HDR/WCG 영상 압축을 위한 표준 기술 동향

미 임정윤, 임웅, 심동규 / 광운대학교

요 약

2013년 1월에 완성된 HEVC (High Efficiency Video Coding) 표준은 full HD (High Definition) 해상도를 뛰어넘는 UHD (Ultra High Definition) 초고해상도 영상 서비스 수요를 반영하였으며, 기존의 H.264/AVC 대비 두 배 이상의 압축 성능을 달성하였다. 이러한 초고해상도 영상 서비스와 더불어 현실과 유사한 고명함도 (HDR: High Dynamic Range) 및 광색역 (WCG: Wide Color Gamut) 영상에 대한 수요 또한 증가하고 있다. 이러한 시장의 수요를 반영하여, HDR/WCG와 관련된국제 표준 단체들에서는 활발한 표준화를 진행하고 있다. 본고에서는 MPEG에서 진행되는 HDR/WCG 영상의 표준 기술동향에 대해 살펴보고, HDR/WCG 영상의 부호화 효율에 영향을 미치는 기술적 이슈들에 대해 소개한다.

I. 서 론

최근 전 세계적으로 초고해상도 비디오 컨텐츠에

대한 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 이와 더불어, full HD (High Definition) 해상도의 비디오 컨텐츠를 넘어 UHD (Ultra High Definition) 비디오 컨텐츠와 디스플레이 장치가 보급되고 있다. 이러한 시장의 수요를 반영하여 ITU-T 산하의 VCEG (Video Coding Experts Group)와 ISO/IEC 산하의 MPEG (Moving Picture Experts Group)에 의하여 공동으로 설립된 JCT-VC (Joint Video Team on Video Coding)는 2013년 1월 HEVC (High Efficiency Video Coding) 표준에 대한 FDIS (Final Draft of International Standard) 승인을 받음으로써, 차세대 비디오 압축 표준을 제정하였다[1]. HEVC는 기존의 H.264/AVC 대비 두 배이상의 부호화 효율을 달성함으로써, 지속적으로 시장에 보급되어 매우 다양한 애플리케이션에 적용될

[※] 본 연구는 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.B0101-15-295, 초고품질 콘텐츠 지원 UHD 실감 방송/디지털시네마/사이니지 융합서비스 기술 개발)

것으로 예상된다[2].

HEVC 압축 표준은 기본적으로 단일 시점 비 디오에 대한 시간적 계층 부호화를 지원하며, 공 간적 다계층 부호화 확장 표준, 다시점 비디오 확 장 표준, 확장된 색공간을 갖는 비디오 압축을 위 한 RExt (Range Extension) 확장표준, CG (Computer Generated) 비디오 및 CG 비디오와 자 연 영상의 혼합된 형태를 갖는 비디오 압축을 위한 스크린 콘텐츠 코딩 (SCC: Screen Content Coding)과 같은 다양한 확장 표준을 포함함으로써. 더욱 다양하고 세분화된 애플리케이션에 응용될 수 있을 것으로 예상된다. 이러한 HEVC 표준 및 다양 한 확장 표준과 더불어, 최근에는 고명함비를 갖는 HDR 비디오 및 광색역 비디오에 대한 시장의 수요 가 증가하고 있다. 일반적인 의미에서 HDR 비디오 는 1,000:1 이상의 명암비를 가지며, WCG 비디오 는 현재의 다양한 비디오 서비스에서 사용되고 있 는 ITU-R BT.709[3] 이상의 색역을 표현할 수 있 다. 따라서 HDR/WCG를 지원하는 영상은 종래의 영상 대비, 더 넓은 대역의 밝기와 색재현공간을 지 원함으로써. 사용자들에게 현장감과 실재감 및 몰 입감 등을 전달해 줄 수 있다.

