

# UHD Alliance의 HDR, WCG 품질 기준

## Quality Criteria for HDR and WCG of UHD Alliance

□ 유성열 / 삼성전자

### 요약

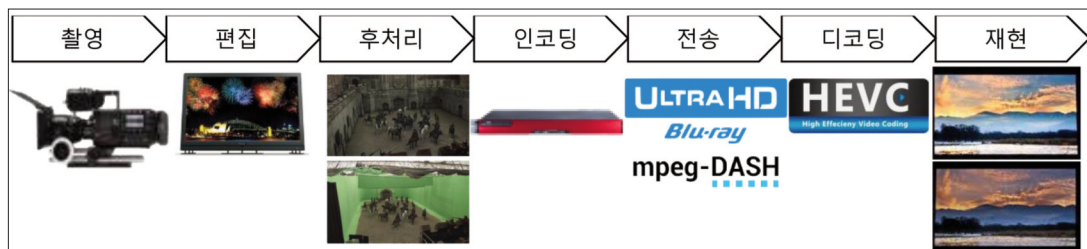
UHD Alliance는 UHD를 새로 정의하고 BT.709 (1990)[1]에서 정의된 HDTV 경험 대비 모든 관점에서 더 나은 프리미엄 사용자 경험을 가지로서 제공하기 위해 설립되었다. 특히 호환성 뿐만 아니라 품질을 정의하고, 그 품질이 콘텐츠 제작자로부터 소비자에 이르는 Ecosystem의 흐름상 유지될 수 있도록하여, 의도된 화질을 즐길 수 있는데 중점을 두었다. 본 논문에서는 UHD Alliance 기술 규격의 대표적인 화질 요소인 HDR과 WCG의 품질 기준에 대해 소개한다.

UHD Alliance has been established to re-define what UHD is and to provide thoroughly new premium experience as compared to BT.709 (1990)[1]. Preserving creator's intended visual quality is empowered by defining not only compatibility but also quality and by keeping quality criteria consistently over the content ecosystem. This paper deals with philosophy of quality criteria for HDR and WCG as major feature of technical characteristics of the UHD Alliance.

### 1. 서론

본격적인 UHD 시대로의 진입에 따라 UHD TV 및 UHD 콘텐츠의 판매, 서비스가 실시되고 있으나 UHD를 설명하는 키워드는 여전히 HD보다 가로 2배, 세로 2배가 세밀하다는 정보량 해상도 관점에서 벗어나지 못하고 있다.

콘텐츠 제작의 관점으로 볼 때, HD 저작 환경에서 UHD 저작 환경으로의 전환은 현 저작 환경 흐름상의 거의 모든 단계에 대한 전반적인 재투자를 의미하기 때문에 저작 환경의 전환이라 함은 적어도 향후 10년간 지속될 수 있는 총괄적인 차세대 기술로의 한번의 진입 및 투자에 상응하는 기술의 지속성을 의미할 수 있어야 한다.



〈그림 1〉 영상 제작 및 재생의 흐름도

만약 〈그림 1〉의 흐름도 상 어느 한 단계가 HD 해상도 미만 처리가 가능하다면 전체 흐름도에서 UHD 해상도로 처리하는 것의 의미는 퇴색될 것이다. 즉, 저작, 전송, 재생 환경이 모두 변화하지 않으면 일부 단계에서 발생하는 병목 현상으로 인해 최종 단계에서의 화질 저하가 불가피하다.

