

# UHDTV 표준적합 및 에러 처리 검증을 위한 비디오 시험 스트림 생성 연구

김재일, 배성포, 양진영, 권동현  
한국정보통신기술협회  
Jaeil0130@tta.or.kr

## A Study on Video Compliance and Error Test Streams for UHDTV Standard

Jaeil Kim, Sungpo Bae, Jinyoung Yang, Donghyun Kwon  
Telecommunications Technology Association

### 요 약

본 논문에서는 4K UHD(Ultra High Definition) 방송 수신기의 비디오 표준적합 및 에러 처리 평가를 위한 비디오 시험 스트림을 제안한다. 표준적합 시험 스트림은 4K UHD 방송 수신기의 비디오 압축 표준인 HEVC/H.265 의 표준 적합 여부를 판단하기 위해 사용이 가능하며, 에러 처리 평가 스트림은 비디오 스트림 내에 에러가 발생하였을 때 수신기가 에러를 처리하는 방식을 검증하기 위하여 사용 가능하다.

### 1. 서론

최근 유료 방송사인 케이블 방송과 IPTV, 위성 방송은 적게는 하나의 채널에서 많게는 세 개의 UHD 방송 서비스를 제공하고 있다. 뿐만 아니라 지상파 방송사는 최근 700MHz 대역 주파수를 일부 할당 받고 UHD 시험 방송을 하고 있으며, UHD 방송을 위한 준비를 하고 있다. UHD 방송 서비스는 더욱더 확대될 것으로 생각되며 이러한 발전은 UHD 방송의 비디오 압축 표준인 HEVC/H.265 [1] (이하 HEVC) 의 표준 기술 개발 및 방송 수신기의 상용화에 따른 결과이다.

방송 수신기는 비디오 압축 표준의 프로파일과 레벨에 맞는 범위 내에서 표준 적합한 어떠한 스트림이라도 처리가 가능해야 하며 이를 시험하는 것은 매우 중요하다. 여기서, 비디오 압축의 표준 적합 여부는 UHD 방송 수신기의 비디오 압축 표준인 HEVC 표준 문서 [1] 에 해당 방송 스트림이 적합한지에 따라 결정된다. 또한, 방송의 송수신 환경 조건에 의하여 수신기에 입력되는 스트림에 에러가 발생할 수 있다. 이러한 에러가 발생하더라도 수신기는 에러를 처리하면서 에러가 발생하지 않는 부분부터 재생이 가능해야 하며 이를 시험하는 것이 필요하다.

현재 국제 표준화 단체 및 다양한 업체에서 수신기의 표준적합 및 에러 처리 검증 시험 스트림이 개발되어 있다. HEVC 를 표준화한 JCTVC (Joint Collaboration Team Video Coding) 에서는 표준적합성 검증을 위한 시험 스트림을 표준 적합 검증을 위해 개발하여 배포하고 있다 [2]. Allegro 에서는 DTV (Digital Television) 테스트를 위한 수신기 시험 스트림을 판매하고 있으며, 표준적합, 에러, 스트레스 시험 스트림으로 구성된다 [3]. Intel 에서는 수신기의 시험 스트림을 생성하기 위한 The Intel® Stress Bitstreams and Encoder 2015 (Intel® SBE) 를 개발하여 판매하고 있으며, 표준적합 및 에러, 스트레스 상황에 맞는 시험 스트림을 생성하여 방송 수신기의

개발에 이용 가능하다 [4]. 이외에도 Agron Design [5], Sarnoff [6] 등에서도 시험 스트림을 개발하여 판매하고 있다.

이러한 다양한 시험 스트림에도 불구하고 국내 IPTV, 케이블 및 위성 방송의 UHD 방송에 대한 표준을 고려하여 스트림이 개발되지 않았다 [7] [8]. 따라서, 국내 UHD 방송 표준에 맞는 수신기 검증을 위한 시험 스트림을 개발하는 것이 필요하며, 국내 중소기업의 UHD 방송 수신기 개발 시 기능 및 성능을 시험할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 이를 위하여 한국정보통신기술협회에서는 국내 UHD 방송 수신기를 검증하기 위한 UHD 방송 시험 스트림을 개발 중에 있으며 비디오, 오디오, 폐쇄자막, 방송 서비스/시스템 정보 등의 항목 시험이 가능하도록 구성할 예정이다. 본 논문에서는 UHD 방송 시험 스트림의 다양한 항목 중, UHD 방송 스트림내 가장 많은 비중을 차지하는 비디오 시험 스트림을 제안한다. 비디오 시험 스트림은 MPEG-2 TS 형태로 캡슐화 되어 방송 스트림 형태로 생성되며, 비디오 ES (Elementary Stream) 및 오디오 ES, 폐쇄자막, 방송 서비스/시스템 정보를 포함한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 제안하는 비디오 시험 스트림에 대하여 설명하고, 3 절에서는 이러한 스트림을 검증하기 위한 환경 및 검증 결과를 제시한다. 마지막으로 4 절에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

