

HEVC 기반 초고선명(4K-UHD) 비디오 시청품질 특성 분석

배성호¹⁾, 하광성¹⁾, 김문철¹⁾, 조숙희²⁾, 최진수²⁾한국과학기술원 전기 및 전자 공학과¹⁾한국전자통신연구원 방통융합미디어연구부 실감디디어연구팀²⁾shbae84@kaist.com, kwangsung.ha@lge.com, mkim@ee.kaist.ac.kr, shee@etri.re.kr,
jschoi@etri.re.kr

The analysis of characteristics of 4K-UHD Video Quality based on HEVC

Sung-Ho Bae, Kwang-Sung Ha, Kim, Munchurl, Sukhee Cho, Jin Soo Choi

Korea Advanced Institute of Science and Technology Department of Electrical Engineering¹⁾Electronics and Telecommunications Research Institute²⁾

요약

본 논문은 최근 수요와 관심이 급증하고 있는 초고선명 4K-UHD 영상의 방송TV 서비스 도입시에 영상의 시청환경 및 신호규격 선정의 가이드라인을 제공하는 것을 목표로 HEVC 코덱(HM5.0 참조 소프트웨어)으로 부/복호화 한 4K-UHD 영상에 대한 주관적 화질평가를 결과를 제시한다. ITU-R BT.500의 권고에 따라 DSIS 방법으로 실험 하였으며, 원본 영상 대비 목표 비트율(18, 23, 36 Mbps), 컬러 포맷(YUV444, YUV420), 시청거리(0.75H, 1.5H) 변화에 따른 주관적 화질 평가를 수행하였다. 실험결과 시청거리가 가깝고 비트율이 18Mbps 로 낮게 책정한 조건에서도 평균 의사 점수(MOS)는 4.65 로서 피 실험자들은 화질 차이를 거의 느끼지 못하는 것으로 나타났다. 또한 동일한 비트율 조건에서 컬러 포맷을 YUV444와 YUV420에 대한 비교 실험에서 각각 MOS 값은 4.71과 4.81로 측정 되었으며, 평가자들은 채도(Chrominance)의 해상도 보다 전체적인 PSNR이 높을수록 높은 MOS 값을 주었다. 이는 동일 비트율 대비 YUV444보다 YUV420의 컬러 포맷이 더 높은 주관적 화질을 가짐을 의미한다. 본 실험을 통해 HEVC 코덱을 사용하여 현재의 방송 대역폭 조건에 UHD 영상도 충분히 고품질로 전송 가능하며, 영상의 컬러 포맷은 YUV420가 YUV444 방식보다 동일 비트율 대비 더 높은 화질을 가질 것이라고 예상 할 수 있다.

1. 서론

UHD 해상도 콘텐츠가 보편적으로 확산되는 것이 향후 5년 안에 이루어지고 가정용 TV에도 적용될 것으로 보고 있다 [1-5]. 이러한 추세에 있어 현재 H.264/AVC 대비 50% 이상의 압축성능 향상을 목표로 개발하고 있는 차세대 비디오 코덱(High Efficiency Video Coding: HEVC)은 향후 UHD 비디오 부호화에 활발히 적용될 것으로 예상된다[6].

본 연구에서는 HEVC의 참조 소프트웨어(HM 5.0[9])를 사용하여 다양한 시·공간 복잡도 특성을 가지는 9개의 4K-UHD 영상에 대하여 18, 23, 36 Mbps의 목표 비트율 조건에서 0.75H/1.5H 시청거리, YUV 420/444 영상 포맷에 대해 20명의 피 실험자를 통하여 주관적 화질 평가를 수행한 결과를 제시한다. 참고로 본 논문은 4K-UHD 원 비디오에 대해 4K-UHD TV 서비스를 고려한 주관적 화질평가 실험을 수행한 이전의 연구 결과 [7]와 달리 HEVC (HM5.) 코덱을 이용한 압축 부호화 환경에서 목표비트율 대비 복원 영상에 대한 주관적 화










질평가 실험을 수행한 것이 다른 특징이다.

본 논문의 2장에서는 4K-UHD 비디오 시청환경 분석을 위한 주관적 화질평가 실험을 수행하였다. 3장에서는 주관적 화질 평가 실험 결과를 분석하고, 4장에서 결론을 맺는다.