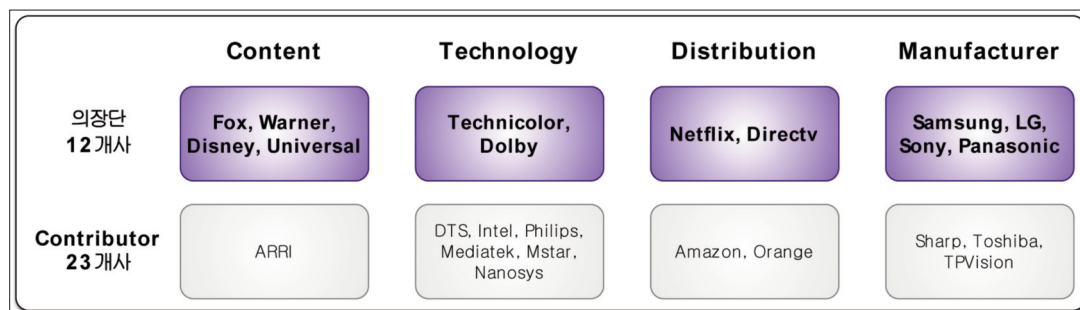
또한 무엇보다 중요한 것은 상기 차세대 기술로부터 기대되는 benefit에 대한 소비자의 인지도이며, 이를 위해 기술에 대한 설명 없이도 소비자에게 HD 대비 전혀 다른 새로운 경험을 줄 수 있는 차세대 기술들의 선정과 각 기술이 달성해야 할 품질 기준, 그리고 그 품질 가치에 해당하는 소비자 식별 방법의 제공이 필요하다.

UHD Alliance는 콘텐츠 비즈니스의 최고 전문가 집단이라고 할 수 있는 Hollywood의 Major 4개 영화사 (Fox, Warner, Disney, Universal), 콘텐츠

서비스 업체 2개사 (Netflix, Directv), 제조업체 4개사 (Samsung, LGE, Sony, Panasonic) 그리고 솔루션 업체 2개사 (Dolby, Technicolor)를 의장단으로 구성해 발족('15.3)하였는데, 종래 표준 단체와의 가장 큰 차이점은 의장단으로서 전체 ecosystem을 달성했다는 점과 각 산업계의 1, 2위 업체를 모두 포함했다는 데 있다. (업계에 따라 1~4 위까지)

〈그림 2〉와 같은 구성을 통해, ecosystem 상의 모든 산업계의 의견을 수렴한 기술 규격의 수립이 가능하도록 하였고, 가입하지 않은 다른 업체에 의해 유사 경쟁 규격이 등장하는 것을 최대한 억제하도록 설계하였다.

UHD Alliance는 기술 규격과 함께 테스트 규격, 인증 프로그램, 인증 센터 그리고 로고를 결정하는데, 이는 UHD Alliance의 규격이 호환성 규격과 품



〈그림 2〉 Content business ecosystem

질 규격으로 구성되어 있기 때문이다. 품질 규격은 기능별로 콘텐츠 저작 환경, 콘텐츠, 전송 서비스, 재생 장치 등이 만족해야 할 최소 품질 수준을 정하고 해당 수준을 만족해야만 인증되기 때문에 품질 규격 뿐만 아니라 테스트 규격, 인증 센터 그리고 인증을 통과한 제품에 대한 로고가 라이선싱의 요소로서 제공된다.

일례로, HDR의 경우 “0.05 nits에서 1000 nits까지 제조의 표현이 가능”해야 하는데, 종래에는 이러한 기술적인 사항이 제품 사양으로서 표기되지도 않았거나와 제조사별로 기능을 브랜드화하였기 때문에 소비자가 콘텐츠, 전송 서비스, 재생 장치에 대해 일관되게 이러한 사양을 검토하여 구비하고 콘텐츠를 감상한다는 것이 불가능하였다. 즉, 제공하는 기술의 수준을 표시할 수 있는 공통의 척도가 없기 때문에 다양한 변수로 인한 “소비자 콘텐츠 경험의 차이”가 발생하는 것이 불가피한 것이다.

그러므로 프리미엄 경험을 만족시키기 위한 기능의 선정 뿐만 아니라, 각 기능별 최소 사양의 결정, 최소 사양 만족 여부의 인증 및 인증 결과에 대한 로고의 부여를 통해, 사용자 콘텐츠 경험의 질에 대한 보장이 UHD Alliance의 주요 목표이다.

본 논문에서는 전술한 프리미엄 경험을 위해 선정된 기능 중, HDR과 WCG의 품질 기준에 대해 언론에 공개된 내용[2]을 바탕으로 소개하도록 한다.

