여 정의하고 있다.

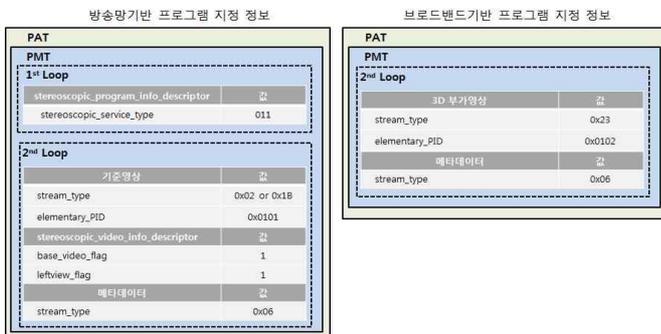


그림 2. 이종망 연동형 3D 비디오 방송서비스를 위한 프로그램 지정정보 구조

방송망기반 프로그램 지정 정보는 프로그램 맵 테이블 (Program Map Table) 내 두 개의 서술자를 포함하며 현재 국내 서비스호환 지상파/케이블 3DTV 표준 및 ATSC 3DTV 방송표준에 적용되고 있다. 스테레오스코픽 프로그램 정보 서술자(Stereoscopic_program_info_descriptor)는 프로그램 맵 테이블 내 program_info_length 필드 다음에 오는 루프에 위치하며 현재 전송되는 방송 프로그램이 모노스코픽 서비스인지 또는 서비스 호환 스테레오스코픽 서비스를 구분하는 타입을 제공한다. 스테레오스코픽 비디오 정보 서술자(Stereoscopic_video_info_descriptor)는 기준 영상과 부가 영상 비디오 스트림에 대한 좌우 구분 및 부가영상에 대한 해상도 정보를 제공하는 것으로 프로그램 맵 테이블의 ES_info_length 필드 다음의 루프 내에 위치한다. 이때, 서비스호환 3DTV 방송서비스를 제공하기 위하여 각각 기준영상 스트림타입은 '0x02' 또는 '0x1B'로 할당하며 3D 부가영상은 '0x23'로 할당한다.

국내의 표준화기구에서 제정된 서비스호환 3DTV 방송서비스의 경우 방송망을 통하여 기준영상 및 3D 부가영상을 동시에 전송함으로써 타임스탬프(Presentation Time Stamp) 좌우동기화를 수행하나 제안한 이종망 연동형 3D 비디오 서비스는 서로 다른 타임스탬프 및 불안정한 IP망 사용으로 인하여 보다 안정적이면서 강인한 동기화 기법이 요구되어 진다. 이를 위하여 제안된 메타데이터는 서로 다른 PTS값을 가지는 기준영상과 3D 부가영상의 동기화 재생을 위하여 별도의 부가정보로 활용한다. 표 1은 제안하는 메타데이터 구조로 기준 및 3D 부가영상 연동 정보 및 동기화 정보를 나타낸다. 메타데이터는 일반 미디어 데이터와 동일하게 PES(Packetized Elementary Stream) 패킷화하여 전송되며 스트림 타입 '0x06'(PES packets containing private data)을 사용한다.

표 1. 기준/3D 부가영상 연동 및 동기화를 위한 메타데이터

구문	비트수
media_pairing_information(){	
referenced_media_filename_length	8
for(i=0;i<referenced_media_filename_length;i++){	
referenced_media_filename_byte }	8
reserved	7
frame_number }	25

- referenced_media_filename_length : 기준영상과 연동되는 부가영상 정보를 포함하는 MPD(Media Presentation Description) 길이
- referenced_media_filename_byte : 3D 부가영상 정보를 포함하는 MPD 이름
- frame_number : 기준/3D 부가영상 스트림의 각 AU(Access unit에 할당되는 프레임 번호

이종망 연동형 3D 비디오 방송서비스를 위한 가상 채널 (Virtual channel)의 서비스 타입은 '0x09(Extended parameterized service)'로 식별되며 parameterized_service_descriptor를 이용하여 3D 채널 여부 및 실제 어떤 형태의 3D 서비스인지를 구분하게 된다. 이는 ATSC 후보표준(Candidate standard)규격[5]에 의거하여 3DTV 방송의 경우 application_tag 값은 0x01로 할당되어지며 3D_channel_type은 '0x04(IP망 연동 3DTV 서비스)'로 정의한다. 이를 통하여 수신기는 3D 채널 구분과 동시에 방송망 및 IP망 연동형 3DTV 방송서비스임을 인지하게 된다. 또한, 제안하는 연동 정보 서술자(linkage_info_descriptor)는 기준영상과 연동되는 3D 부가 영상에 대한 접근 정보를 제공하는 것으로 PSIP의 EIT(Event Information Table) 내 각 이벤트에 대한 서술자 루프에 포함되어 전송되어 진다.

