

비디오 슬라이스 에러 처리 검증을 위한 UHD 수신기 시험 스트림 제작 연구

김재일, 배성포, 양진영, 권동현
한국정보통신기술협회
jaeil0130@tta.or.kr

Error Slice Stream Generation for UHD Broadcasting Standard

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

요 약

본 논문에서는 UHD (Ultra High Definition) 방송의 비디오 표준인 HEVC 에서 슬라이스 에러가 발생하는 시나리오에 대한 UHD 방송 시험 스트림을 제안한다. 제안 스트림은 개발한 여러 슬라이스 에러 스트림 항목 중 슬라이스 경계를 정의한 slice_segment_address, end_of_slice_segment_flag 선택스의 에러 시나리오에 따라 제작하였으며, 제작된 스트림을 현재 판매되고 있는 UHD 수신기에 재생하여 결과를 확인하였다.

1. 서론

최근 국내 케이블 방송을 비롯한 IPTV(Internet Protocol TV), 위성 방송사들은 UHD 콘텐츠를 서비스모델로 내세워 사업화를 진행하고 있으며, UHD 지상파 방송사들도 700 MHz 대역의 주파수를 할당받아, 2017 년부터 UHD 방송 서비스를 시작하기 위하여 준비하고 있다. 뿐만 아니라 Netflix, Amazon, Comcast 등의 북미 OTT(Over The Top) 서비스 업체들은 UHD 콘텐츠를 프리미엄 서비스 모델로 내세워 사업화하고 있거나 준비하고 있다. 이러한 국내외 방송 사업자 및 서비스 사업자들의 노력은 비디오 압축 표준인 HEVC[1] (High Efficiency Video Coding)의 개발이 큰 역할을 하고 있는 것으로 보인다.

HEVC 비디오 압축 표준은 ISO/IEC MPEG (Moving Picture Experts Group)과 ITU-T VCEG (Video Coding Experts Group)의 JCT-VC (Joint Collaboration Team on Video Coding) 회의에서 공동으로 개발한 차세대 비디오 압축 표준이다. H.264/AVC(Advance Video Coding)가 MPEG-2 Video 압축 표준과 동등 화질 대비 절반 이하의 비트레이트로 전송 가능한 것과 마찬가지로 HEVC 는 H.264/AVC 와 비교하여 동일 화질 대비 절반의 비트레이트로 전송 가능하다[2, 3]. HEVC 의 경우 같은 화질로 MPEG-2 대비 1/4 전송 대역만을 차지하기 때문에 현재 지상파 DTV 의 비디오 압축 표준인 MPEG-2 Video 를 HEVC 로 대체하는 경우 HD(1920×1080)에서 4K UHD(3840×2160) 로 대체할 수 있을 것으로 고려되고 있다. 또한, HEVC 의 표준 스펙에 따라 부호화기의 압축 성능을 개선 가능하도록 다양한 부호화 모드를 지원하기 때문에 부호화기의 발전에 따라 앞으로 추가적인 화질 개선 고화질 비디오 데이터를 전송할 수 있을 것으로 보여진다.

하지만, 이러한 HEVC 비디오 압축 표준의 확산을 위해서는 압축 성능 뿐만 아니라 다양한 에러 시나리오에 대한

테스트가 필요하다. 왜냐면, 송수신시 전송 환경변화에 의하여 스트림 데이터가 손상 되거나 변경되는 에러가 발생하는 경우 수신기는 시청자가 최소한의 화질 왜곡만을 인지하도록 에러를 복원하여 재생해야 하고, 최소한 수신기가 정지되어서는 안되기 때문이다. 이를 위하여, 본 논문에는 구성 가능한 다양한 에러 시험 스트림 중 슬라이스 경계관련 에러 시나리오를 설계하고 시험 스트림 제작 방법을 제안한다.