## II. UHD Alliance의 품질 기준

### 1. HDR (High Dynamic Range)

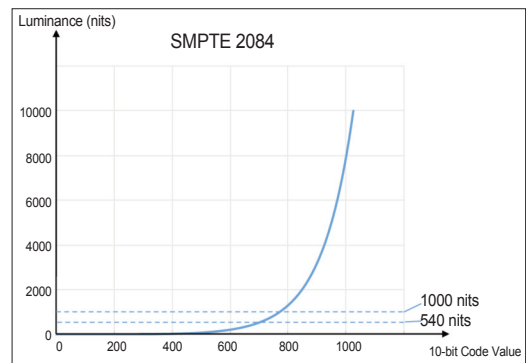
HDR은 익히 알려진 바와 같이 화면 내 밝은 부분과 어두운 부분 간의 밝기 차이를 재현 및 보상하

는 기술이다.

HDTV는 BT.709 및 BT.1886[3] 규격을 통해 0.1 nits ~ 100 nits의 구간을 밝기 범위로 지정하였고, 본 논문에서는 이보다 넓은 범위를 HDR의 밝기 범위라고 한다.

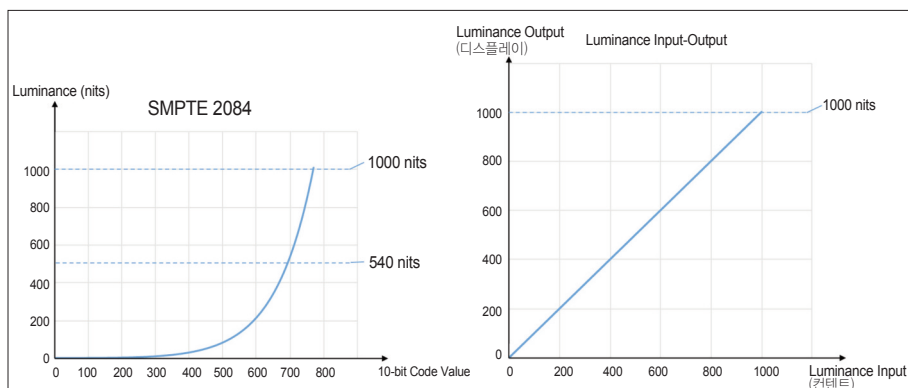
HDR의 밝기 범위는 제안되는 빛-코드 값 변환 함수(OETF; Opto-Electrical Transfer Function)의 종류에 따라 0~2,000 nits, 0~10,000 nits 등 여러 범위가 SMPTE, ITU, ARIB 등 표준 단체에서 표준화가 완료 또는 진행되고 있다.

UHD Alliance는 영화사 제안에 따라 0~10,000 nits의 구간을 표현할 수 있는 SMPTE ST 2084[4]를 OETF로 선정하였는데, 방송과는 달리 영화의 경우 지속적으로 신기술이 나올 때마다 리마스터링되어 재판매되므로 충분히 먼 미래에 가능한 기술을 상정하여 넓은 빛의 범위를 저장할 수 있게 하기 위한 목적이 있다.

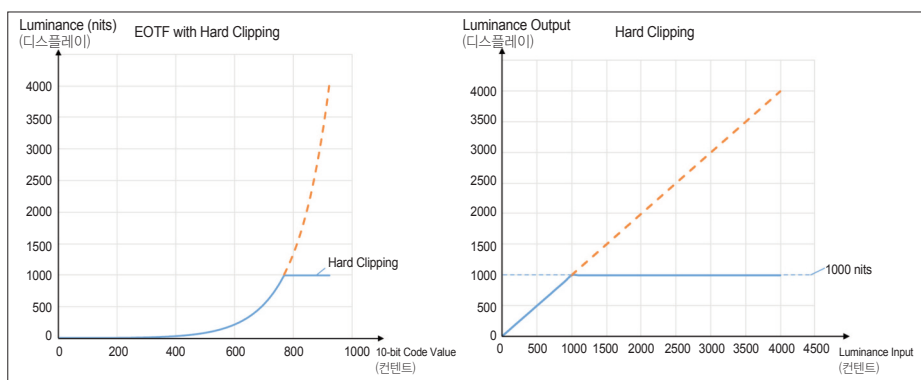


〈그림 3〉 SMPTE ST 2084

현재의 기술에서는 콘텐츠의 경우 최소 1,000 nits 이상의 밝기 표현이 가능한 Mastering display 환경에서 색보정 작업을 진행하는 것이 권장되고 있다. TV 등 디스플레이 장치도 최소 1,000 nits (Parameter set 1 기준. Parameter set 2는 540