2. 4K-UHD 비디오 시청환경 특성 분석을 위한 주관적 화질평가 실험 설정

본 연구에서는 KBS에서 제공한 추노 영상과 NHK에서 제공한 Four seasons 영상들을 주관적 화질평가 실험에 사용하였다. 추출된 영상은 영상의 공간적 텍스처의 복잡도와 움직임이 많고 적음에 따라 분류하였다. 영상의 공간적 복잡도를 정의하는 기준으로 MPEG-7의 Edge Histogram Descriptor를 이용하고, 영상의 움직임 정도는 16x16의 search range로 설정한 full search를 통하여 검출한 모션벡터의 평균크기로 정하였다. 공간적 복잡도를 SV(spatial variance), 움직임의 많고 적음을 TV(temporal variance)로 정의하여 복잡도의 크기에 따

표 1. 테스트 영상 선정 및 분류

	SV (Low)	SV (Middle)	SV (High)
TV (Low)	 Chuno_LL	 Chuno_LM	 Maple Tree
TV (Middle)	 Chuno_ML	 Chuno_MM	 JFestival
TV (High)	 Dam	 Chuno_MH	 Chuno_HH

라 low, middle, high의 세 단계로 구분하였다. 표 1은 시공간적 텍스처 복잡도 및 영상내의 움직임 양에 따라 분류된 주관적 화질 평가를 위한 실험 영상의 첫 프레임들 나타낸다.

본 논문에서는 지상파 및 케이블 방송 서비스와 향후 전송 기술의 고도화를 전제로 18, 23, 36 Mbps 3가지 목표 비트율에 대해 실제 4K-UHD 콘텐츠를 HM5.0 참조 소프트웨어를 이용하여 부호화 한 후 복원된 영상에 대해 주관적 화질 평가를 수행하였다. 선별한 9개의 시퀀스에 대해 목표 비트율 (18, 23, 36 Mbps)에 맞도록 QP값을 설정하여 부호화하였다. 부호화 옵션의 경우 기본적으로 HM5.0 참조소프트웨어를 high efficiency - random access(HE-R A) 모드로 설정하여 부호화 하였다. 그림 1은 목표 비트율에 실험 영상의 평균 PSNR(dB) 값을 나타내었다.

그림 1의 그래프를 보면, 목표 비트율이 낮을수록 PSNR 값이 당연히 감소하는 경향을 보였지만 실험에서 설정한 가장 낮은 비트율(18Mbps)임에도 불구하고 평균 PSNR 값은 38dB 이상으로 높게 나타났다.

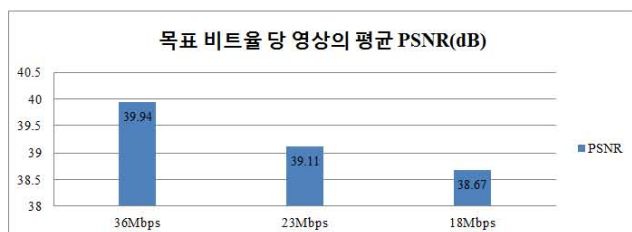


그림 1. 목표 비트율 별 영상의 평균 PSNR

본 연구에서는 주관적 화질평가 방법으로 ITU-R BT.500-11에서 권고하고 있는 DSIS (Double - stimulus impairment scale) 방법[8]을 사용하여 주관적 화질 평가를 수행하였다. 실험자들은 표 2를 기준으로 점수를 매긴다. 실험용 모니터는 Astro사에서 만든 DM-3400 56인치 4K LCD Monitor를 사용하였다.

표 2. DSIS의 점수 표

주관적 평가	점수
차이를 느끼지 못함	5
차이를 느끼지만 시청하기에 불편하지 않음	4
시청하기에 약간 불편함	3
시청하기에 불편함	2
시청하기에 매우 불편함	1

컬러 포맷의 경우 HM5.0에서는 아직 YUV444 포맷 신호에 대한 부호화를 지원하지 않는다. 따라서 본 논문에서는 YUV444 영상의 부호화 비트율을 간접적으로 유추하는 실험을 수행하였다. 이를 위해, 우선 YUV420 영상을 압축했을 때 나온 U와 V가 차지하는 비트율의 비율을 YUV444에서는 U와 V가 4배만큼 더 많다고 가정하여 목표 비트율에 맞는 예측 비트율을 구한 뒤 예측 비트율에 해당하는 QP 값으로 부호화를 수행하였다. YUV420 영상을 부호화해서 얻은 U와 V요소가 비트율

에서 차지하는 비율은 약 4~17%로 나타났다.