3DTV 수신기는 연동 정보 서술자를 통하여 기준영상과 연동되는 3D 부가 영상을 미리 인지함으로써 사전에 DASH 서버에 요청, IP망에서의 3D 부가영상 스트리밍의 딜레이 및 오류를 최소화 하게 된다. 표 3은 제안한 연동 정보 서술자 구조로 MPD 정보를 제공함과 동시에 3DTV 수신기에서 미리 3D 부가영상을 준비할 수 있는 기능을 제공한다.

표 2. linkage_info_descriptor

구문	비트수
linkage_info_descriptor(){	
num_referenced_media_files	8
for(i=0;i<num_referenced_media_files;i++){	
referenced_media_files_URI_length	8
for(i=0;i<referenced_media_files_URI_length;i++){	
referenced_media_files_URI_byte}	var
}}	

- num_referenced_media_files : 기준 영상과 연동되는 3D 부가영상 정보를 포함하는 MPD의 개수
- referenced_media_files_URI_length : 3D 부가영상 정보를 포함하는 MPD 파일의 URI 길이
- referenced_media_files_URI_byte : 3D 부가영상 정보를 포함하는 MPD 파일의 URI 정보

2.2. 기준 및 3D 부가영상 동기화

이중망 연동형 3D 비디오 방송서비스를 위하여 적용되는 기준 및 3D 부가영상은 별도의 인코더 사용함으로써 출력되는 전송스트림은 서로 다른 PTS를 포함하고 있다. 이에, 정확한 프레임레벨의 동기화 및 재생을 위해서는 상기 메타데이터(MPI:Media Pairing Information) 기반의 동기화 보정이 요구되어 진다. 그림 3은 제안한 메타데이터 정보를 통하여 기준영상 및 3D 부가영상 동기화 과정을 나타낸다.

PTS(i) 및 PTS(k)는 기준영상 및 3D 부가영상 스트림의 각 AU(Access Unit) 재생 시간을 나타낸다. 이때, 메타데이터 스트림의 PTS는 각각 기준영상 및 3D 부가영상 스트림의 AU와 같은 값이 할당되어 진다. 이중망을 통하여 전송된 기준 및 3D 부가영상 스트림은 메타데이터 스트림의 정보를 활용하여 같은 프레임 번호를 비교 한 후, 매칭된 3D 부가영상 스트림의 각 AU는 기준영상 스트림의 각 AU의 PTS 값을 통하여 보정 되어 진다. 즉, 메타데이터는 이중망 환경 하에서 기준 및 3D 부가영상 스트림이 같은 PTS 값을 통하여 재생하기 위한 매개체로써 안정적인 동기화를 위한 부가정보로 활용되어 진다.

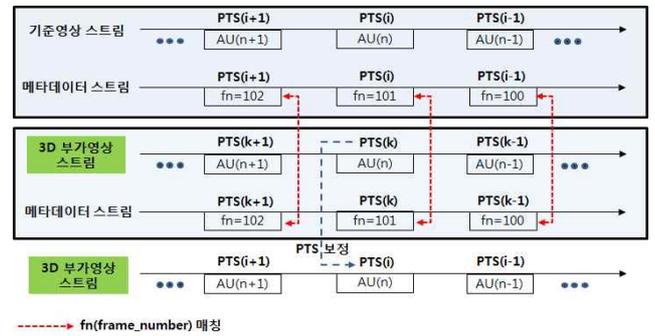


그림 3. 메타데이터(MPI)기반 기준 및 3D 부가영상 동기화 과정

2.3. 시스템 타겟 디코더 모델

그림 4는 이중망 연동형 3D 비디오 방송서비스를 위한 시스템 타겟 디코더 모델을 나타낸 것으로, ISO/IEC 13818-1 T-STD(System Target Decoder) 표준을 그대로 유지한다. 단, IP망을 통하여 전송되는 3D 부가영상 스트림은 망의 딜레이(delay)나 지터(jitter) 등을 완충하기 위한 스트리밍 버퍼(Streaming buffer)링 이후의 디코딩은 기존 DTV에 적용되는 모델을 따른다. 스트리밍 버퍼는 ISO/IEC 23009-1에 정의된 min_buffer 사이즈를 유지한다. 상기에 언급하였듯이, 메타데이터(MPI)를 이용하여 비디오 스트림 각 AU에 해당하는 'frame_number' 값을 비교, 같은 경우 기준영상 PTS를 3D 부가영상의 PTS로 대체함으로써 동기화된 3D video를 출력하게 된다.