〈그림 4〉 1,000 nits까지 표현되는 콘텐츠의 밝기 표현



〈그림 5〉 Hard Clipping

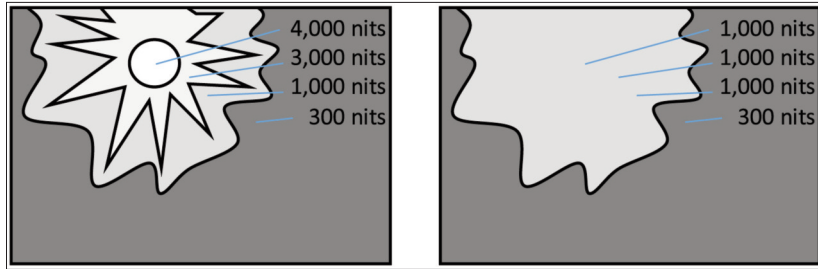
nits 이상)이 되어야만 콘텐츠 저작자가 의도한 밝은 하이라이트를 소비자도 체험할 수 있다.

만약 콘텐츠 저작자가 1,000 nits를 최대값으로 지정하여 콘텐츠를 저작했다면, 콘텐츠에 걸쳐 최고 밝기 값은 1,000 nits가 되기 때문에 〈그림 4〉와 같이 Parameter 1 UHD Alliance 인증 디바이스에서는 저작자가 의도한 밝기 재현에 문제가 없다.

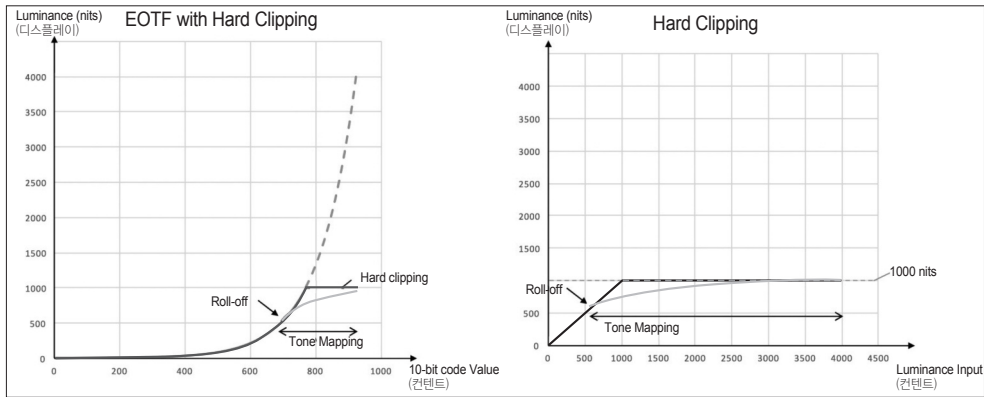
하지만 만약 1,000 nits 이상의 밝기를 콘텐츠 내에서 사용한다면, Parameter 1 UHD Alliance 인증 디바이스에서는 최대 1,000 nits의 밝기로만 해당 콘텐츠를 표현하게 된다. 〈그림 5〉는 콘텐츠의 최대 밝기가 4,000 nits인 콘텐츠가 디바이스 최대

밝기가 1,000 nits인 디바이스에서 적절한 보상 없이 출력될 때 발생하는 Hard Clipping을 보이고 있다.