3. 주관적 화질평가 실험 결과 및 분석

본 연구에서는 SV와 TV가 서로 다른 9개의 영상을 이용하여 목표 비트율(18, 23, 36Mbps)과 시청거리(0.75H, 1.5H), 영상 컬러포맷(YUV444, YUV420)에 따른 부호화 과정에서의 목표 비트율의 변화에 따른 화질차이를 평가하기 위해 표 3과 같이 4개의 세션으로 구성하여 실험을 실행하였다.

표 3. 세션 구성 표

세션	원영상 맷(T1)	비교영상 맷(T3)	시청거리
1	YUV420/30fps	YUV420/30fps	0.75H
2	YUV420/30fps	YUV420/30fps	1.5H
3	YUV444/30fps	YUV420/30fps	1.5H
4	YUV444/30fps	YUV444/30fps	1.5H

세션 1은 0.75H의 시청 거리에서 주관적 화질 평가 수행을 나타낸다. 0.75H는 상당히 가까운 시청거리이므로 작은 열화에 대해서도 민감하게 MOS값이 낮게 측정 될 수 있는 거리이다. 하지만 본 실험 에서 사용한 가장 낮은 목표 비트율인 18Mbps의 비트율로 부호화하여 복원된 영상에 대해서도 평균 4.65의 MOS값을 얻었다.

세션 2는 세션 1과 동일한 조건에서 시청거리만 1.5H로 변화를 주어 수행한다. 세션 2에서 얻은 MOS의 평균은 4.70이며 표준편차는 0.45였다. 세션 1, 2의 목표 비트율 당 평균 MOS는 그림 2에 나타나 있으며, 목표 비트율 당 각 영상의 MOS를 시청 거리에 따라 비교한 결과는 그림 3과 같다. 그림 3을 분석해 보면, 시청거리가 0.75H에서 1.5H로 증가했을 때 모든 영상들의 MOS 값이 같거나 증가했음을 알 수 있다. 실제 시청거리가 0.75H인 경우 MOS 값의 평균은 4.65, 1.5H의 경우 MOS의 평균은 4.7로 시청거리 0.75H보다 1.5H일 때 MOS 값이 0.05점 증가했다. 이렇게 미미하게 증가한 이유는 시청거리 0.75H에서도 이미 대부분의 영상들의 MOS값이 4.5이상으로 매우 높게 측정되었기 때문이라고 분석된다.

이를 분석해 보면 HEVC를 사용하여 영상을 압축 할 경우 현재 요구 방송 대역폭(18, 23, 36 Mbps)으로 송·수신하여 4K-UHD 영상을 제공하는 서비스가 시청자들에게 높은 화질을 제공할 수 있을 것으로 예상 할 수 있다.

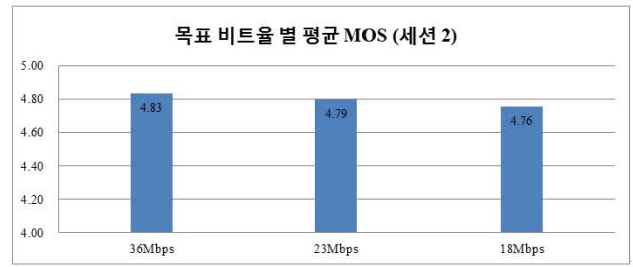
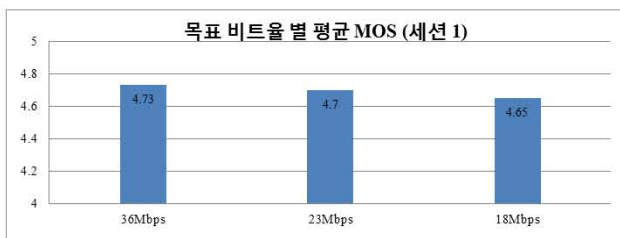