### 2. 비디오 시험 스트림

본 논문에서 개발된 비디오 시험 스트림은 표준적합 시험 스트림과 에러 시험 스트림으로 구성되며, 개발 항목과 해당 스트림의 수는 표 1 과 같다. 비디오 시험 스트림의 항목을 구성하기 위하여 표준적합 시험 스트림은 HEVC 표준 적합 시험 스트림 항목을 참고하였으며, 에러 시험 스트림은 Allegro 및 Intel, Agron Desing, Sarnoff 사의 HEVC ES 에러 시험 스트림 항목을 참고하여 구성하였다.

표 1. 표준적합 및 에러 시험 스트림의 분류

스트림의 분류		개수
표준 적합 시험 스트림	Intra prediction - CIP	1
	Inter prediction - TMVP (Temporal MVP)	1
	Transform and quantization - variable QP	3
	Transform and quantization - Scaling List	2
	CABAC - CABAC Initialization	1
	CABAC - sign data hiding	1
	Parallel processing tool - WPP	1
	High level syntax - pic_output_flag	1
	High level syntax - cropping window	1
	High level syntax - slice type	1
	High level syntax - slice segment	1
High level syntax - temporal sublayer	1	
에러 시험 스트림	Corrupted - PPS ID	2
	Corrupted - slice segment address	1
	Corrupted - slice type	2
	Corrupted - slice end	1
	OOR - MaxSliceSegmentPerPicture	1
	OOR - tile	2
	OOR - deblocking filter	2
	OOR - variable QP	6
OOR - coeff_abs_level_remaining	2	

가. 표준적합 시험 스트림

표준적합 시험 스트림은 HEVC 비디오 표준의 적합성을 시험하기 위한 스트림이다. 따라서 수신기는 제작된 스트림을 반드시 에러 없이 파일을 읽어 복호화 할 수 있어야 하며, 시각적 에러(화면 깨짐)가 발생해서는 안 된다. 표준 적합 시험 스트림은 PPS(Picture Parameter Set)와 슬라이스 헤더내 부호화 톨의 on/off 플래그(flag) 및 파라미터 시험 스트림으로 구성된다.

부호화 톨의 on/off 플래그 시험 스트림은 비디오 시험 스트림의 PPS 와 슬라이스 헤더 내에 부호화 톨의 on/off 가 가능한 플래그를 0 또는 1 로 임의적으로 설정하여 생성한다. 예를 들어, 화면간 예측에서 움직임 벡터(motion vector)의 MVP (Motion Vector Prediction)를 생성하기 위하여 기존의 H.264/AVC 에서는 공간적 움직임 벡터를 이용하는 방법만을 이용하였으나 HEVC 에서는 공간적 예측뿐만 아니라 시간적 예측 수행이 가능하다. 이 방법을 TMVP (Temporal MVP)라 하며, 슬라이스 헤더 내에 slice\_temporal\_mvp\_enabled\_flag 플래그를 통하여 슬라이스 단위로 on/off 가 가능하다. 따라서, 슬라이스 헤더 단위로 slice\_temporal\_mvp\_enabled\_flag 를 0 또는 1 로 임의로 설정하여 TMVP 의 표준 적합을 검증하기 위한 시험 스트림 생성이 가능하다.

부호화 톨의 파라미터 시험 스트림은 비디오 시험 스트림의 PPS 와 슬라이스 헤더내에 파라미터 값을 임의적으로 설정하여 스트림을 생성한다. 예를 들어, HEVC 에서 각 화면은 하나 이상의 슬라이스로 구성이 가능하며, 각 슬라이스의 타입은 I, P 또는 B 슬라이스 타입중 하나로 설정이 가능하다. 따라서, 한 화면을 불규칙한 형태 및 크기의 연속되는 여러 슬라이스로 구성하고, 슬라이스 타입을 임의적으로 설정하여 슬라이스 타입의 표준 적합을 검증하기 위한 시험 스트림 생성이 가능하다.