이러한 HDR/WCG 영상의 수요가 꾸준히 증가하는 반면, HDR/WCG 영상 서비스를 지원하기 위한 기술적 한계, 콘텐츠 및 관련 표준의 부재 등 제약사항 등 또한 존재한다. 따라서 HDR/WCG 영상서비스를 위해서는 이와 관련된 방송·통신 규격,영상의 압축 표준 등이 필요하다. 이러한 문제들을해결하고자, 다양한 산업체 및 연구소에서는 HDR/WCG 영상 서비스를 위한 기술적 한계 극복및 다양한 콘텐츠 생성을 위해 활발한 교류와 연구를 진행하고 있으며, ITU-R, SMPTE, ATSC, MPEG 등과 같은 국제 표준 단체에서는 HDR/

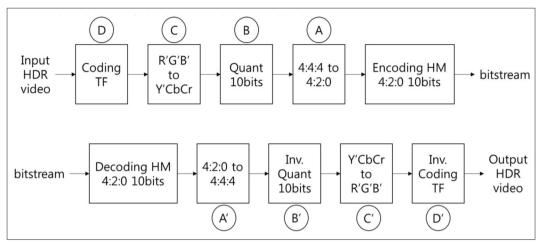
WCG 영상 서비스를 지원하기 위한 표준화를 진행하고 있다[4][5][6][7]. 본 고에서는 현재 논의되고 있는 기술적 이슈들에 대해 살펴보고, 현재 진행 중에 있는 MPEG의 HDR/WCG 영상 압축 표준 기술 동향에 대해 살펴본다.

II. HDR/WCG 비디오 표준 기술 동향

2014년 4월. 108차 MPEG 회의에서는 HDR/ WCG 비디오 압축을 위한 본격적인 표준화 준비를 위하여 AhG(Ad-Hoc Group)이 구성[6]되었으며. HDR/WCG 영상 표준화에 필요한 실험 환경, 평가 조건, 다양한 시장의 요구 사항들을 연구하는 9개 의 EE(Exploration Experiment) 팀을 결성하였다 [7] EE의 연구 결과와 다양한 시장의 요구를 수렴 하여. 2015년 2월에는 HEVC/SHVC 기반의 HDR/WCG 영상 압축 방법에 대한 가능성을 알아 보기 위하여 CfE(Call for Evidence)가 발행되었다 [5]. 2015년 6월, 112차 MPEG 회의에서는 해당 CfE에 대한 9개 응답 (Response)이 있었으며[8]. 이러한 응답들을 기반으로. 전/후처리 과정을 이용 한 HEVC 기반의 HDR/WCG 표준화를 진행하기로 결정하였다. 현재. 전/후처리 과정에서 압축 효율 을 향상시킬 수 있는 다양한 기술 및 부가 정보의 전송, 이를 통한 성능 평가 등을 위하여 CE (Core Experiments)가 진행되고 있으며, 2016년 10월까 지 HEVC Main 10 Profile을 기반으로 한 HDR/WCG 표준화가 완료될 예정이다[9].

1. Call for Evidence 소개

표준화 준비 과정에서는 다양한 산업체 및 연구

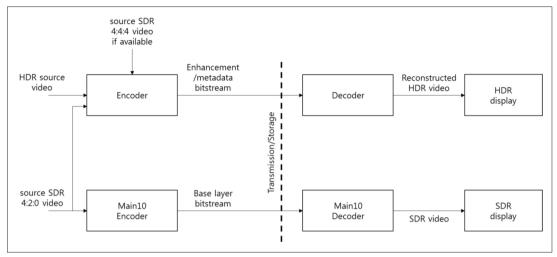


〈그림 1〉 C/E 카테고리 1의 부호화 및 복호화 구조

소로부터 HDR/WCG와 관련된 기술 수요. 실험 화 경. 실험 영상 및 압축 툴 등에 대한 조사가 진행되 었으며. 이를 바탕으로 HDR/WCG 영상의 부호화 효율성 및 가능성의 검증을 위하여 2015년 2월 CfE (Call for Evidence)를 발행하였다[5]. CfE에는 HDR/WCG 부호화 표준에 대한 기술 및 평가를 요 구하는 3가지 카테고리 (Category)가 제시되었다. 카테고리 1은 HEVC Main 10 Profile 기반의 표준 기술 변화를 포함하는 부호화 및 복호화 방법, 카테 고리 2는 HEVC/SHVC Main 10 Profile을 이용한 이중 계층 부호화 방식 기반의 부호화 효율 향상 방 법. 카테고리 3에서는 HEVC/SHVC Main 10 Profile을 바탕으로 비 표준 기술 변화만을 이용한 부호화 효율 향상 방법으로 각각 분류되었다.