그림 2. 목표 비트율 별 평균 MOS

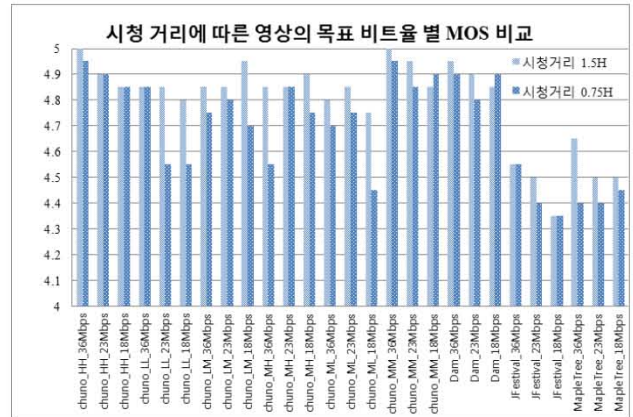


그림 3. 시청 거리에 따른 목표 비트율 별 MOS 비교

세션 3에서는 YUV444의 컬러 포맷을 가진 원 영상을 목표 비트율인 18, 23, 36Mbps로 부·복호화한 YUV420영상과 DSIS로 비교 실험하였고, 세션 4에서는 YUV444의 컬러 포맷을 가진 원 영상을 목표 비트율(18, 23, 36Mbps)로 부·복호화 한 YUV444 영상과 DSIS로 비교 실험하였다. 세션 3, 4의 실험 목적은 4K-UHD 영상을 실제 방송 대역폭으로 서비스 할 때, PSNR이 일정 수준 이상일 경우 YUV444 형식으로 U와 V에 더 높은 비트를 할당해서 전송할 경우 시청자의 시청품질을 높일 수 있는지를 테스트하기 위함이다.

세션 3의 실험결과는 MOS 4.81 이며, 세션 4에서 수행한 실험결과는 평균 MOS 4.71로 나타났다. 그림 4는 세션 3과 4의 MOS 값을 각 영상의 동일 목표 비트율에서 비교하였다.

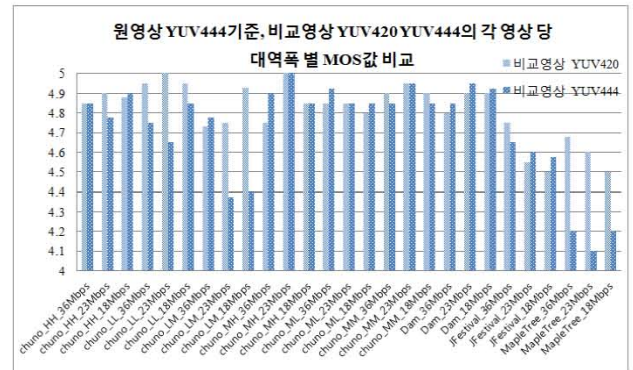


그림 4. 비교 영상의 컬러 포맷 변화에 따른 영상의 목표 비트율 별 MOS 비교

비교 결과 목표 비트율 별 YUV420 영상의 MOS 값이 YUV444 영상의 MOS 값보다 비슷하거나 좋은 것으로 나타났다. YUV420 영상과 YUV444 영상의 MOS 값이 비슷한 구간은 YUV444의 QP 설정과 YUV420의 QP 설정이 동일한 영상의 비트율에 한해서 나타났다. MapleTree와 Chuno_LM은 MOS 값의 차이가 최대 0.4 이상 났는데, 이는 동일 대역폭에서 YUV420 영상과 PSNR의 차이가 최소 1.15dB, 최대 2.8dB까지 차이가 났기 때문에 낮은 PSNR로 인한 열화를 평가자들이 감지했기 때문으로 분석된다. 세션 3과 4의 실험을 종합해 볼 때, YUV444와 YUV420 영상은 인지적인 차이가 거의 나지 않으며, 따라서 U, V 요소에 추가적인 비트를 할당해서 YUV444의 포맷으로 부호화 하여 전송하는 방법은 주관적 시청 품질 향상에 큰 도움이 되지 않으며, 오히려 낮은 PSNR 값으로 압축된 영상의 경우 동일 대역폭 상 YUV444 영상이 YUV420 영상보다 MOS 값이 약간 더 떨어질 것이라고 예상 할 수 있다.

4. 결론

본 연구는 최근 수요와 관심이 급증하고 있는 초고선명 4K-UHD 영상의 방송TV 서비스 도입시에 영상의 시청환경 및 신호규격 선정의 가이드라인을 제공하는 것을 목표로 HEVC 코덱(HM5.0 참조 소프트웨어)으로 부·복호화 한 4K-UHD 영상에 대한 주관적 화질평가를 실시하였다. ITU-R BT.500의 권고에 따라 DSIS방법으로 실험 하였으며, 원본 영상 대비 목표 비트율, 컬러 포맷(YUV444, YUV420), 시청거리(0.75H, 1.5H)를 변화시켜가면서 주관적 화질 평가를 수행하였다.