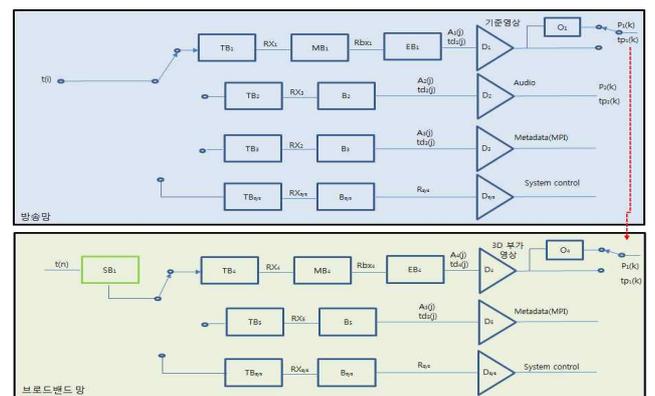


그림 4. 이중망 연동형 3D 비디오 방송서비스를 위한 시스템 타겟 디코더 모델

3. 실험 결과 및 검증

제안 방식의 검증을 위하여 PC 환경에서 기 제작된 스테레오 오스코픽 비디오에 대하여, 기준영상은 기존 DTV 방송환경을 토대로 MPEG-2로 부호화되며, 3D 부가영상은 H.264/AVC기반 다양한 비트레이트로 부호화하고 MPEG-2 TS로 다중화 되도록 구현하였다. 또한, 3D 부가영상 전송을 위한 DASH 서버는 Apache Tomcat Server

7.0을 기반으로 구현되었으며 HTTP/1.1 규격을 지원한다. DASH미디어 부호화기를 통하여 생성된 세그먼트 TS와 MPD 파일을 DASH 서버의 디렉토리에 저장하면 HTTP를 통해 접근이 가능하다. 실험을 위하여 3D 부가영상은 다양한 IP환경에서 안정적인 서비스를 위하여 4M~10M까지 부호화되며 각 비트율로 생성된 세그먼트 TS는 서버의 디렉토리에 저장된다. 그림 5는 3D 부가영상을 전송하기 위하여 적용된 MPD파일을 나타낸다. 그림에 나타나듯이 MPD 파일은 MPD, BaseURL, Period, AdaptationSet, Representation, Segment 구조로, 4/7/10Mbps로 압축된 3D 부가영상 세그먼트 TS를 IP망 상황에 적응적으로 전송하기 위한 표현(description)을 포함한다.

```

availabilityStartTime="2012-01-19T06:16:42"
minBufferTime="PT1.4S"
profiles="urn:mpeg:profile:dash:m2ts-main"
maxSegmentDuration="PT1S"
<BaseURL>http://192.168.10.200:8080/</BaseURL>
<Period id="1" duration="PT356S">
  <AdaptationSet
    mimeType="video/mp2t"
    codecs="avc1.4D401F,mp4a"
    frameRate="24000/1001"
    segmentAlignment="true"
    <BaseURL>contents/</BaseURL>
    <SegmentTemplate
      media="$RepresentationID${Number%05$.ts}"
      initialization="$RepresentationID-init.ts"
      duration="1"
      startNumber="1"/>
    <Representation id="4000kbps" bandwidth="4000000" width="1920" height="1080">
      <BaseURL>4M/</BaseURL>
    </Representation>
    <Representation id="7000kbps" bandwidth="7000000" width="1920" height="1080">
      <BaseURL>7M/</BaseURL>
    </Representation>
    <Representation id="10000kbps" bandwidth="10000000" width="1920" height="1080">
      <BaseURL>10M/</BaseURL>
    </Representation>
  </AdaptationSet>
</Period>
</MPD>
  
