

정규논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제19권 제5호, 2014년 9월 (JBE Vol. 19, No. 5, September 2014)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2014.19.5.687>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

## 이종망 연동형 3D 비디오 방송시스템 설계 및 구현

윤국진<sup>a),b)</sup>, 정원식<sup>a)</sup>, 이진영<sup>a)</sup>, 김규현<sup>b)†</sup>

### Design and Implementation of Hybrid Network Associated 3D Video Broadcasting System

Kugjin Yun<sup>a),b)</sup>, Won-Sik Cheong<sup>a)</sup>, Jinyoung Lee<sup>a)</sup>, and Kyuheon Kim<sup>b)†</sup>

#### 요 약

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

#### Abstract

ATSC is currently working on standardization of hybrid 3DTV broadcasting service in heterogenous network environment after completion of service-compatible 3DTV broadcasting service standard based on broadcasting channel. This paper proposes a convergence 3D video broadcasting method on broadcasting and IP network while guaranteeing a Full-HD 3D quality without degrading the image quality of legacy DTV. Specifically, this paper describes transmission of the 3D additional video using the ISO/IEC 23009-1 DASH, robust synchronization method under heterogenous network environments and system target decoder model for hybrid 3DTV receiver. Based on experimental results, we confirm that proposed technologies can be used as a core technology in the hybrid 3DTV standardization and a reference model for a development of hybrid 3DTV encoder and receiver.

Keyword : 3DTV, ATSC, Hybrid, Stereoscopic, DTV, STD

a) 한국전자통신연구원(Electronics and Telecommunications Research Institute)

b) 경희대학교(Kyung Hee University)

† Corresponding Author : 김규현(Kyuheon Kim)

E-mail: [kyuheonkim@khu.ac.kr](mailto:kyuheonkim@khu.ac.kr)

Tel: +82-2-773-4807

※ 본 연구는 미래창조과학부의 지원을 받는 방송통신표준기술력 향상사업과 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학IT연구센터육성지원사업/IT융합 고급인력과정지원사업(NIPA-2014-H0301-14-1002)의 연구결과로 수행되었음.

· Manuscript received July 8, 2014 Revised August 4, 2014 Accepted August 7, 2014

## 1. 서론

사용자의 몰입감과 현장감을 극대화할 수 있는 실감 미디어는 “스마트”로 대표되는 정보통신 분야의 개발 방향과 함께 사회의 키워드로 점차 자리 매김하고 있다. 실감 미디어는 공간과 시간의 제약을 극복하고 인간에게 자연감과 사실감을 극대화 할 수 있는 미디어로서 현장감/입체감을 제공하는 3D 분야 및 초고화질을 제공하는 UHD 분야를 중심으로 핵심기술을 선점하기 위한 노력이 전 세계적으로 진행되고 있다<sup>[1-2]</sup>. 특히 3D 영화의 성공은 3D 미디어를 극장과 같은 특화된 환경이 아닌 대내와 같은 일반 시청환경 하에서도 현장감과 입체감을 제공하기 위한 노력이 지속적으로 이어지고 있으며, 이와 같이 시청자에게 대용량의 고품질 3D 콘텐츠를 제공하는 하나의 방법으로 다양한 네트워크의 융합을 통한 서비스로 발전되고 있다<sup>[3]</sup>.

ATSC(Advanced Television System Committee), DVB(Digital Video Broadcasting) 및 TTA(Telecommunications Technology Association) 등 전 세계 표준단체를 중심으로 제정된 서비스호환 3DTV 방송방식<sup>[4-6]</sup>은 기존 DTV와 호환성을 유지하면서 3D 비디오를 한 프레임 내 다중화한 단일 영상을 서비스하는 프레임호환 3DTV 방송서비스<sup>[7]</sup>에 비하여 고품질의 3DTV 방송서비스가 가능하나 기존 방송망 대역폭을 통하여 좌우영상을 제공함으로써 Full HD 화질을 제공하지 못하는 단점이 있다<sup>[8]</sup>. 이를 반영하듯 ATSC는 2012년 12월 방송망기반 서비스호환 지상파 3DTV 방송서비스 표준 완료 이후 현재 방송망 및 IP망을 결합한 하

이브리드 3DTV 방송서비스에 초점을 맞추어 표준화를 추진 중에 있다. 하이브리드 3DTV 방송서비스는 스마트TV 환경 하에서 기존 DTV 화질 열화 없이 시청자에게 FULL HD 3D 비디오 제공이라는 핵심 요구사항을 토대로 이중망 연동 3D 비디오 전송에 따른 시그널링, 좌우영상 동기화 및 수신기 내에서 안정적인 3D 비디오 재생을 위한 시스템 타겟 디코더 모델이 핵심기술로 요구되고 있다<sup>[9]</sup>.

이에 본 논문에서는 이중망기반의 하이브리드 3DTV 방송서비스를 위하여 필수적으로 요구되는 시그널링, 동기화 및 시스템 타겟 디코더 모델을 제시하고 이를 기반으로 한 하이브리드 3D비디오 방송시스템을 제안한다. 이를 위해 본 논문의 II장에서는 제안한 이중망 융합형 3D 비디오 방송서비스 개요, 서비스 시그널링 구조, 이중망기반 3D 비디오 동기화 및 시스템 타겟 디코더 모델 등 핵심기술을 설명하고, III장에서는 제안한 기술을 토대로 3D 비디오를 송수신하기 위한 방송시스템 개발 및 실험결과를, 마지막으로 IV장에서 결론 및 향후 연구에 대하여 기술한다.