〈그림 1〉은 카테고리 1에서 제시된 바에 따라. HEVC Main 10 Profile을 이용하여 HDR/WCG 영 상을 부호화 및 복호화 하는 과정을 나타낸다. 현재 의 HEVC 표준은 HDR/WCG 영상 포맷을 지원하 지 않기 때문에. HDR 영상은 포맷 변환 과정(D. C, B, A)을 수행한 이후, HEVC 표준 지원 포맷으 로 변화되어 부호화될 수 있다. 이러한 포맷 변화 과정을 각 단계별로 살펴보면, 먼저, D는 EOTF (Electric-Optical Transfer Function, 전광변환함 수)과정으로. 원본 HDR 신호(Linear RGB 4:4:4. 16bit)를 Non-Linear 신호로 변환하는 과정을 수 행한다. C는 Non-Linear RGB 신호의 컬러 포맷 을 YCbCr로 변환하는 과정을 수행하며, 이후 차례 로 양자화 (B), 색차 성분에 대한 다운 샘플링(A)을 수행하여 최종적으로 HEVC 지원 포맷인 YCbCr 4:2:0 10bit 영상으로 변환되어 부호화될 수 있다 [5]. 복호화 과정은 부호화 과정의 역순으로 수행되 며, CfE의 응답들은 〈그림 1〉의 부호화 과정을 기 준으로 향상된 부호화 효율을 보여야 한다.

카테고리 2는 4개의 세부 카테고리 (카테고리 2a, 2b, 2c, 2d)로 분류되며, 이중 계층 구조의 부 호화 및 복호화 구조를 제시한다. 공통적으로 기본 계층 (Base layer)에서는 SDR 영상. 향상 계층 (Enhancement layer)에서는 HDR 영상에 대한 부 호화 및 복호화를 지원해야 하며, 기본 계층의 복원 영상은 SDR 디스플레이 장치에 대한 하위 호환성



〈그림 2〉 CfE 카테고리 2a의 이중 계층 부호화 및 복호화 구조

을 지원해야 한다. 카테고리 2에서 제시한 이중 계 층 부호화 방법 중 일부를 살펴보면 〈그림 2〉와 같 다. 〈그림 2〉는 카테고리 2a의 부호화 및 복호화 구 조를 나타내며. 기존의 SDR 복호화 장치와 디스플 레이 장치에 대한 하위 호환성을 지원하기 위한 구 조를 갖는다. 카테고리 2a는 앞서 설명한 바와 같 이, 향상 계층에서는 HDR/WCG 입력 영상에 대한 부호화를 수행해야 하며, 기본 계층에서는 SDR 영 상에 대한 부호화 및 복호화를 수행해야 한다. 또 한, 카테고리 2a의 특징은 HDR 영상을 복원하기 위해서는 복호화된 SDR 영상 및 SDR 영상의 부호 화 정보를 이용하는 것이 특징이며, 압축된 비트스 트림에는 HDR 영상 복원을 위한 메타데이터를 전 송할 수 있다. 카테고리 2b, 2c 및 2d는 시장에서 요구되는 다양한 시나리오를 고려하여. 이중 계층 구조의 입력 영상의 구조, SDR 복원 영상 또는 HDR 복원 영상을 생성하기 위한 메타데이터 등 다 양한 부호화 및 복호화 구조를 제시하였다. CfE의 응답들은 기본 계층에서는 HEVC Main 10 Profile,

향상 계층에서는 SHVC Main 10 Profile 대비 향상 된 부호화 효율을 보여야 한다.

카테고리 3에서는 기존의 HEVC Main 10 Profile 또는 SHVC Main 10 Profile을 따르면서 HDR/WCG 영상의 부호화 효율을 높이는 방식으로써, 카테고리 1 또는 2와는 다르게, 새로운 부호화 툴 추가 없이, 전처리 및 후처리 과정에서의 변화, 부호화기의 최적화 등을 통한 성능 향상만을 제시한 비-표준 방식의 부호화 구조를 제시한다.