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

2. 비디오 슬라이스 에러 시험 스트림

HEVC 비디오 표준은 복호화기 관점에서 입력 비디오에 대하여 독립적인 복호화가 가능한 CVS (Coded Video Sequence) 단위로 나뉘어 복호화를 수행하며, 각 CVS 단위로 임의 접근이 가능한 IRAP¹가 하나씩 포함되어 있다. 따라서, 제작된 슬라이스 에러 시험 스트림은 임의 접근 (Random Access) 구조로 CVS 마다 IRAP 를 삽입하고, 임의의 CVS 에 슬라이스 에러를 삽입한다. 에러가 삽입된 화면 이후로 IRAP 이 복호화 될 때까지 시각적 에러가 보일 수 있으며, 다음 IRAP 이후로는 시각적 에러가 발생해서는 안 된다. 결국, 슬라이스 에러 스트림은 처음부터 마지막까지 매끄럽게 재생해야 하며, 화면 깨짐이 CVS 단위 이상 지속되면 안 된다.

¹ H.264/AVC 의 IDR (Instantaneous Decoding Refresh) 화면을 HEVC 에서는 IDR(Instantaneous Decoding Refresh), CRA (Clean Random Access), BLA(Broken Link Access) 화면을 포함하여 IRAP(Intra Random Access Picture)로 정의한다.

가. HEVC 슬라이스 경계 설정 구조

HEVC 의 한 CVS 는 여러 개의 화면으로, 각 화면은 여러 개의 슬라이스 세그먼트(이하 슬라이스)로 구성되며, 슬라이스는 반드시 하나 이상의 CTU (Coding Tree Unit)를 포함한다[1]. 이때, 슬라이스의 경계를 전송하기 위하여 HEVC 표준 스펙에서는 slice_segment_address 및 end_of_slice_segment_flag 신택스를 사용하며, 표 1 과 2 의 슬라이스 세그먼트 헤더(이하 슬라이스 헤더)와 슬라이스 세그먼트 데이터(이하 슬라이스 데이터) 신택스에 정의되어 있다.

표 1 의 슬라이스 헤더에는 슬라이스 단위 설정 신택스를 정의하며, 슬라이스 헤더의 slice_segment_address 신택스는 슬라이스의 경계 분할 정보(raster 스캔 순서로 해당 슬라이스의 시작 CTU 주소)를 저장한다. 만약, 하나의 화면이 여러 개의 슬라이스로 구성되고 첫 번째 슬라이스가 아닌 경우(first_slice_segment_in_pic_flag 가 0 인 경우), 두 번째 슬라이스부터 slice_segment_address 의 데이터를 저장한다.

또한, 표 2 의 슬라이스 데이터에서 CTU 부호화가 끝난 이후 슬라이스의 마지막 CTU 여부를 전송하기 위하여 end_of_slice_segment_flag 신택스를 이용한다. end_of_slice_segment_flag 신택스의 값이 1 인 경우 마지막 CTU 로 해당 슬라이스의 복호화가 끝나게 되며, 0 인 경우 이어서 다음 CTU 를 동일 슬라이스로 복호화하게 된다.

결국, HEVC 표준에 따라, 슬라이스 경계 정보를 전송하는 slice_segment_address 및 end_of_slice_segment_flag 는 에러가 발생했을 때 에러 복원 관점에서 서로 보완하여 에러 복원 처리가 가능하다. 따라서, 본 논문에서는 각 신택스의 에러 시나리오에 따라 가능한 에러 상황을 제시하고, 이를 시험하기 위한 스트림 제작 방법을 제안한다.

표 1. 슬라이스 헤더 신택스 정의

| |
|--|
| slice_segment_header() { |
| first_slice_segment_in_pic_flag |
| if(nal_unit_type >= BLA_W_LP && nal_unit_type <= RSV_IRAP_VCL23) |
| no_output_of_prior_pics_flag |
| slice_pic_parameter_set_id |
| if(!first_slice_segment_in_pic_flag) { |
| if(dependent_slice_segments_enabled_flag) |
| dependent_slice_segment_flag |
| slice_segment_address |
| } |
| ... |