## II. 이중망 연동형 3D 비디오 방송서비스

### 1. 서비스 개요

기존 DTV와 호환성을 보장하면서 HDTV 프로그램의 화질을 최상으로 유지하는 것은 실제 3DTV 방송서비스를 제공하기 위한 핵심 요구사항 중 하나이다<sup>[10]</sup>. 이를 위하여

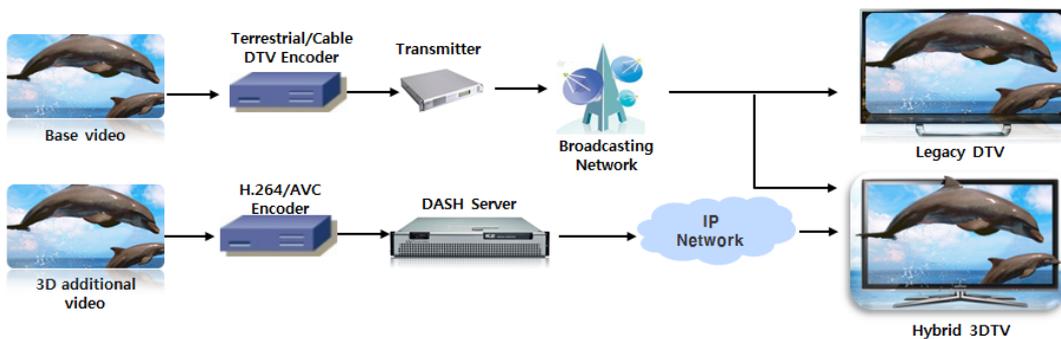


그림 1. 이중망 연동형 3D 비디오 방송서비스 개념도

Fig.1. Conceptual diagram of hybrid network associated 3D video broadcasting service

제안하는 이종망 연동형 3D 비디오 방송서비스는 기준영상(base video) 및 3D 부가영상(3D additional video)을 각각 방송망 및 브로드밴드(IP)망을 통하여 전달하는 서비스 방식이다. 그림 1은 제안하는 방송방식의 개념도를 나타낸 것으로 기준영상은 기존 DTV 방송과 호환성을 유지하기 위하여 MPEG-2<sup>[11]</sup> 또는 H.264/AVC<sup>[12]</sup>로 부호화되며 기존 방송 인프라를 통하여 그대로 전송된다. 반면 3D 부가영상은 H.264/AVC로 부호화된 후 ISO/IEC 23009-1(Dynamic Adaptive Streaming over HTTP)<sup>[13]</sup> 규격을 토대로 전송된다.

그림 2는 이종망 연동형 3D 비디오 방송시스템 구성도를 나타낸 것으로 3D 콘텐츠 서버를 통하여 전송되는 기준 및 3D 부가영상은 동일한 시간에 각각 부호화기에 입력된다. 부호화된 기준영상 스트림은 MPEG-2 시스템 규격에 따라 다중화되어 방송망을 통하여 제공되며 3D 부가영상 스트림 또한 MPEG-2 TS(Transport Stream)으로 다중화되어 DASH 서버에 제공된다. 이때, 다중화기에 입력되는 PSI(Program Specific Information)는 기준영상 및 3D 부가영상 구분, 좌우영상 구분, 3D 부가영상 정보등을 나타내는 스테레오스코픽 프로그램 및 비디오 정보 기술자, 이종망을 통하여 전송되는 기준 및 3D 부가영상의 동기화를 위한 별도의 메타데이터 정보를 포함한다. 특히, 본 논문에서 제안하는 메타데이터 정보는 서로 다른 타임스탬프를 가지면

서 이종망을 통하여 전송되는 기준 및 3D 부가영상과의 프레임레벨의 안정적인 동기화 및 재생을 위한 부가정보로 활용된다.

## 2. 서비스 시그널링 구조

### 2.1. PSI(Program Specific Information)

2013년 6월 국제표준으로 제정된 ISO/IEC 13181-1:2013<sup>[14]</sup> 규격은 지상파, 케이블, 위성 등 다양한 디지털방송 매체에서 서비스호환 3DTV 방송서비스 제공을 위하여 공통적으로 적용되는 MPEG-2 시스템기반 스테레오스코픽 비디오 시그널링에 대하여 정의하고 있다. 이를 토대로 제안하는 이종망 연동형 3D 비디오 방송서비스를 위한 PSI(Program Specific Information) 구조는 그림 3과 같다.

방송망기반 PSI는 PMT(Program Map Table) 내 두 개의 서술자를 포함하며 서술자들은 현재 국내 서비스호환 지상파 3DTV 표준, 케이블 3DTV 표준<sup>[15]</sup> 및 ATSC 3DTV 방송표준에 적용되고 있다. 스테레오스코픽 프로그램 정보 서술자(stereoscopic\_program\_info\_descriptor)는 PMT 내 program\_info\_length 필드 다음에 오는 루프에 위치하며 현재 전송되는 방송 프로그램이 모노스코픽 서비스 또는 서비스 호환 스테레오스코픽 서비스를 구분하는 서비스타입을 제공한다. 스테레오스코픽 비디오 정보 서술자(stereoscopic\_

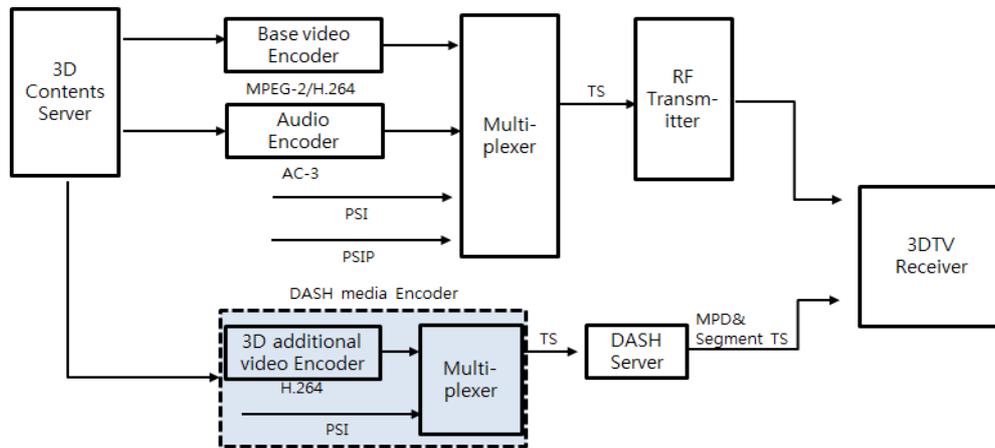


그림 2. 이종망 연동형 3D 비디오 방송시스템 구성도  
 Fig.2. Block diagram of hybrid network associated 3D video broadcasting system