세션 1과 2에서는 원 영상에 대하여 3개의 목표 비트율(18, 23, 36 Mbps)으로 압축된 YUV420 / 30fps 영상들의 MOS 값을 시청 거리에 따라 구한 뒤 시청 거리에 따른 MOS 값의 차이를 비교·분석 하였다. 실험 결과, 시청 거리에 상관없이 평균 4.5이상의 매우 높은 MOS값을 얻었으며 열화를 인지하기 쉬운 시청거리 0.75H 조건의 가장 화질이 떨어질 것이라고 예상되는 18Mbps 로 압축된 영상들의 MOS값의 평균도 4.65으로 이는 원 영상과 거의 차이를 구별하지 못한다고 분석 할 수 있는 수준이었다. 세션 1, 2의 결과를 종합해 보면, HEVC는 현재 방송사에서 사용중인 대역폭 조건(18, 23, 37Mbps)에서 높은 품질의 UHD영상을 서비스 하는 것이 충분히 가능할 것이라고 예상 할 수 있다. 세션 3과 세션 4를 비교해 봤을 때, 동일 대역폭에서 YUV444로 압축한 영상과 YUV420로 압축한 영상의 MOS 값 평균은 각각 4.71, 4.81으로 YUV420 영상 포맷으로 압축한 영상이 YUV444영상 포맷으로 압축한 영상보다 MOS 값이 0.1 정도 높았다. 세션 3, 4의 결과를 종합해 볼 때 동일 대역폭 상 YUV444 영상을 구성하기 위해 U, V요소에 추가적인 대역폭을 할당하는 방법은 PSNR 값을 감소시켜 화질을 저하 시키는 원인이 될 수도 있다고 분석된다. 본 연구는 HEVC 코덱을 이용하여 압축한 4K UHD 영상에

대한 주관적 실험으로서 국내에서 처음으로 실시된 것으로 판단되며, 향후 UHD 비디오 응용인 지상파 및 위성 그리고 케이블 방송 규격화를 위한 표준과 IPTV 및 국제표준화에 중요한 자료로 활용될 것으로 기대한다. 본 실험을 통해 HEVC 코덱을 사용하여 현재의 방송 대역폭 조건에서 UHD 영상도 충분히 고품질로 서비스가 가능 할 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 국립전파연구원의 "UHDTV 방송표준 개발" 과제로 수행한 연구로부터 도출된 결과입니다.

참고문헌

- [1] 김문철 "UHD 비디오 연구 및 산업 동향과 차세대 고효율 비디오 압축 코덱 기술 개발 및 표준화 동향" 한국방송공학회, 방송공학회지, 제14권 제2호 2009.6, page(s): 6-30.
- [2] 최진수, 조숙희, 이태진, 김진웅, "초고선명 TV(UHDTV) 방송기술" 한국전자과학회지, 제21권 제6호, pp. 20-30, 2010년 11월.
- [3] 전동산, 조숙희, 정세윤, 김휘용, 최진수, "UHDTV 방송기술 및 표준화 동향" 전자통신동향분석, 제26권 제 4호, pp. 123-133, 2012년 3월.
- [4] 조숙희, 전동산, 최진수, "UHDTV 기술 및 표준화 현황" TTA저널, vol. 140, pp. 49-54, 2012년 3/4월.
- [5] 최진수 외, "ICT Standardization Strategy Map 2012 종합보고서 실감융합미디어" 한국정보통신기술협회, 2012.1 page(s): 34-47
- [6] GJ Sullivan et al. "Recent developments in standardization of high efficiency video coding (HEVC)" Proc. SPIE, 2010
- [7] 박인경 외, "4K-UHD 비디오 시청환경 특성분석을 위한 주관적 화질평가 분석" 한국방송공학회, 한국방송공학회논문지, 제15권 제4호 2010.7, page(s): 563-581.
- [8] ITU-R BT.500-11 "Methodology for the subjective assessment of the quality of TV pictures"
- [9] http://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HEVCSoftware/tag_s/HM-5.0.