나. 에러 시험 스트림

방송의 송수신 환경 조건에 의하여 스트림이 손실 되거나 스트림 데이터가 변경 되는 두 가지 방송 스트림 에러가 발생할 수 있다. 방송 스트림이 손실되는 경우 기본적으로 수신기는 IDR(Instantaneous Decoding Refresh) 또는 CRA (Clean Random Access) 화면부터 복호화를 수행할 수 있기 때문에 시험 스트림을 생성할 필요가 없다. 하지만, 방송 스트림 데이터가 변경 되는 경우, 에러 처리를 통하여 수신기는 최대한 화면 출력이 가능하므로 데이터 변경에 대한 에러 처리 시험 스트림이 필요하다. 따라서, 본 논문에는 데이터의 변경 에러가 발생하였을 때 수신기가 에러를 처리하면서 재생이 가능한지 수신기를 시험하기 위하여 에러 시험 스트림 항목을 구성한다.

제작된 에러 시험 스트림은 임의 접근 (Random Access) 구조로 0.5 초마다 IDR 또는 CRA 화면이 삽입된다. 에러 화면은 IDR 또는 CRA 화면 사이에 임의로 삽입하고, 에러가 삽입된 화면 이후로 다음 IDR 또는 CRA 화면이 복호화 될 때까지 시각적 에러가 보일 수 있으며, 다음 IDR 또는 CRA 화면 이후로는 시각적 에러가 발생해서는 안 된다. 결국, 에러 스트림은 처음부터 마지막까지 재생해야 하며, 0.5 초마다 삽입된 IDR 또는 CRA 화면으로 인하여 화면에 깨짐이 0.5 초 이상 지속되면 안 된다.

에러 시험 스트림은 데이터 변경 에러가 발생하는 방법에 따라 범위내 훼손 (corrupted)과 허용범위초과 (OOR: Out Of Range) 에러 시험 스트림으로 구성된다. 범위내 훼손 에러 시험 스트림은 PPS ID 나 슬라이스 세그먼트, 슬라이스 타입 등의 선택스에 원래 부호화 된 값이 허용된 범위내 잘못된 값으로 변경되는 경우 수신기의 에러 처리를 시험하기 위해 사용 가능하다. 예를 들어 슬라이스 타입의 경우 B, P, I 슬라이스 타입을 저장하는 선택스 slice\_type 이 0, 1, 2 로 설정되도록 되어있다. 만약, slice\_type 이 0 인 B 슬라이스로 부호화가 되었는데, 전송 에러로 인하여 slice\_type 이 1 이나 2 로 허용된 범위내 잘못된 값으로 변경되는 에러가 발생할 수 있다. 따라서, slice\_type 이 허용된 범위내 잘못된 값으로 변경되었을 때 수신기의 에러 처리 동작을 확인하기 위한 슬라이스 타입의 에러 범위내 훼손 시험 스트림 생성이 가능하다.

또한, 허용범위 초과 에러 시험 스트림은 HEVC 표준문서에서 지정한 선택스의 범위를 넘어서는 에러가 발생한 경우 수신기의 에러 처리를 시험하기 위해 사용 가능하다. 예를 들어 slice\_type 의 예에서 HEVC 표준문서에 slice\_type 는 [0, 2]의 값만을 갖도록 제한되어 있는데, -1 이나 3 의 값이 변경되는 에러가 발생할 수 있다. 따라서, slice\_type 을 [0, 2] 이외의 값으로 설정된 경우 수신기의 에러 처리 동작을 확인하기 위해 슬라이스 타입의 허용범위 초과 에러 시험 스트림 생성이 가능하다.

3. 실험 결과

시험 스트림은 비디오 ES 및 오디오 ES 를 입력으로 TS (Transport Stream) MUX 를 통해 TS 파일로 생성한다. 비디오 ES 를 생성하기 위하여 HEVC 의 참조 소프트웨어인 HM (버전 16.5)[9] 또는 x265[10]를 이용한다. 오디오 ES 는 wave 파일을 이용하여 AC-3 변환기로 생성한다. 최종적인 TS 파일을 생성하기 위하여 카이미디어의 KAI Mux

소프트웨어를 이용한다.

개발된 시험 스트림 검증은 ES 및 TS 단위의 검증을 수행한다. ES 단위의 검증은 HM 복호화기 및 Tektronix 사의 MTS4EA 상용 비트스트림 검증기를 이용한다. HM 복호화기의 경우 생성된 스트림이 제대로 생성되었는지 확인하고, 상용 비트스트림 검증기의 경우 해당 스트림의 시험하고자 하는 섹스가 제대로 삽입되었는지 확인하여 검증한다.

TS 단위의 검증은 소프트웨어 또는 하드웨어 장비를 이용하여 검증한다. 소프트웨어는 HEVC 및 AC-3 플레이가 가능한 카이미디어의 MPEG 비디오 player, VLC player, Elecard player 를 이용한다. 하드웨어 장비의 경우 Lumantek 사의 Ventus 2.0 을 이용하여 DVB-T2 형태로 RF 를 KBS2 시험방송 주파수인 785MHz 로 UHDTV 에 입력하고, UHDTV 의 화면 재생을 통해 확인한다. UHDTV 는 UHD 시험 방송 키트를 연결한 LG 사의 65LA9700 모델을 이용하였다.