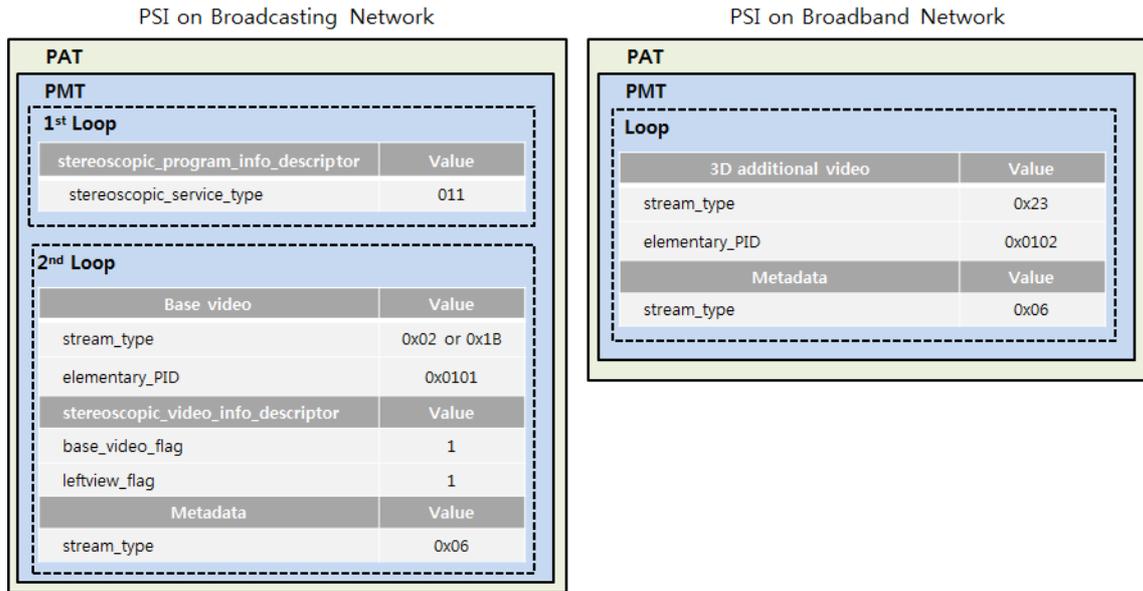


그림 3. 이종망 연동형 3D 비디오 방송서비스를 위한 PSI 구조  
 Fig.3. PSI structure for hybrid network associated 3D video broadcasting service

video\_info\_descriptor)는 기준영상과 3D 부가영상 스트림에 대한 좌우 구분 및 부가영상에 대한 해상도 정보를 제공하는 것으로, PMT의 ES\_info\_length 필드 다음의 루프 내에 위치한다. 이때, 서비스호환 3DTV 방송서비스를 제공하기 위하여 기준영상 스트림타입은 '0x02' 또는 '0x1B'로 할당하며 3D 부가영상스트림 타입은 '0x23'로 할당한다.

국내의 표준화기구에서 제정된 서비스호환 3DTV 방송서비스의 경우 방송망을 통하여 기준영상 및 3D 부가영상을 동시에 전송함으로써 MPEG-2 시스템기반의 PTS(Presentation Time Stamp)를 이용하여 좌우동기화를 수행한다. 이에 비하여 제안한 이종망 연동형 3D 비디오 서비스는 기준영상과 3D 부가영상의 PTS가 동일하다는 보장이 없으며, 3D 부가영상이 전송되는 IP망이 가변 대역폭을 가짐으로써 보다 안정적이면서 강인한 동기화 기법이 필요하다. 이종망 연동형 3D 비디오 동기화를 위하여 기 제안된 SMPTE 타임코드 방식<sup>[16]</sup>은 기준영상의 경우 MPEG-2 GOP(Group of Picture) 헤더, 3D 부가영상의 경우 AVC 픽처 타이밍 SEI(Supplemental Enhancement Information) 메시지를 통하여 생성된 동일한 타임코드 값을 제공하는 방

식으로 기존 표준과의 호환성을 유지하나 비디오 디코딩을 통하여 타임코드 값을 인식함으로써 기준영상 및 3D 부가영상 동기화를 위한 버퍼가 추가적으로 요구된다.

이에, 본 논문에서는 기존 시스템 타겟 디코더 모델과의 호환성을 유지하면서도 최소한의 복잡도로 기준영상과 3D 부가영상의 안정적인 동기화 재생을 위한 메타데이터를 제안한다. 표 1은 제안하는 메타데이터 구조로 기준 및 3D 부가영상 연동 정보 및 동기화 정보를 나타내며, 이종망간의 안정적인 동기화를 위한 부가정보로 활용된다. 메타데이터는 일반 미디어 데이터와 동일하게 PES(Packetized Elementary Stream) 패킷으로 전송되며 ISO/IEC 13181-1:2013 표준에 제시된 스트림 타입 '0x06'(PES packets containing private data)을 사용한다. 제안한 메타데이터는 6bytes 크기를 가지며 188bytes의 TS 한 패킷에 포함 전송됨으로써 초당 약 45kbps가 소요된다. 이는 방송망으로 전송되는 일반적인 TS 대비 약 0.0023% 정보량에 해당되는 것으로 3DTV 수신기 내에서 최소한의 시스템 복잡도를 가지면서도 기존 시스템 타겟 디코더 모델과 호환성을 갖는 장점을 제공한다.

표 1. 기준영상 / 3D 부가영상 연동 및 동기화를 위한 메타데이터  
 Table 1. Metadata for association and synchronization between base video and 3D additional video

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
}	
<ul style="list-style-type: none"> <li>referenced_media_filename_length : 기준영상과 연동되는 3D 부가영상 정보를 포함하는 MPD(Media Presentation Description) 길이를 나타낸다</li> <li>referenced_media_filename_byte : 3D 부가영상 정보를 포함하는 MPD 이름을 나타낸다</li> <li>frame_number : 기준영상 및 3D 부가영상 스트림의 각 AU(Access Unit)에 할당되는 프레임 번호를 나타낸다</li> </ul>	

## 2.2 PSIP(Program and System Information Protocol)

이종망 융합형 3D 비디오 방송서비스를 위한 가상 채널(virtual channel)의 서비스 타입은 '0x09'(extended parameterized service)로 식별되며 표 2에 나타난 바와 같이parameterized\_service\_descriptor를 이용하여 3D 채널 여부 및 어떤 형태의 3D 서비스인지를 구분하게 된다. 이는 ATSC 후보표준(candidate standard)규격<sup>[17]</sup>에 의거하여 3DTV 방송의 경우 application\_tag 값은 '0x01'로 할당되며 3D\_channel\_type은 '0x04'(IP망 연동 3DTV 서비스)로 정의한다. 이를 통하여 수신기는 3D 채널 구분과 동시에 방송망 및 IP망 융합형 3DTV 방송서비스임을 인지하게 된다. 또한, 제안하는 연동 정보 서술자(linkage\_info\_descriptor)는 기준영상과 연동되는 3D 부가영상에 대한 접근 정보를 제