표 2. 슬라이스 데이터 신택스 정의

| |
|--|
| slice_segment_data() { |
| do { |
| coding_tree_unit() |
| end_of_slice_segment_flag |
| CtbAddrInTs++ |
| CtbAddrInRs=CtbAddrTsToRs[CtbAddrInTs] |
| ... |
| } while(!end_of_slice_segment_flag) |
| } |

나. HEVC 슬라이스 에러 스트림 시나리오 및 제작

slice_segment_address 신택스의 에러 시험 스트림은 입력되는 CTU 주소를 잘못된 값 또는 범위를 넘어가는 값으로 지정하여 스트림을 생성한다. 그림 1 의 예제에서 흰 선은 슬라이스 경계, 검은색 선은 각 CTU 의 경계를 표시할 때, 만약 에러가 없는 스트림인 경우 slice_segment_address 값은 두 번째 슬라이스에서는 9, 세번째 슬라이스에서는 18, 마지막 슬라이스에서는 27 의 값이 저장되어야 한다. 하지만, 에러 스트림은 잘못된 값 시나리오에 따라 에러를 삽입하기 위하여 두번째 슬라이스의 slice_segment_address 값을 9 가 아닌 임의의 값으로 설정하여 제작한다. 또한, 에러스트림은 범위가 넘어선 값 시나리오에 따라 에러를 삽입하기 위하여 마지막 슬라이스의 slice_segment_address 값 27 을 넘어선 임의의 값으로 설정하여 제작한다.

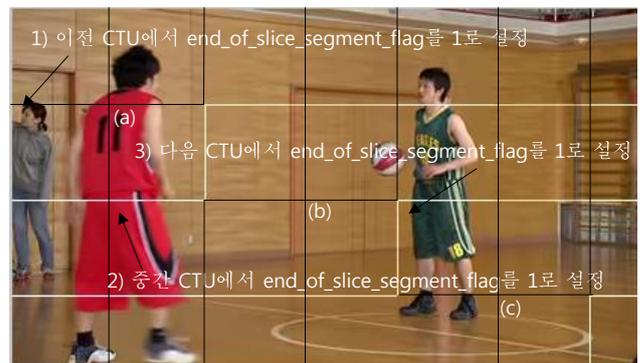


그림1. HEVC 슬라이스 에러 스트림 예

end_of_slice_segment_flag 신택스의 에러 스트림은 세가지 시나리오를 바탕으로 스트림을 제작한다. 그림 1 에서 슬라이스 에러가 없는 스트림의 경우 각 흰 선 경계에 있는 (a), (b), (c) CTU 의 경우에만 CTU 부호화 이후에 end_of_slice_segment_flag 를 1 로 설정해 주어야 한다. 하지만, 슬라이스 에러를 삽입하기 위하여 첫 번째 에러 시나리오는 1)에서 마지막 CTU 이전의 CTU 에서 신택스를 1 로 설정하고, (a) CTU 에서는 0 또는 1로 설정된 에러를 삽입 가능하며, 두 번째 에러 시나리오는 슬라이스의 중간 (b) CTU 에서 신택스 값을 1 로 설정하여 에러를 삽입 가능하다. 마지막 시나리오에서는 원래 (b)에서 신택스를 1 로 설정되어야 하지만 0 으로 설정하고, 다음 CTU 에서 신택스를 0 또는 1 로 설정하여 에러를 삽입 가능하다. end_of_slice_segment_flag 신택스와 관련되어 위와 같은 세가지 시나리오에 따라 에러를 삽입하여 슬라이스 에러 시험 스트림을 제작한다.

3. 실험 결과

슬라이스 에러 시험 스트림은 비디오 ES (Elementary Stream)를 입력으로 UHD 수신기 재생을 위하여 방송 재생 포맷인 MPEG-2 TS (Transport Stream)[4]으로 변환하여 스트림 제작 결과를 확인한다. 비디오 ES 스트림 생성은 JCTVC 회의에서 공동 개발한 HEVC 참조 소프트웨어 버전 16.5 [5]를 이용하였다. 생성된 비디오 ES 스트림은 카이미디어의 TS Mux 소프트웨어를 이용하여 TS 형태로

변환하였다. 개발된 시험 스트림의 재생 결과를 확인하기 위하여 UHD 방송 수신기 중 삼성전자의 UN55JS7200F 와 LG 전자 55UF7700 최신 UHDTV 를 사용하였다. UHDTV 의 재생 결과는 캡코더를 통해 촬영하여 웹하드에 공유해 놓았으며 [6], 그림 2 와 3 과 같이 에러가 재생된다.