또한, CfE에 응답하고자 하는 연구소 및 단체들은 앞서 설명한 카테고리 1,2 및 3의 부호화 방식을 참고하여 부호화 방법을 제안할 수 있으며, 이에 대한 성능 평가는 별도의 객관적 화질 측정 방법을 통해 검증해야 한다. HDR 영상의 경우, 종래의 PSNR 측정 방법이 상대적으로 매우 높은 대비를 갖는 HDR 영상의 특성을 제대로 반영하지 못한다. 이러한 이유로 CfE에서는 기존의 YUV 색 공간에서의 PSNR 측정 방법이 아닌 XYZ, Lab, RGB 컬러 포맷에서의 객관적 화질 측정 방법을 제안하였

다. 제안된 방식 중 하나인 tPSNR은 RGB 4:4:4 포맷의 HDR/WCG 영상과 복원 및 후처리 과정을 거친 영상 모두를 XYZ 컬러 포맷으로 변환하여 원 본 영상과 복원 영상 간의 에러를 SSE (Sum of Squared Error)를 통하여 측정하는 방법이다. 다음 으로 deltaE2000 방법은 원본 HDR과 복원된 HDR 영상 간의 Lab 컬러 포맷에서 객관적 화질을 측정하는 방법이며, mPSNR은 RGB 컬러 포맷에 서 원본 영상과 복원 영상 간의 에러를 MSE (Mean Square Error)를 통해 측정하는 방식이다.

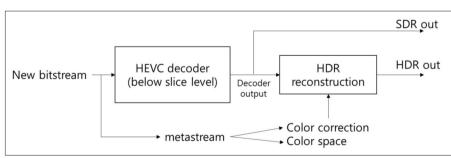
2 주요 Call for Evidence의 응답 소개

CfE에 제시된 세 개의 카테고리에 대하여 2015년 6월 112회 MPEG 회의에서 총 9개의 응답이 보고 되었으며, 카테고리 1과 카테고리 3에 대해 각각 5개 및 4개의 응답이 있었다. 각 응답들은, 영상 압 축 방법은 HEVC 표준을 따르며, 전처리 및 후처리 과정을 통해 HDR/WCG 영상의 부호화 효율을 향 상시키는 방법들이었다. 이에 따라, HDR/WCG 영 상 신호를 변경하는 전처리 및 후처리 과정을 포함 하면서, 관련 정보를 상위 수준 신택스 (Highlevel syntax)로 전송하는 형태로 2016년 10월까지 HEVC 기반의 HDR/WCG 표준화를 진행하기로 결

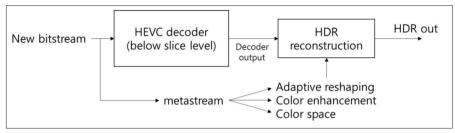
정하였다[9].

CfE에 제안된 응답들은 크게 SDR과 BT.709에 대한 하위 호환성의 지원 여부를 기준으로 분류할 수 있다. 하위 호환성을 지원하는 경우, HEVC 디 코더에서 복호화된 영상은 SDR 디스플레이 장치로 재생될 수 있으며, 추가적인 메타데이터를 이용하 여 HDR 영상을 복호화하여 재생할 수 있다. 하위 호환성을 지원하지 않는 경우, 영상의 비트스트림 에는 HEVC Main 10 Profile을 이용하여 복호화된 영상에 추가적인 HDR 복원 과정을 수행하여. HDR 영상을 생성한다. 즉. 두 방법 모두 HEVC의 VCL (Video Coding Laver) 수준에서 표준의 변화 가 없으며, 오직 상위 수준 신택스 (High Level Syntax)의 변경을 통하여 HDR/WCG 영상의 복원 이 가능하도록 하는 방법이다.

〈그림 3〉은 SDR 영상에 대한 하위 호환성을 지 원하는 방법을 나타낸 디코더 블록 다이어그램을 보인다. 해당 방법은 HEVC Main 10 Profile을 이 용하여 SDR 영상을 생성하며, HDR 영상을 복원하 기 위해 메타데이터로 전송된 부가 정보(Color correction. Color space)들을 이용하여 별도의 HDR 복원 과정을 수행함으로써 HDR 복원 영상을 생성하는 방법이다. 메타 데이터로 전송되는 부가 정보 중 Color correction 관련 정보들은 SDR 영상