표 2. Parameterized\_service\_descriptor  
 Table 2. Parameterized\_service\_descriptor

구문	비트수
parameterized_service_descriptor(){ application_tag	8
application_data(0x01){ reserved	4
3D_channel_type	4
for(i=0;i<N;i++){ reserved }	8
}	
}	

공하는 것으로 PSIP의 EIT(Event Information Table)내 각 이벤트에 대한 서술자 루프에 포함되어 전송된다. 3DTV 수신기는 연동 정보 서술자를 통하여 기준영상과 연동되는 3D 부가영상을 미리 인지함으로써 사전에 DASH 서버에 요청, IP망에서의 3D 부가영상 스트리밍의 딜레이 및 오류를 최소화 하게 된다.

표 3은 제안한 연동 정보 서술자 구조로 3D 부가영상에 대한 MPD URI 정보를 제공함과 동시에 3DTV 수신기에서 미리 3D 부가영상을 준비할 수 있는 기능을 제공한다.

표 3. 연동 정보 서술자  
 Table 3. 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
}	
}	
<ul style="list-style-type: none"> <li>num_referenced_media_files : 기준영상과 연동되는 3D 부가영상 정보를 포함하는 MPD의 개수를 나타낸다</li> <li>referenced_media_files_URI_length : 3D 부가영상 정보를 포함하는 MPD 파일의 URI 길이를 나타낸다</li> <li>referenced_media_files_URI_byte : 3D 부가영상 정보를 포함하는 MPD 파일의 URI 정보를 나타낸다</li> </ul>	

## 3. 기준 및 3D 부가영상 동기화

이종망 연동형 3D 비디오 방송서비스를 위하여 적용되는 기준 및 3D 부가영상은 각각 별도의 인코더 사용함으로써 출력되는 전송스트림은 서로 다른 PTS를 포함하고 있다. 따라서 정확한 프레임레벨의 동기화 및 재생을 위해서는 상기 메타데이터기반의 동기화 보정이 요구된다. 그림 4는 제안한 메타데이터 정보를 통하여 기준영상 및 3D 부가영상 동기화 과정을 나타낸다.

PTS(i) 및 PTS(k)는 각각 기준영상 및 3D 부가영상 스트림의 AU(Access Unit) 재생시간(presentation time)을 나타내며 전송되는 메타데이터 스트림의 PTS는 각각 기준 및 3D 부가영상 스트림의 AU와 같은 값이 할당된다. 이후

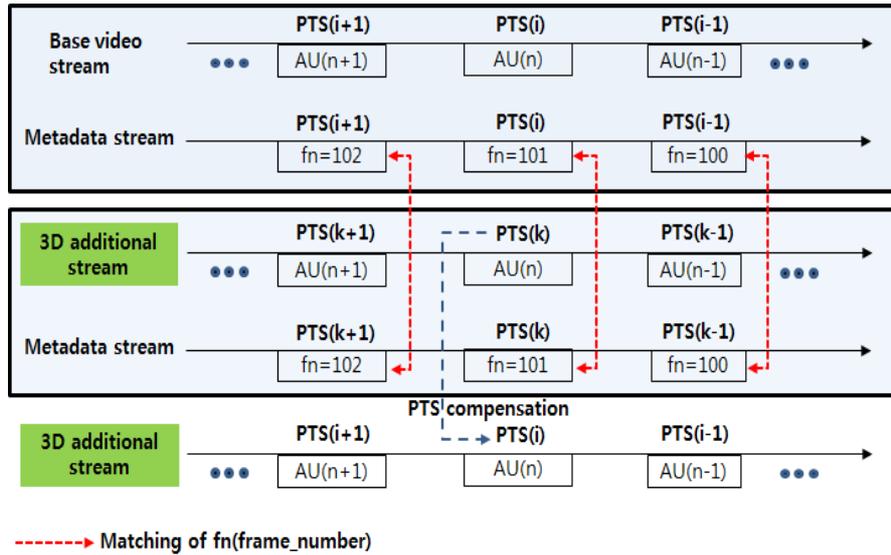


그림 4. 메타데이터(MPI)기반 기준 및 3D 부가영상 동기화 과정  
 Fig.4. Synchronization process of base and 3D additional video on metadata

3DTV 수신기는 이중망을 통하여 전송된 기준 및 3D 부가 영상 스트림에 대한 메타데이터 스트림의 정보를 활용하여 동일 프레임 번호를 비교 한 후, 매칭된 3D 부가영상 스트림의 각 AU를 기준영상 스트림의 각 AU의 PTS 값으로 보정하게 된다. 즉, 메타데이터는 이중망 환경 하에서 기준 영상 스트림 및 3D 부가영상 스트림이 같은 PTS 값을 통하여 재생하기 위한 매개체로서 안정적인 동기화를 위한 부가정보로 활용된다.

#### 4. 시스템 타겟 디코더 모델

MPEG-2 시스템에서는 미디어 동기 재생 및 복호화 버퍼 관리를 위해 시스템 타겟 디코더(system target decoder)라 불리는 가상참조 복호화 모델을 규정하고 있다. 제한한 이중망 연동형 3D 비디오 방송서비스는 방송망뿐만 아니라 IP망을 결합한 형태로써 IP환경에서의 지터 및 딜레이를 고려함과 동시에 안정적인 미디어 동기 재생을 위하여 새로운 시스템 타겟 디코더 모델이 필수적으로 요구된다. 그림 5는 제안하는 이중망 융합형 3D 비디오 방송서비스를 위한 시스템 타겟 디코더 모델로, 해당 디코더 모델은 ISO/IEC 13818-1 T-STD 표준을 따르면서도 IP망의 특성을 반영하