실험 결과 표준적합 시험 스트림과 에러 시험 스트림이 요구사항대로 구현되었음을 확인하였으며, 그림 1 및 그림 2 와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 그림 1 및 그림 2 는 표준적합 시험 스트림과 에러 시험 스트림의 한 예이며, Elecard player 를 캡처한 결과이다. 하지만, PPS 또는 슬라이스 단위로 부호화 틀이 바뀌고 30 fps (frame per second) 이상인 경우 대부분의 수신기 및 재생기에서 시간 지연 현상이 발생하였다.

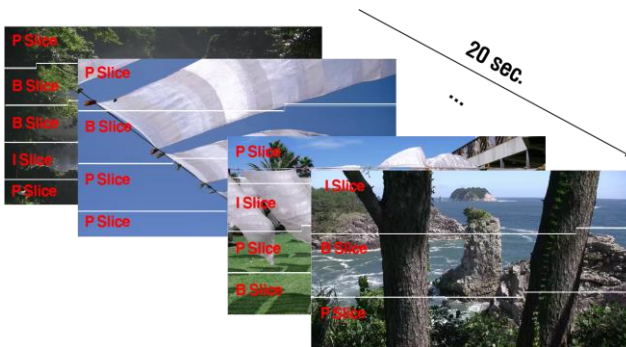


그림 1. 표준적합 시험 스트림 재생 결과 - 슬라이스 타입

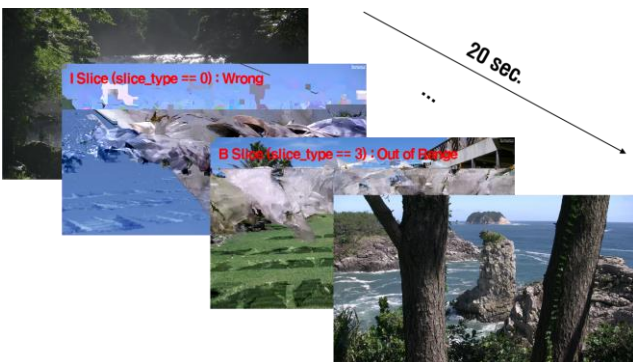


그림 2. 에러 시험 스트림 재생 결과 - 슬라이스 타입 에러

#### 4. 결론

유료 방송인 IPTV 와 케이블, 위성방송의 본격적인 UHD 방송 서비스 및 700MHz 의 지상파 주파수 배정으로 UHD 방송 서비스는 본격적으로 확산될 것이다. 이에 UHD 방송 서비스의 성공적인 정착을 위하여 수신기의 표준적합 및 에러

처리 검증이 확보되어야 하며 이를 위한 시험 스트림 개발은 매우 중요하다.

본 논문은 4K UHD 방송의 여러 시험 항목 중 비디오 방송 스트림의 표준적합 시험과 에러 시험 스트림을 중심으로 기술하였다. 표준적합 시험 스트림의 경우 방송 수신기의 비디오 압축 표준 적합성을 검증하는데 이용이 가능하며, 에러 시험 스트림의 경우 입력 스트림에 에러가 발생한 경우 수신기가 에러를 처리하는 방식을 확인하는데 이용 가능하다. 향후, 비디오뿐만 아니라 오디오 및 시스템 정보 등 다양한 요구사항들에 대한 4K UHD 방송 시험 스트림을 개발할 계획이다.

#### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [B0101-15-1354, 4K UHD 방송 시험장비 및 품질평가 기술 개발]

#### 참고 문헌

- [1] ISO/IEC 23008-2 / ITU-T H.265, Information technology - High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments - Part 2: High efficiency video coding
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N14242, "Preliminary Draft of ISO/IEC DIS 23008-8 HEVC conformance," 2014
- [3] <http://www.allegrodvt.com/>
- [4] <https://software.intel.com/en-us/intel-stress-bitstreams-and-encoder>
- [5] <http://www.argondesign.com/products/argon-streams-hevc/>
- [6] <http://www.sri.com/engage/products-solutions/sarnoff-bitstreams-decoder-tests>
- [7] TTA.KO-07.0122, "초고화질(UHD) 디지털 위성방송 송수신정합," 2013
- [8] TTA.KO-07.0115, "디지털 케이블 UHDTV 방송 송수신 정합," 2013
- [9] [http://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn\\_HEVCSoftware](http://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HEVCSoftware)
- [10] <http://x265.org/>