〈그림 3〉 CIE의 응답에서 SDR 영상의 하위 호환성을 지원하는 복호화 방법



〈그림 4〉 CIE의 응답에서 HDR 영상의 단일 계층 복호화를 지원하는 복호화 방법

의 컬러 공간을 원본 HDR 영상의 컬러 공간과 가깝게 맞추기 위해 전송되는 정보들이다. 이는 HDR 원본 영상을 이용하여 SDR 영상 생성시, 원본 영상의 컬러 공간을 SDR 영상이 제대로 반영하지 못한다는 주장에 근거하여 제안되었다[10]. Color space 관련 정보들은 HDR 영상 부호화의 전처리 과정에서 원본 HDR 영상의 컬러 공간을 다른 컬러 공간으로 변환하여 압축함에 따라, 디코더의 후처리 과정에서 원래의 컬러공간으로 변환하기 위해 사용되는 정보들이다. 이는 앞서 소개한 〈그림 1〉의 영상포맷 변환과정을 수행하였을 때, HDR 영상의 색차성분에 대한 다운 샘플링으로 인하여 발생되는 노이즈와 휘도 성분의 왜곡 현상을 해결하기 위해 제 안되었다.

다음으로 〈그림 4〉는 단일 계층의 HDR 복호화 과정에 대한 응답으로써, HEVC Main 10을 이용 한 복호화와 메타데이터를 이용한 HDR 복원 과 정을 통해 HDR 영상을 생성하는 방식이다. HDR 영상 복원을 위해 제안된 방법들로는 Adaptive reshaping, Color enhancement, Color space와 관련된 부가 정보를 메타데이터로 전송하는 것이 다. Adaptive reshaping은 전처리 과정에서 수행 하는 EOTF의 성능 개선을 통해 부호화 성능을 향 상 시키는 방법으로써, 영상의 픽셀 밝기 값에 따라 EOTF의 함수를 적응적으로 변환하여 코드를 할당 하는 방법이다. CfE에서 제시한 전처리 과정에서의 EOTF는 HDR 영상 신호가 가지는 전체 영역 (0부 터 10.000nits)에 대해 설계되어 있지만, 상용 HDR 비디오의 다이나믹 레인지는 이보다 좁은 범 위를 가질 수 있기 때문에 다양한 다이나믹 레인지 를 고려한 adaptive reshaping 기술이 제안되었다. Adaptive reshaping과 관련된 정보는 메타데이터 로 전송되며, 디코더의 후처리 과정에서는 전송된 정보를 사용하여 Inverse EOTF 수행함으로써 HDR 영상의 복원이 가능하다. 다음으로 Color Enhancement 데이터는 영상의 포맷을 변환하기 위해 수행하는 인코더의 전처리 과정 중, 다운 샘플 링 및 양자화를 수행할 때 생기는 컬러 왜곡 현상을 해결하기 위해 제안되었다. Dolby는 이를 위해 HDR 원본 영상을 별도의 색 표현 방식 (IPT-PQ) 로 변환하여 인코더의 전처리를 수행하는 방법을 제안하였다[11].

3. HDR/WCG 표준화 동향

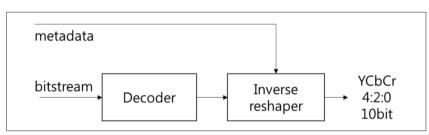
2015년 10월 113차 MPEG 회의에서는 CfE에 대한 9개 응답들에 대한 성능 검증이 이루어졌다. CfE 응답을 통해 제안된 방법들에 대한 검증을 통

〈표 1〉 113차 MPEG 회의에서 설정된 Core Experi	⟨莊	1〉113末ト	MPEG	회의에서	설정된	Core	Experimen	ts
--------------------------------------	----	---------	-------------	------	-----	------	-----------	----

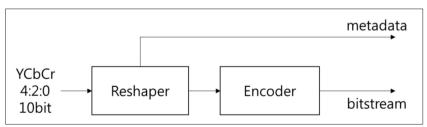
Core Experiment (CE)	Title		
CE 1	Optimization without HEVC Specification Change		
CE 2	on 420 YCbCr NCL fixed point for HDR Video Coding		
CE 3	on Objective Subjective Metrics		
CE 4	Consumer Monitor Testing		
CE 5	on Colour Transforms and Sampling Filters		
CE 6	Post Processing		
CE 7	on investigating how to generate compressed HDR/SDR video using HLG and HEVC		

하여 HDR/WCG 압축 표준화가 본격적으로 시작 되었고. 표준과 관련된 주요 이슈들을 CE로 결정하 였으며, 향후 지속적으로 표준화가 진행될 예정이 다. 〈표 1〉은 113차 회의에서 설정된 7개의 CE들로 써, HDR/WCG를 위한 확장 표준의 최적화, 객관 적 화질 측정, 상용 디스플레이 장치에 대한 고려 등이 주요 이슈임을 알 수 있다[12].