기 위하여 확장되었다. 즉, IP망을 통하여 전송되는 3D 부가영상 스트림에 대한 IP망의 딜레이(delay)나 지터(jitter) 등을 완충하기 위한 스트리밍 버퍼(streaming buffer)가 추가된 것으로, 스트리밍 버퍼 이후의 모델은 기존 DTV에 적용되는 모델과 동일하다. 스트리밍 버퍼크기는 ISO/IEC 23009-1 MPD에 기술되는 'minBufferTime' 및 'bandwidth'에 의하여 결정된다. 즉, MPD는 초기 버퍼링에 참조하기 위하여 'minBufferTime'을 정의하고 있으며 아래 식 (1)에 따라 해당되는 3D 부가영상의 세그먼트 TS 데이터를 수신한 이후 재생을 시작한다. 식(1)에서 'bandwidth'는 3D 부가영상의 인코딩 레이트를 나타낸다.

$$SB = \text{minBufferTime} \times \text{bandwidth} \quad (1)$$

기준영상 및 3D 부가영상의 동기화는 상기 메타데이터를 이용하여 비디오 스트림 각 AU에 해당되는 'frame\_number' 값을 비교한 뒤, 동일한 프레임 번호를 가지는 기준영상 PTS를 3D 부가영상의 PTS로 보상함으로써 동기화된 3D video를 출력하게 된다. 그림 5에서  $P_1(k)$  및  $tp_1(k)$ 는 기준영상 스트림의 k번째 PU(Presentation Unit) 및 재생시간을 나타내며,  $P_4(k)$  및  $tp_4(k)$ 는 3D 부가영상

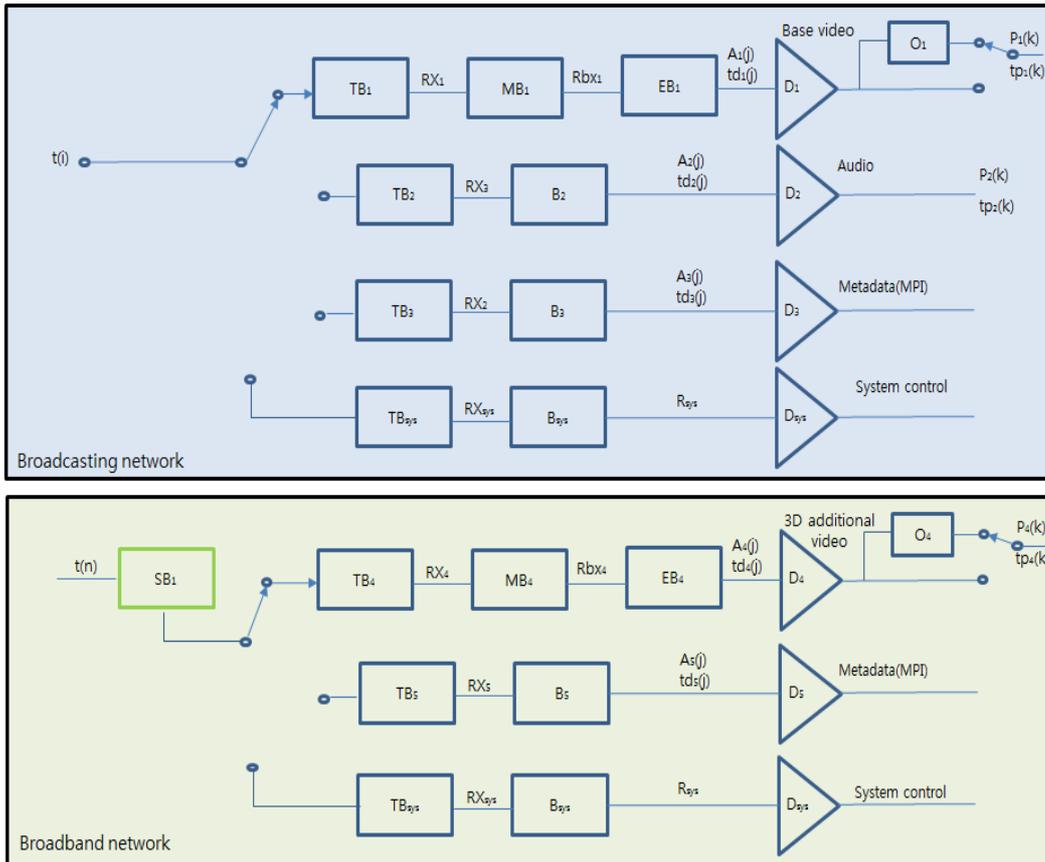


그림 5. 이종망 연동형 3D 비디오 방송서비스를 위한 시스템 타겟 디코더 모델  
 Fig.5. System target decoder model for hybrid network associated 3D video broadcasting service

스트림의 k번째 PU 및 재생시간을 나타낸다. 즉, 메타데이터를 이용하여 같은 ‘frame\_number’을 가지는 3D 부가영상의  $P_4(k)$ 의  $tp_4(k)$  값은  $P_1(k)$ 의  $tp_1(k)$  값으로 보상하게 된다.

### III. 실험 결과

#### 1. 이종망 연동형 3DTV 방송시스템 설계 및 구현

상기 본 논문에서 제안한 시그널링, 동기화 및 시스템 타겟 디코더 모델 등 핵심기술 검증 및 서비스를 제공하기 위한 송신시스템은 그림 6과 같다. 그림 6에서 보는 바와

같이 송신시스템은 디지털방송 규격기반<sup>[18]</sup>의 기준영상 및 오디오를 부호화하기 위한 인코더, 3D 부가영상을 부호화하여 세그먼트 TS 파일 및 MPD파일을 생성하는 DASH 미디어 인코더, MPEG-2 시스템기반 다중화를 위한 다중화기, 생성된 세그먼트 TS 파일 및 MPD 파일을 HTTP기반으로 전송하는 DASH 서버로 구성된다.