그림 2. 슬라이스 에러 스트림 UHDTV 재생 결과 1



그림 3. 슬라이스 에러 스트림 UHDTV 재생 결과 2

슬라이스의 주소를 저장하는 slice_segment_address 에러 시험 스트림 확인 결과는 SliceAddress_TV_A.wmv 파일은 A²사, SliceAddress_TV_B.wmv 파일은 B 사의 UHDTV 재생 화면으로 에러 확인이 가능하다. A 사 재생 화면 결과를 보면 에러를 삽입한 스트림에도 불구하고 화면에러 없이 재생하는 것을 확인할 수 있는 반면, B 사의 화면 에러가 발생한다. 이를 통해 A 사의 UHDTV 에서는 에러를 복원하는 알고리즘이 UHDTV 에 개발되어 있는 것을 확인할 수 있다.

end_of_slice_segment_flag 와 관련된 3 개의 에러 시나리오에 대하여 A 사와 B 사의 재생화면 결과는 총 6 개의 영상 SliceEnd1/2/3_TV_A/B.wmv 를 통해 확인 가능하다. 모든 경우 화면 에러가 발생하나, 시나리오 2 에 대하여 B 사의 UHDTV 는 스트림을 매끄럽게 재생하지 못하며, 에러 강인성이 A 사의 결과가 더 좋게 나오는 것을 알 수 있다.

4. 결론

UHD 방송의 활성화는 방송장비 및 방송 서비스 산업의 도약 기회가 될 것으로 생각된다. 이를 위하여 국외 방송관련 업체뿐만 아니라 국내 방송관련 업체들도 방송 장비 및 서비스 모델을 개발하기 위해 노력하고 있으며, 그 중심이 되는 HEVC

기술 개발에 큰 노력을 기울이고 있다.

본 논문은 UHD 방송의 비디오 압축 표준인 HEVC 에서 슬라이스 에러가 발생하는 여러 시험 항목 중 slice_segment_address 및 end_of_slice_segment_flag 선택스 에러 시나리오를 중심으로 스트림 제작 방법을 기술하였다. 제안된 슬라이스 에러 시험 스트림의 경우 입력 스트림의 슬라이스 경계관련 선택스에 에러가 발생할 때, UHD 수신기가 에러를 처리하는 방식을 확인하고, 이를 개선하기 위한 알고리즘을 개발하는데 이용 가능하다. 현재 UHD 방송을 위한 표준에 대하여 비디오뿐만 아니라 오디오 및 시스템 정보 등 다양한 요구사항들에 대한 UHD 방송 시험 스트림을 개발하였으며, 향후 UHD 지상파 방송의 시스템 규격인 MMTP/ROUTE 시험 스트림도 추가해서 개발할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [B0101-16-1354, 4K UHD 방송 시험장비 및 품질평가 기술 개발]

참 고 문 헌

- [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] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjøntegaard, A. Luthra, “Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard,” IEEE Trans. on Circuits and Syst. for Video Technol., vol. 13, no. 7, Jul. 2003.
- [3] J. Ohm, G. J. Sullivan, H. Schwarz, T. K. Tan, and T. Wiegand, “Comparison of the coding efficiency of video coding standards—Including High Efficiency Video Coding (HEVC),” IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 22, no. 12, pp. 1669– 1684, Dec. 2012.
- [4] ISO/IEC 13818-1, FDAM3, “Information technology Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems”, 2013
- [5] http://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HEVCSoftware
- [6] <https://drive.google.com/open?id=0B70e1q5Zw0aiS25kv3RLTTJpZ3c>

² 두 업체간에 성능 차이가 발생하므로 직접적인 회사는 언급하지 않도록 한다 (A, B 임의로 설정).