HDR에서의 품질은 디바이스 최대 밝기가 콘텐츠 최대 밝기보다 낮을 때 발생하는 Hard Clipping을 최대한 억제하여 계조의 표현을 유지하면서도 전체적인 HDR 효과를 떨어뜨리지 않는 데에서 좌우된다. 〈그림 6〉은 4,000 nits 콘텐츠를 1,000 nits 디스플레이에서 보상 없이 Hard Clipping해 재현하는 경우 발생하는 왜곡을 도시하고 있다. 〈그림 6〉의 왼쪽의 태양(4,000 nits)과 Flare(3,000 nits), Halo(1,000 nits)로 구성된 장면에서 저작자가 의도하는 것은 아름다운 태양광의 모습이지만,



〈그림 6〉 Hard Clipping으로 인한 저작자 의도 훼손



〈그림 7〉 Tone Mapping: Hard Clipping에 의한 Artifact 제거

1,000 nits 이상에서 Hard Clipping하는 경우, 〈그림 6〉의 오른쪽과 같이 내용을 분간할 수 없는 하이라이트 영역이 표시된다.

컨텐츠 저작자로서는 Hard Clipping 발생시 해당 부분의 계조가 보이지 않게 되므로 의도한 효과를 보여줄 수 없는데, UHD Alliance에서는 Tone Mapping의 범위와 규칙을 규격화하고 인증을 통해 이를 검증하는 것을 전제로 〈그림 7〉의 회색 선과 같은 개념의 Tone mapping을 허용하고 있다.

컨텐츠가 밝을수록, 디스플레이의 최대 밝기가 낮을수록, Tone Mapping의 범위가 넓어지게 되며 Tone Mapping의 범위가 넓다는 것은 저작자의 의도에 대한 충실도가 떨어진다는 의미이다.

실제 Tone Mapping의 시작 위치(Roll-off

point)와 전개 범위, 기울기 등은 HDR의 재현 품질에 직접적인 영향을 미치므로, UHD Alliance에서는 Tone Mapping 원칙 및 Test procedure를 통해 Tone Mapping 품질을 정의하고, 별도의 Pattern Generator 및 Spectroradiometer로 실측하여 검증한다.

구체적인 Tone Mapping 원칙 및 범위는 기술 규격의 공개 범위에 벗어나므로 본 논문에서는 Hard Clipping이 발생하는 이유와 Tone Mapping이 필요한 이유에 대해서만 설명하였다.

전술한 최소/최대 밝기 범위, Tone mapping 범위/규칙을 통해 HDR의 재현 품질은 수치화될 수 있으며, UHD Alliance에서는 각 요소의 기준 제시를 통해 프리미엄 컨텐츠 경험을 위한 HDR 품질



기준을 정의하고 있다.

## 2. WCG (Wide Color Gamut)

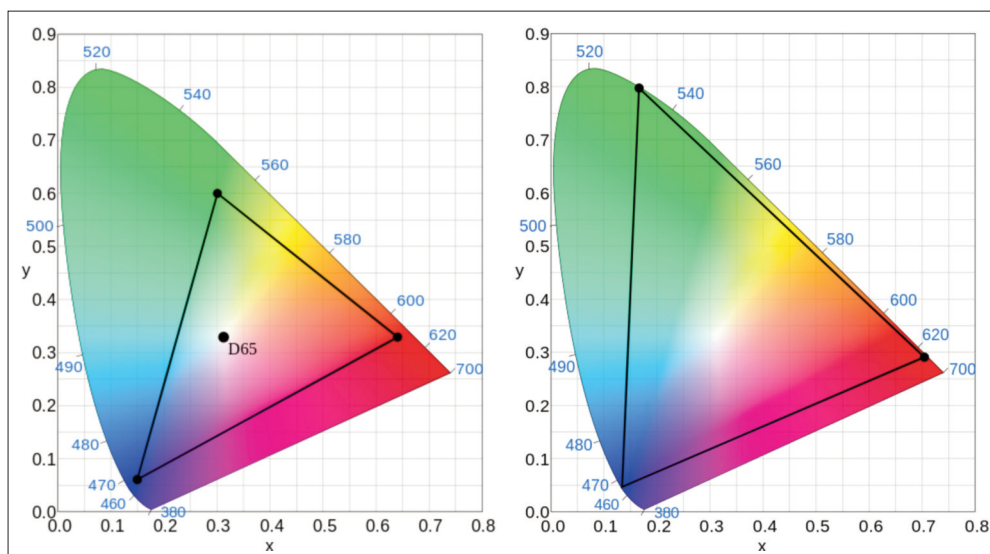
WCG는 표현할 수 있는 색의 범위를 말한다. 일반적으로 Red, Green, Blue를 0~100%까지 조합해 무수히 많은 색 (10bit의 경우 10억 7백만가지 색)을 만들어 낼 수 있으나, 자연계에서의 Red의 100%, 찰상된 Red의 100% 그리고 디스플레이 되는 Red의 100%는 빛의 밝기, 소재의 특성에 따라 달라질 수 있다.