113차 회의에서는 HDR을 위한 Exploratory Test Model (TM)이 결정되었으며, 2016년 2월 114차 MPEG 회의에서 TM에 포함된 기술이 PDAM (Proposed Draft Amendment)으로 채택될 것으로 예상되고 있다. TM에 포함된 주요 기술은 HDR 신 호에 따라 적응적으로 EOTF를 수행하는 Adaptive reshaping과 기존의 HM에서 Chroma QP offset 조정을 통해 HDR/WCG 영상 부호화 효율 향상을 보인 관련 기술[13] 및 Color format conversion[14] 등이다. TM에 적용된 기술들은 Reshaper로 통칭하 며. Reshaper는 HEVC 표준 기반의 복호화 과정을 따르면서 코딩 루프 외부에서 HDR 영상 복원을 위 해 적용되는 기술들을 의미한다. Reshaper를 이용 하면 〈그림 5〉와 같이 HEVC 기반의 복호화 결과에 추가적으로 Reshaper 단계를 거침으로써, 최종적 인 HDR 신호를 생성하게 된다. 〈그림 5〉는 복호된 YCbCr 4:2:0 신호를 표준 기반 HDR 신호 복원 과 정에 적용하여 HDR 신호를 생성하는 구조를 표현



〈그림 5〉 Reshaper 단계를 이용한 HDR 영상 복호화 과정



〈그림 6〉 Reshaper 단계를 이용한 HDR 영상 부호화 과정

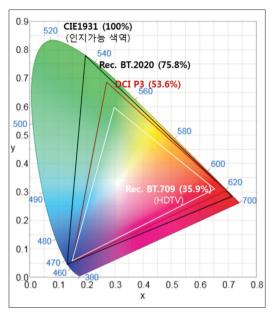
한다. 현재까지의 단계에서 디코더의 출력은 SDR 영상으로 하위 호환성을 유지하는 구조를 갖는다. 또한, Reshaper를 이용한 부호화 과정은 〈그림 6〉과 같다. RGB 4:4:4 HDR 신호가 4:2:0 YCbCr 신호로 변환된 다음 Reshaper 과정이 적용되며, HEVC Main 10 profile 기반 부호화기의 입력으로 사용된다. Reshaper의 기능은 SDR 신호 생성 기능 및 앞서 설명한 CfE의 Response들에 의해 제안된 대부분의 기술들을 포함하고 있다.

HDR/WCG 표준을 위한 CfE 과정에서 상위 수 준 신택스로 reshaping 정보를 전송하기 위하여 제 안된 방법은 DRA (Dynamic Range Adjustment) 와 CRI (Color Remapping Information) 등이 있 다. 이는 앞서 설명한 바와 같이, HEVC 표준의 VCL 수준의 변화 없이 부가 정보를 전송하기 위하 여 제안된 방법으로써, DRA는 새로운 SEI (Supplemental Enhancement Information) 메시 지를 제안한 것이며, CRI는 HEVC에 정의된 SEI 메시지를 재사용하는 방법이다. 두 제안 기술은 상 위 수준 신택스를 통하여 HDR 영상을 위한 remapping 함수의 파라미터를 전송하는 방법을 제 시하였다[15]. 현 시점에서 TM에 기술된 Reshaper 를 위한 정보는 PPS (Picture Parameter Set)에서 시그널링 된다. 이는 휘도 및 색차 성분에 대한 reshaping 정보와 비트 심도에 따른 모드 정보 (Mode & Bitdepth Information) 등과 관련된 신택 스 요소 (Syntax Element) 등을 포함한다. 이러한 Reshaper 관련 정보들은 texture sharpness와 color performance를 동시에 향상시키기 위한 기 술들이며, SDR 영상과의 호환성을 제공할 수 있다.