DASH 미디어 부호화기는 3D 부가영상에 대하여 불안정한 IP환경에서 안정적인 서비스를 제공하기 위하여 다양한 인코딩 비트레이트로 부호화함과 동시에 MPEG DASH 표준에 맞추어 MPD 및 세그먼트 TS 파일을 생성한다. DASH는 네트워크 상태에 따라 적절한 화질로 스트리밍을 해주는 HTTP기반의 프로토콜로써 생성된 MPD를 통해 다양한 화질의 세그먼트 TS 파일에 접근이 가능토록 지원한

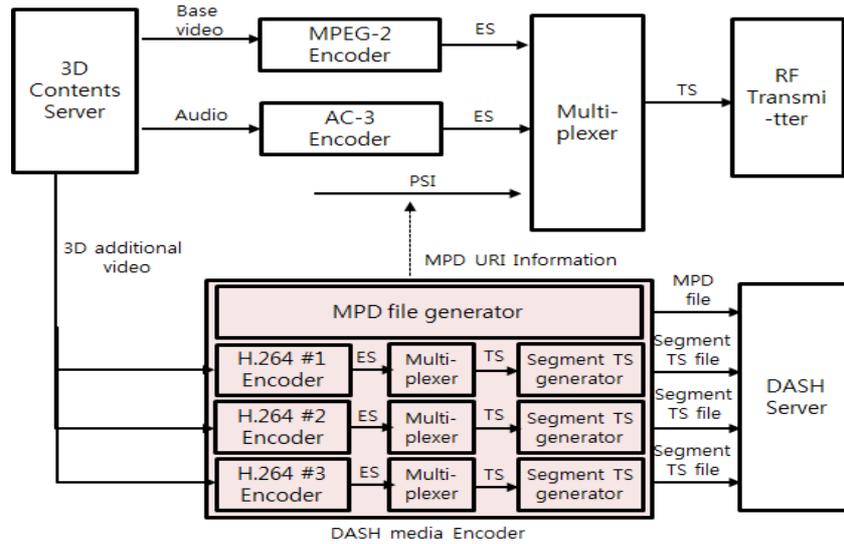


그림 6. 이종망 연동형 3D 비디오 송신시스템  
Fig.6. Hybrid network associated 3D video transmission system

다. 즉, MPD는 3D 부가영상의 각 세그먼트 TS파일에 대한 다양한 속성 정보를 포함하고 있는 것으로 MPD를 액세스 하기 위한 URI 정보는 상기 메타데이터의 'referenced\_media\_filename\_byte'내에 기술된다.

3DTV 수신기는 방송망을 통하여 전송되는 메타데이터 정보를 분석하고 관련 MPD파일을 요청하게 된다. DASH

서버는 생성된 세그먼트 TS 파일과 MPD 파일을 HTTP 서버의 서비스 디렉토리에 등록함과 동시에 네트워크 상태에 따른 해당 세그먼트 TS파일을 전송한다. 그림 7은 이종망 융합형 3D 비디오 방송서비스를 제공하기 위한 수신시스템으로 MPEG-2 시스템기반 역다중화를 위한 역다중화기, 기준영상, 3D 부가영상 및 오디오를 복호화하기 위한 디코

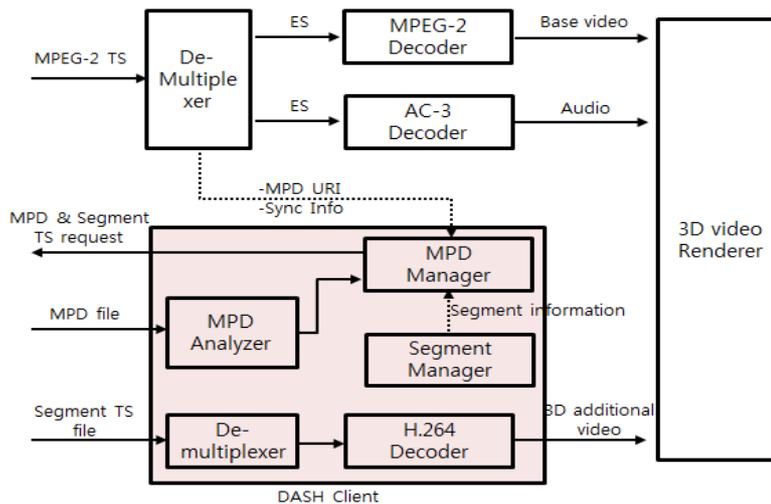


그림 7. 이종망 연동형 3D 비디오 수신시스템  
Fig.7. Hybrid network associated 3D video reception system

더, 전송된 세그먼트 및 MPD 파일을 파싱하는 DASH 클라이언트, 복호화된 기준 및 3D 부가영상을 동기화하여 재생하기 위한 3D 비디오 재생기로 구성된다.

본 논문에서는 송수신 시스템을 구성하는 기준영상 및 오디오를 부복호화하기 위한 인코더 및 디코더, TS 생성 및 분석하는 다중화기 및 역 다중화기, 다양한 3D 디스플레이 포맷으로 변화 및 재생을 위한 3D 비디오 재생기는 기존 3DTV 방송시스템과 동일하므로 별도로 언급하지 않는다.

MPD 매니저는 방송망으로 전송된 메타데이터로부터 획득된 'MPD URI' 정보 및 'frame\_number' 정보를 이용하여 초기 세그먼트(initial segment) 요청 및 주기적으로 MPD 갱신·관리하는 기능을 수행하며 MPD 분석기는 MPEG DASH 표준의 MPD 스키마를 이용해 전송된 MPD 파일의 유효성을 확인하고 미디어의 각 요소(element)와 속성(attribute)정보를 획득하는 기능을 수행한다. 세그먼트 매니저는 현재 네트워크 조건에서 수신 가능한 세그먼트 정보를 MPD 매니저에게

전송하는 역할로써 네트워크 상황에 따라 안정적인 서비스를 위한 다양한 세그먼트 TS 파일들을 스위칭하기 위한 정보를 제공한다. 이를 토대로 MPD 매니저는 해당 세그먼트 TS 파일을 DASH 서버에 요청하게 되며 전송된 세그먼트 TS 파일은 역 다중화기로 전달되어 복호화 된다.

## 2. 실험 검증

제안 방식의 검증을 위하여 기준영상을 기존 지상파 DTV 방송환경대로 MPEG-2기반 17M로 부호화하고, 3D 부가영상을 IP환경 하에서 안정적인 대응을 위하여 H.264/AVC기반 4M, 7M 및 10M로 부호화한 후 MPEG-2 TS 규격에 따라 다중화 되도록 PC 환경에서 구현하였다. 또한, 3D 부가영상 전송을 위한 DASH 서버는 ATS (Apache Tomcat Server) 7.0<sup>[19]</sup>을 기반으로 HTTP/1.1 규격<sup>[20]</sup>을 지원함과 동시에 DASH 미디어 부호화기를 통하여 생성된