HDTV는 BT.709 규격을 통해 <그림 8>과 같이 가시광선으로 조합 가능한 영역 대비 33% 정도의 영역을 HDTV 색영역으로 지정하였고, 본 논문에서는 이보다 넓은 범위를 WCG의 색영역(Color Gamut)이라고 한다.

색영역으로는 BT.709, DCI-P3[5], BT.2020[6] 등 여러 규격들이 표준화되어 있는데, 찰상 기술,

디스플레이 기술, 소재에 따라 표현할 수 있는 한계를 고려해 만들어졌기 때문에, <그림 8>과 같이 각 색영역의 Primary color (삼원색)의 가시광선 상 좌표는 상이하다. 일례로 Green의 좌표가 BT.709의 경우  $x=0.3$ (대략),  $y=0.6$ , BT.2020의 경우  $x=0.15$ ,  $y=0.8$ 이기 때문에 Green의 Code value 100%에 대한 서로 다른 색영역의 출력 결과는 다를 수 밖에 없다.

따라서 재생하려는 콘텐츠와 디스플레이가 서로 다른 색영역을 사용한 경우, ST 2086[7]이나 CEA 861.3[8] 등의 Metadata를 통해 사용된 색영역을 인지하는 것 외에도 색좌표계 간의 변환이 필요한데, 변환의 품질을 디스플레이의 구현 수준에 의존하는 경우, 제품 성능에 따라 색상에 대한 사용자 경험이 좌우되기 때문에, 콘텐츠의 색좌표계는 보다 미래에 가능한 색영역을 기반으로 작성되는 것(변환 회피)이 현재와 미래의 기술 모두에 적합하다.



<그림 8> BT.709와 BT.2020

영화사들은 향후 BT.709 대비 넓은 영역, 이상적으로는 가시광의 전영역을 표현할 기술이 도래할 것으로 기대하고 있으며, 전술한 바와 같이 미래의 리마스터링 등의 용도를 위해 현재의 촬상 기술과 현재의 재현 기술을 구분하여 나누어 대응할 것을 요구사항으로 제시하였다.

이에 따라, 촬영된 콘텐츠는 촬상 기술 수준을 고려, BT.2020(가시광선의 57% 영역)의 좌표계에 기반하여 기록하고, 디스플레이 기술은 재현 기술 수준을 고려, 적어도 DCI-P3(가시광선의 41%)색영역 크기의 90% 이상을 지원하도록 품질 기준을 정하였다. 표현할 수 있는 색영역의 크기만 DCI-P3 기준이고 좌표계는 여전히 BT.2020이기 때문에 UHDA 인증 제품간에는 색영역간의 변환에 따른 손실/품질 오차가 발생하지 않도록 설계하였다.

이렇게 결정된 품질 기준을 기반으로, UHD Alliance의 인증센터는 디스플레이의 Primary color 재현성을 측광장비(Spectroradiometer)를 사

용해 검증하고 각 디스플레이가 나타낼 수 있는 색 재현 능력을 수치화할 수 있다. <그림 9>와 같이 Primary Color가 재현된 색좌표를 실측하여 각 좌표가 규격으로부터 오차 범위내 얼마나 떨어져 있는지를 나타내는 색 정확도와 함께 세 Primary Colors를 연결하는 삼각형을 기반으로 디스플레이가 나타낼 수 있는 색영역의 크기를 산출한다.