HDR/WCG 영상 부호화 효율을 높일 수 있는 기술적 이슈로는 10,000nits에 최적화된 PQ-TF의 특성을 고려한 reshaping 기술의 개발, BT.709/DCI

P3의 색 범위를 가지는 신호를 BT 2020[16]의 광 색역 신호로 변환할 때 발생하는 양자화 오차를 최 소화시키는 방법 등이다. 이를 위해 앞으로의 표 준화 이슈로는 Reshaper 단계에서 수행하는 Reshaping 함수 및 Color performance 향상을 위 한 툴 개선 등에 초점이 맞춰질 것으로 예상된다. 종래의 SDR 영상이 재생되기 위해 사용된 EOTF 함수는 복호화된 영상에 CRT 디스플레이 장치의 물리적인 전광변화 특성 모델과 사람의 인지 특성 이 반영되어 제정된 BT.1886[17] EOTF 함수로 사 용되었다. 하지만, 기존의 BT 1886의 경우, 최대 100nits 밝기에 적합하게 설계되었기 때문에, HDR 의 최대 밝기 (10,000nits)를 지원하는 SMPTE ST.2084(PQ-TF)[18]와 같은 EOTF들이 제안되고 있다. 기존의 EOTF에서 고려한 최대 밝기와 HDR 영상의 최대 밝기가 다르며, 현재 MPEG에서는 상 용 디스플레이와 HDR 콘텐츠의 실제 최대 밝기를 약 4.000nits 정도로 예측하고 있다. 따라서 HDR/WCG 표준의 reshaping 함수는 각 화소의 밝 기값을 영상의 최대 밝기 값에 따른 codeword 범위 에 적응적으로 할당하는 것을 목표로 한다.

광색역 표현을 위한 기술적 이슈는 종래의 비디오 서비스에서 지원하던 색 표현 범위인 BT.709보다 더 넓은 색 표현 범위인 BT.2020을 지원하는 것이다. 〈그림 7〉은 인간이 인지하는 색 범위인 CIE 1931과 BT.2020, DCI P3, 및 BT.709 색 표현 범위를 비교한 것이다. 〈그림 7〉과 같이 BT.2020의 색표현 범위는 CIE 1931에 따른 인간의 인지 가능색역의 75.8%에 해당하며, 현재 BT.2020 색 표현 범위를 완벽히 표현할 수 있는 디스플레이는 존재하지않으며, 향후 BT.2020 색 표현 범위를 표현할 수 있는 디스플레이가 개발될 것을 대비하여 정의되었다. 또한, DVB, ATSC, UHD Blu-ray Association



〈그림 7〉 CIE 1931 색역과 다양한 Color Gamuts

등이 UHD 신호에 BT 2020 색 표현 방식을 채택하 기로 결정함에 따라. BT.2020의 색역을 고려해야 할 필요성이 대두되었다. 따라서 향후 HDR/WCG 표준은 향상된 color reshaping과 color space 변 환 및 enhancement를 통한 광대역/광색역 영상의 효과적인 표현 방법에 초점이 맞춰질 것으로 예상 된다

Ⅲ. 결 론

본 고에서는 지금까지 MPEG에서 다뤄지고 있는 HDR/WCG 표준화 동향과 HDR/WCG 표준화 과 정에서 다루어진 주요 기술적 이슈들에 대해 살펴 보았다. 현재 향상된 성능을 달성하기 위한 표준 제 정을 위하여 CfE와 이에 대한 응답을 통해 제안된 기술들의 성능 평가 및 관련 주요 이슈에 대한 표준 화 회의가 지속되고 있다. 이러한 과정을 통하여 현 재까지의 회의 과정에서 다양한 CE와 HDR/WCG Test Model을 결정하였으며, 차후의 표준화 회의를 통하여 지속적으로 기술 제안 및 검증이 이루어질 것으로 예상된다. HDR/WCG 표준은 2016년 10월 까지 표준화 완료를 목표로 활발히 진행되고 있으 며. 고명암도/광색역 디스플레이 장치의 개발과 다 양한 컨텐츠 생산과 더불어 향후 멀티미디어 시장 에 널리 보급될 것으로 전망된다.

独立是短

- [1] B. Bross, W. -J, J. -R. Ohm, G. J, Sullivan, Y. -K. Wang, and T. Wiegand, "High Efficiency Video Coding (HEVC) text specification draft 10 (for FDIS & Last Call)." Document of JCT-VC. 2013.1.
- [2] 심동규, 조현호, HEVC 표준기술의 이해, 홍릉과학출판사, 2014.
- [3] BT.709-5, "Parameter Values for the HDTV Standards for Production and International Programme Exchange." Recommendation ITU-R, BT Series Broadcasting service, April. 2002.
- [4] 강정원, 이진호, 전동산, 김휘용, "HDRWCG 비디오 서비스를 위한 표준화 동향," 방송과 미디어, 한국방송공학회 학회지, 제 20권 4호, 2015년 10월.
- [5] Ajay Luthra, Edouard Francois, Walt Husak, "Call for Evidence (CfE) for HDR and WCG Video Coding," n15083, 110th MPEG meeting, Geneva, CH, Feb, 2015.
- [6] A. Luthra, E. Francois, and W Husak, "AhG on Supprot of HDR XYZ Color Space and HDR," n14501, 108th MPEG meeting, Valencia, ES, April. 2014.