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<MPD
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xmlns="urn:mpeg:DASH:schema:MPD:2011"
  xsi:schemaLocation="urn:mpeg:DASH:schema:MPD:2011"
  type="static"
  mediaPresentationDuration="PT6158S"
  availabilityStartTime="2014-03-19T06:16:42"
  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="avc1.4D401Fmp4a"
      frameRate="24000/1001"
      segmentAlignment="true">
      <BaseURL>contents</BaseURL>
      <SegmentTemplate
        media="$RepresentationID$_$Number%05$.ts"
        initialisation="$RepresentationID$_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 8. 3D 부가영상 전송을 위한 MPD 표현

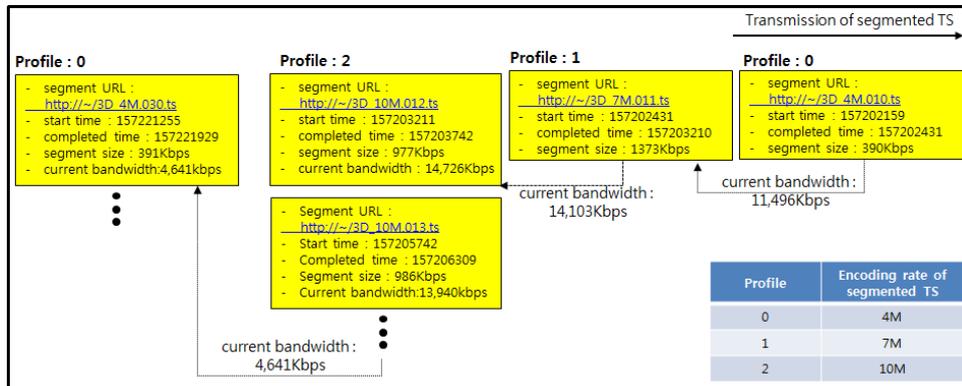
Fig.8. MPD representation for transmission of 3D additional video

각 인코딩 비트레이트 별 세그먼트 TS 파일과 MPD 파일을 DASH 서버의 디렉토리에 저장하도록 하였다.

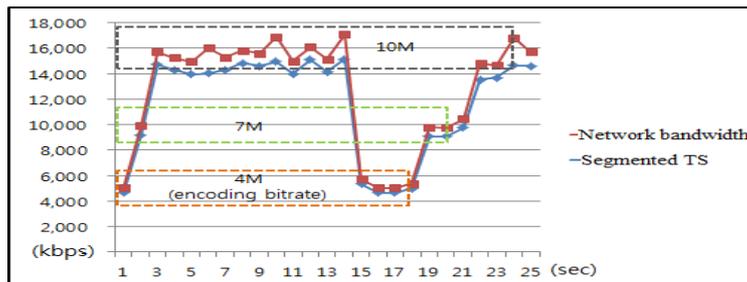
그림 8은 3D 부가영상을 전송하기 위하여 적용된 MPD 속성을 나타낸 것으로, MPD 파일은 MPD 루트 엘리먼트, period 엘리먼트, adaptationSet 엘리먼트 및 representation 엘리먼트 내 각각 baseURL 엘리먼트를 정의하고 있으며 4M, 7M 및 10Mbps로 압축된 3D 부가영상의 각 세그먼트 TS를 IP망 상황에 적응적으로 전송하기 위한 표현(repre-

sentation)을 포함한다. 본 실험에서는 초기 버퍼링을 위하여 'minBufferTime=1.4sec'로 설정하였으며 representation 엘리먼트에 정의된 'bandwidth' 값에 따라 해당되는 비트 수 만큼 수신된 이후에 스트림을 재생하도록 하였다. 또한 on-demand서비스로 'static' 타입을 설정하였으며 MPEG DASH 표준의 TS main profile을 통하여 3D 부가영상이 전송되도록 하였다.

그림 9(a)는 다양한 네트워크 환경에서 망 적응적 세그먼트



(a)



(b)



(c)

그림 9. 망 적응적 세그먼트 TS 스위칭 및 개발 검증시스템  
 Fig. 9. Network adaptive segmented TS switching and verification system

트 TS 스위칭 결과를 나타낸다. 네트워크 상황은 랜덤하게 가변되도록 하였으며, 이를 토대로 MPD 매니저의 요청에 의해 전송되는 세그먼트 TS 파일을 분석한 것이다. 'segment URL'은 다양한 비트레이트로 저장된 세그먼트 TS 경로, 'start time' 및 'complete time'은 MPD 매니저로부터 요청된 관련 세그먼트 TS 시작/종료시간, 'segment size'은 각각의 세그먼트 TS 크기, 'current bandwidth'는 현재 네트워크 대역폭을 나타낸다. 프로파일(profile)은 네트워크 상황에 따라 스위칭되는 세그먼트 TS의 3D 부가영상에 대한 인코딩 비트레이트를 나타낸 것으로 DASH 서버는 초기 세그먼트 전송 후 현재 네트워크 상황에 따라 4M로 부호화된 세그먼트 TS를 전송한다. 이후 네트워크 상황이 약 11Mbps로 좋아짐에 따라 서버는 7M로 부호화된 세그먼트 TS를 전송하며 네트워크 상황이 약 14Mbps로 향상된 경우 10M로 부호화된 세그먼트 TS를 전송한다. 이와 반대로 네트워크 상황이 약 4Mbps로 떨어지는 경우 다시 4M로 부호화된 세그먼트 TS를 전송함으로써 망 적응적 스트림을 안정적으로 전송하게 된다. 이때, 전송되는 각각의 세그먼트 TS는 GOP 단위의 스트림을 포함하며 1초의 지속시간(duration)을 통하여 망 상황에 따라 비트율이 달라지더라도 연속적인 세그먼트 TS 번호를 유지하며 전송된다. 그림 9(b)는 시간에 따라 가변하는 네트워크 대역폭에서 3D 부가영상에 대한 세그먼트 TS 파일의 전송 흐름을 나타낸다. 그림에 나타나듯이, 대역폭 변화에 따라 각 비트레이트별로 인코딩된 세그먼트 TS 파일이 실시간으로 스위칭 전송되고 있음을 알 수 있다. 그림 9(c)는 본 논문에서 제안한 기술을 검증하기 위한 구현된 이종망 연동형 3DTV 방송시스템으로 안정적인 3D 비디오 방송서비스 및 기존 DTV와의 역호환성을 나타낸다. 상기 실험결과를 토대로 본 논문에서 제안한 시그널링, 동기화 방법 및 시스템 타겟 디코더 모델은 현재 진행 중인 ATSC 하이브리드 3DTV 국제표준 기술로서의 가능성을 확인하였다. 또한 다양한 인코딩 비트레이트를 가진 3D 부가영상 스트림이 네트워크 상황에 따라 스위칭 되어 전송되더라도 실험조건 하에서는 MOS (Mean Opinion Score)기반의 주관적 3D 영상화질<sup>[21]</sup>이 큰 변화 없음을 확인하였다.