전술한 색좌표상 Primary color의 위치 오차, 색표현 크기, 재현성 검증을 통해 WCG의 재현 품질은 수치화될 수 있으며, UHD Alliance에서는 색재현 능력의 최소 기준값 제시를 통해 프리미엄 콘텐츠 경험을 위한 WCG 품질 기준을 정의하고 있다.

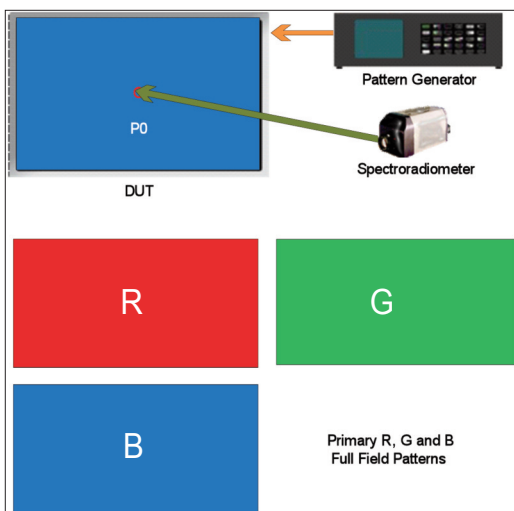
### III. 결론 및 향후 추진 방향

본 논문에서는 HD 대비 진일보해야 하는 UHD의 품질 가치를 결정하고 사용자가 인지할 수 있는 benefit으로 전달하기 위한 UHD Alliance의 노력 중 HDR과 WCG을 추진 사례로 소개하였다.

UHD Alliance가 2015년 기술 규격을 완료하고 라이선싱을 시작함에 따라 2016년 CES에서는 많은 제조사들의 UHD Alliance 인증 제품 소개가 있었으며, 영화사로부터도 약 100여편의 콘텐츠 출시 계획이 발표되었다.

차기 규격으로는 UHD 방송, 신규 디바이스(모바일, Set-top box 등)와 같이 품질 기준 적용 분야를 확장하고 산업 규격을 결정해야 하는 주제들이 제안되어 관련 논의가 시작될 예정이다.

해당 논의에 많은 국내 업체가 참여하여 기술을 적기 반영하고 관련 제품을 선보이게 될 수 있게 되기를 희망한다.

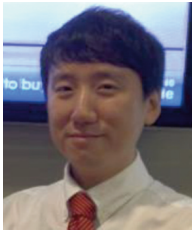


<그림 9> 색좌표 실측 방법

## 참고 문헌

- [1] ITU-R Recommendation BT.709-5, "Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange", 1990
- [2] UHD Alliance Press release <http://www.uhdalliance.org/uhd-alliance-press-releasejanuary-4-2016/#more-1227>, 2016. 1
- [3] ITU-R Recommendation BT.1886, "Reference electro-optical transfer function for flat panel displays used in HDTV studio production", 2011
- [4] SMPTE ST 2084; High dynamic range electro-optical transfer function of mastering reference displays, 2014
- [5] DCI-P3; SMPTE 431-1:2006, "D-Cinema Quality- Screen Luminance Level, Chromaticity and Uniformity", 2006
- [6] ITU-R Recommendation BT.2020-0, "Parameter values for the ultra-high definition television systems for production and international programme exchange", 2012
- [7] SMPTE ST 2086:2014, "Mastering Display Color Volume Metadata Supporting High Luminance and Wide Color Gamut Images.", 2014
- [8] CEA-861.3, HDR Static Metadata Extensions, 2015

## 필자 소개



### 유 성 열

- 2004년~ : 삼성전자 DMC 연구소  
BDA(Blu-ray Disc, 3D-BD, UHD-BD), DECE, MPEG(DASH, MMT), NSM, UHDA,  
SMPTE(ST 2094) 표준화
- 주관심분야 : 멀티미디어 표준, 콘텐츠 서비스