```

그림 5. 3D 부가영상 전송을 위한 MPD 표현

그림 6(a)는 다양한 네트워크 환경에서 망 적응적 세그먼트 TS 스위칭 결과를 나타낸다. 네트워크 망 상황은 랜덤하게 가변되도록 하였으며, 이를 토대로 MPD 매니저로부터 요청에 의해 전송되는 세그먼트 TS를 분석한 것이다. 'Segment URL'은 다양한 비트레이트로 저장된 세그먼트 TS 경로, 'Start time/Complete time'은 MPD 매니저로부터 요청된 관련 세그먼트 TS 시작/종료시간, 'Segment size'은 각각의 세그먼트 TS 크기, 'Current bandwidth'는 현재 네트워크 망 전송비트레이트를 나타낸다. 프로파일(Profile)은 네트워크 망 상황에 따라 스위칭되는 세그먼트 TS의 인코딩 비트레이트를 나타낸 것으로 DASH 서버는 초기세그먼트 전송 후 현재 네트워크 망 상태를 상황에 따라 4M로 부호화된 세그먼트 TS를 전송한다. 이후 네트워크 망 상황이 약 11Mbps로 좋아짐에 따라 서버는 7M로 부호화된 세그먼트 TS를 전송하며 네트워크 망 상황이 약 14Mbps로 향상된 경우 10M로 부호화된 세그먼트 TS를 전송한다. 이와 반대로 네트워크 망 상황이 약 4Mbps로 떨어지는 경우 다시금 4M로 부호화된 세그먼트 TS를 전송함으로써 망 적응적 스트림을 안정적으로 전송하게 된다. 이때, 전송되는 각각의 세그먼트 TS는 GOP(Group of picture)

단위의 스트림을 포함하며 망 상황에 따라 비트레이트가 달라 지더라도 연속적인 세그먼트 TS 번호를 유지하며 전송되어진다. 그림 6(b)는 서비스 검증에 위한 이중망 융합형 3DTV 방송시스템으로 제안한 동기화 방법 및 시스템 타겟 디코더 모델은 현재 진행 중인 ATSC 하이브리드 3DTV 국제표준 기술로서의 가능성을 확인하였다.

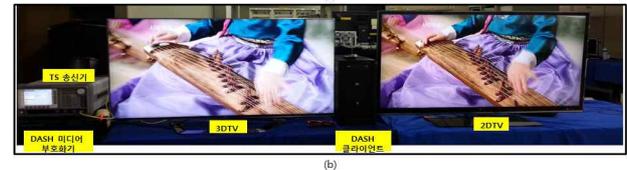
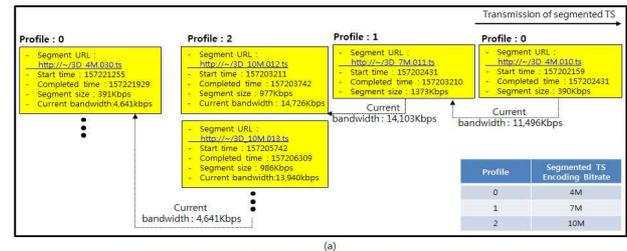


그림 6. 망 적응적 세그먼트 TS 스위칭 및 검증시스템

4. 결론

본 논문에서는 이중망 융합형 3D 비디오 서비스를 제공하기 위하여 제안된 시그널링, 동기화, 시스템 타겟 디코더 모델 등 핵심기술은 기존 DTV 화질열화 없이 Full HD 3D화질을 제공함과 동시에 현재 ATSC에서 진행 중인 하이브리드 3DTV 표준에 적용 가능함을 확인하였다. 향후 본 연구내용을 토대로 실시간 하이브리드 3DTV 방송서비스 및 4K 3DTV 서비스를 위한 방법을 지속적으로 연구할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 본 연구는 미래창조과학부의 지원을 받는 방송통신 표준기술력 향상사업과 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학IT연구센터육성지원사업/IT융합고급인력과정지원사업(NIPA-2014-H0301-14-1002)의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

- [1]유지상, "ICT Expert Interview," TTA Journal, vol.140, pp.29-33, 03/04 2012.
- [2]윤국진, 이진영, 정원식, 허남호, "국내 지상파 3DTV 방송서비스 표준 기술 동향," 전자공학회지 3월호, pp.18-25, 2013.
- [3]ISO/IEC 23009-1 :2012 "Dynamic Adaptive Streaming over HTTP," 2012.
- [4]ISO/IEC 13818-1:2013 "Generic coding of moving picture and associated audio information - part 1:Systems," 2013.
- [5]ATSC candidate standard A/104 Part 1 : 2014 - Working Draft : 3DTV Terrestrial Broadcasting Part 1.