## V. 결 론

전 세계적으로 스마트 TV가 대중화됨에 따라 하이브리드 망 환경 하에서 다양한 방송서비스를 제공하기 위한 노력이 가속화 되고 있다. 이를 반영하듯 FoBTV(Future of Broadcast Television) 및 ATSC 등은 하이브리드망을 기반으로 시청자에게 보다 실감 있는 서비스를 제공하기 위한 표준화가 진행 중에 있으며, 그 가운데 3D 비디오 방송서비스는 핵심 요구사항 중 하나로 포함되고 있다. 본 논문에서는 이종망 융합형 3D 비디오 방송서비스를 제공하기 위한 시그널링, 동기화, 시스템 타겟 디코더 모델 등 핵심기술을 제안하였다. 실험결과, 제안한 기술은 기존 DTV 화질열화 없이 Full HD 3D화질을 제공함과 동시에 현재 ATSC에서 진행 중인 하이브리드 3DTV 표준에 적용 가능함을 확인하였다. 또한 개발된 검증시스템은 이종망 환경 하에서 다양한 실감 융합형 서비스를 개발하기 위한 참고모델로 사용될 예정이며, 향후 실시간 하이브리드 3DTV 방송서비스를 위한 시스템 타겟 디코더 모델 및 성능 분석 등 핵심기술에 대한 연구를 지속적으로 수행 할 예정이다.

## 참 고 문 헌 (References)

- [1] J.Yoo, "ICT Expert Interview," TTA Journal, vol.140, pp.29-33, 03/04 2012.
- [2] "ICT Standardization Strategy," TTA, Ver.2014.
- [3] J.Lee, K.Kim, "Design of 3D Video Delivery Format for HTTP Adaptive Streaming Service," JBE Vol. 17, No. 4, pp.584-595, 2012.
- [4] ATSC Standard A/104:2012:3D-TV Terrestrial Broadcasting, Part 2 - Service Compatible Hybrid Coding Using Real-Time Delivery.
- [5] DVB:HDTV Service Compatible Plano-stereoscopic 3DTV, DVB Doc. A154-3, July 2012.
- [6] TTA, TTAK.KO-07.0100/R1, "Transmission and Reception for Terrestrial 3DTV Broadcasting - Part 1: Legacy Channel," 2013.
- [7] A/104 Part 3: ATSC Candidate Standard - 3D-TV Terrestrial Broadcasting, Frame Compatible Coding Using Real-Time Delivery.
- [8] H.Kwon, K.Yun, W.Cheong, "Program Associated 3D Non-Real-Time Service Platform based on Terrestrial DTV," ICCE 2012, pp.596-597, 2012.
- [9] K.Yun, J.Lee, W.Cheong, N.Hur, "Technology Trend of Terrestrial 3DTV Broadcasting Service in Domestic," Magazine of the IEEK, pp.18-25, march 2013.
- [10] G.Lee, K.Jung, W.Cheong, N.Hur, K.Pyo, "Development of High-definition 3DTV Experimental System based on Dual Stream Method," JBE Vol. 16, No. 3, pp 471-481, 2011.

- [11] ISO/IEC 13818-2 "Information technology-Generic coding of moving pictures and associated audio information - Part 2:Vide0,"2013.
- [12] ISO/IEC 14496-10 "Information technology-coding of audio-visual objects: part 10 Advanced Video Coding," 2012.
- [13] ISO/IEC 23009-1 :2012 "Dynamic Adaptive Streaming over HTTP," 2012.
- [14] ISO/IEC 13818-1:2013 "Generic coding of moving picture and associated audio information - part 1:Systems," 2013.
- [15] TTA, TTAK.KO-07.0092, "Transmission and Reception for Digital Cable 3D Broadcasting," 2011.
- [16] Byungsun Kim et al, "World's First Hybrid 3DTV Broadcasting Experiment," BMSB, IEEE International Symposium, June 2012.
- [17] ATSC Candidate standard A/104 Part 1 : 2014 - Working Draft : 3DTV Terrestrial Broadcasting Part 1.
- [18] TTA, TTAK.KO-07.0014/R4, "Transmission and Reception for Terrestrial DTV," 2012.
- [19] <http://tomcat.apache.org>.
- [20] RFC 2616: Hypertext Transfer Protocol - HTTP/1.1, June 1999.
- [21] TTAK.KO-07.0090E, "Technical Specification of Stereoscopic Video over MPEG-2 TS for 3DTV Service," 2011.

---

저 자 소 개



윤 국 진

- 1999년 2월 : 전북대학교 공학사
- 2001년 2월 : 전북대학교 공학석사
- 2011년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 박사과정
- 2001년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 입체방송연구실 선임연구원
- 주관심분야 : 실감방송, MMT, DASH, FTV



정 원 식

- 1992년 2월 : 경북대학교 공학사
- 1994년 2월 : 경북대학교 공학석사
- 2000년 2월 : 경북대학교 공학박사
- 2000년 5월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 입체방송연구실 책임연구원
- 주관심분야 : 실감방송, 모바일 방송, 영상처리 및 압축, MPEG 등



이 진 영

- 1998년 5월 : Michigan State Univ 공학사
- 1992년 12월 : Michigan State Univ 공학석사
- 2008년 12월 : Michigan State Univ 공학박사
- 2004년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 입체방송연구실 선임연구원
- 주관심분야 : 디지털통신/방송시스템, 3DTV, MMT



김 규 현

- 1989년 2월 : 한양대학교 전자공학과 공학사
- 1992년 9월 : 영국 University of Newcastle upon Tyne 공학석사
- 1996년 7월 : 영국 University of Newcastle upon Tyne 공학박사
- 1996년 ~ 1997년 : 영국 University of Sheffield, Research Fellow
- 1997년 ~ 2006년 : 한국전자통신연구원 대화형미디어연구팀장
- 2006년 ~ 현재 : 경희대학교 전자정보대학 교수
- 주관심분야 : 영상처리, 멀티미디어통신, 디지털 방송, 3DTV, MMT