- [7] A. Luthra, et al., "Exploration Experiments for HDR and Wide Gamut Content Distribution," n14549, 109th MPEG meeting, Sapporo, JP, July. 2014.
- [8] P. Yin, R. Brondijk, S. Lasserre, J. Samuelsson, "Common Technologies and Architectures for HDR Coding," n15454, 112th MPEG meeting, Warsaw, PL, Jun. 2015.
- [9] Ajay Luthra, Edouard Francois, Walt Husak, Jonatan Samuelsson, "Suggestion of Requirements and Use Cases for a "Fast-Track" HDR and WCG Content Coding," m36842, Warsaw, PL, Jun. 2015.
- [10] S. Lasserre, F. Le Leannec, E. Francois, T. Poirier, "Technicolor's response to CfE for HDR and WCG (category 1) Single layer HDR video coding with SDR backward compatibility," m36263, 112th MPEG meeting Warsaw, PL, Jun. 2015.
- [11] David Baylon, Zhouye Gu, Ajay Luthra, Koohyar Minoo, Peng Yin, Fangjun Pu, Tao Chen, Walt Husak, Yuwen Je, Louis Kerofsky, Yan Ye, Byung Yi, "Response to Call for Evidence for HDR and WCG Video Coding: Arris, Dolby and InterDigital," m36264, 112ⁿ MPEG meeting, Warsaw, PL, Jun. 2015.
- [12] Walt Husak, Edouard Francois, Ajau Luthra, Chad Fogg, "Report of AHG on HDR and WCG," m36897, 113th MPEG meeting, Geneva, CH, Oct. 2015.
- [13] Kenneth Andersson, Per Hermansson, Jonatan Samuelsson, Jacob Strom, Martin Petersson, "Report for CE1.a (Chroma QP)," m37179, 113" MPEG meeting, Geneva, CH, Oct. 2015
- [14] J. Strom, J. Sole, Y. He, "HDR CE:1 Optimization without HEVC Specification Change," n15794, 113th MPEG meeting, Geneva. CH. Oct. 2015.
- [15] D. Bugdayci Sansli, "Dynamic Range Adjustment SEI Message," JCTVC-U0098, 21st Meeting, Warsaw, PL, Jun. 2015.
- [16] BT.2020, "Parameter Values for Ultra-High Definition Television Systems for Production and International Programme Exchange," Recommendation ITU-R, BT.Series Broadcasting service, Aug. 2012.
- [17] BT.1886, "Reference electro-optical transfer function for flat panel displays used in HDTV studio production," Recommendation ITU-R, BT.Series Broadcasting service, March 2014.
- [18] Society of Motion Picture and Television Engineers, FCD ST 2084 (2014), Electro-Optical Transfer Function for High Dynamic range Reference Display.

필 자 소 개



임정윤

- 2014년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 컴퓨터공학 학사 - 2014년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 석사과정

- 주관심분야 : 영상압축, 컴퓨터 비젼, 영상신호처리



임웅

- 2008년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 컴퓨터공학 학사 - 2010년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 컴퓨터공학 석사

 $-2010년 3월 \sim$ 현재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 컴퓨터공학 박사과정

- 주관심분야 : 디지털 영상처리, 디지털 비디오 압축, 컴퓨터 비전

필자소개



심동규

- 1993년 2월 : 서강대학교 전자공학과 공학사
- 1995년 2월 : 서강대학교 전자공학과 공학석사
- 1999년 2월 : 서강대학교 전자공학과 공학박사
- 1999년 3월 ~ 2000년 8월 : 현대전자 선임연구원
- 2000년 9월 ~ 2002년 3월 : 바로비젼 선임연구원
- 2002년 4월 \sim 2005년 2월 : University of Washington Senior research engineer
- 2005년 3월 ∼ 현재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 교수
- 주관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 컴퓨터비전