

# HDR/WCG/HFR 획득/제작 장비 동향

□ 이준용, 김산성, 김병선 / KBS

## 요약

단순히 해상도만을 향상시킨 UHD-TV를 넘어서 더욱 고화질의 4K UHD-TV를 서비스하고자 HDR/WCG<sup>2</sup>/HFR<sup>3</sup>의 기능을 부가한 고실감 UHD 영상 기술에 대한 연구 개발이 세계적으로 열띤 경쟁 속에 진행되고 있다. 이에 본 고에서는 현재 현업 콘텐츠 제작자들이 활용 가능한 기기들을 중심으로 HDR/WCG/HFR 4K UHD 영상 기술 및 장비의 동향에 대하여 간략히 정리해 보고자 한다.

## I. 서론

최근 방송통신위원회와 미래창조과학부는 지상파 방송사, 가전사, 연구기관 등 31개 기관과 함께

“지상파 UHD 방송도입을 위한 정책방안”을 발표한 바 있고, 2017년 2월부터 KBS, MBC, SBS 및 EBS가 수도권을 시작으로 지상파 UHD 방송을 개시하고, 2017년 12월에는 광역시권, 2020년에는 시군 지역에서, 2021년에는 전국적으로 지상파 UHD 방송 도입을 완료할 계획이라고 발표하였다. 실로, 지상파 UHD-TV 시대의 도래를 선언한 것이다. 이미 방송통신위원회와 주요 지상파 방송사들은 수년에 걸친 실험방송을 통하여 관련 기술을 축적해 왔다. 이 실험방송으로 단순히 해상도만을 향상시킨 4K UHD 영상에 만족하지 않고, HDR/WCG/HFR의 기능을 부가하여야 차세대 최고의 영상 매체로 자리매김할 수 있을 것으로 예상하고 이에 대한 준

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

1) HDR : High Dynamic Range

2) WCG : Wide Color Gamut

3) HFR : High Frame Rate

비를 하고 있다. 또한, 국제적으로도 이에 대한 표준 제정과 관련 기기 개발이 활발하게 진행되고 있다. 아직 방송제작의 전체 워크플로우를 지원하는 환경이 완전히 조성되지는 않았지만, 이에 대하여 관련자들이 큰 관심을 갖고 있으므로 현재 이 세가지 부가 기능들을 지원하는 방송 제작 환경에 대하여 정리해 보고자 한다.

## II. 콘텐츠 기술

먼저, HDR/WCG/HFR의 기능이 포함된 고실감 UHD 콘텐츠 표준화에 노력하고 있는 주요 표준화 단체의 활동에 대하여 알아보고, 각 제조사에서 현재 공급하고 있는 획득 장비들에 대하여 정리해 본다.

### 1. 표준화 단체들의 활동

사실, HDR/WCG/HFR의 기능들은 UHD 이전의 HD 영상에서도 화질의 사실감과 현장감을 극대화하기 위한 방법으로 여러 연구자들이 관심을 갖고 연구해 왔던 기술들이다. 특히, HDR의 경우 포

토그래피 및 컴퓨터 그래픽의 분야에서 이미 오래 전부터 활용되어 왔으며, HFR의 경우도 HD 디스플레이의 화면 크기가 대형화되어 가면서 부가되어야 할 항목으로서 많은 관련 기술자들의 관심을 끌어 온 기술이다. 또한, WCG도 보다 자연스럽게, 풍부한 색감의 전달을 위하여 새로운 영상 매체에 선택되어야 할 항목으로 꾸준히 연구되어 왔다.

이러한 배경에서, SMPTE는 이미 2014년에 HDR 신호의 표현을 위한 새로운 전광변환 함수(EOTF : Electro-Optical Transfer Function)의 표준 SMPTE ST 2084를 제정한 바 있으며, 이 표준에는 Avid, Dolby, Walt Disney Studios, Netflix, Technicolor 등의 업체가 참여하였다. 이와 더불어 SMPTE에서 HDR, WCG와 관련하여 진행해 온 여러 표준들은 <표 1>과 같다. 또한, 콘텐츠 제작, 편집 산업분야의 단체인 HPA(Hollywood Post Alliance)도 SMPTE와 공동으로 HDR/WCG/HFR 기술의 활성화를 위한 기술협력을 지속적으로 해오고 있다. UHD Alliance도 HDR/WCG/HFR의 표준화에 선도적 역할을 하고 있는 단체 중의 하나이다. 삼성전자가 주도적으로 세계적인 영화 콘텐츠 제작사, 디스플레이 업체들과 더불어 2015년 1월에 UHD Alliance를 결성하였으며,

<표 1> SMPTE의 HDR 메타데이터 관련 표준

표준	내용
SMPTE ST 2084	- HDR 콘텐츠 획득을 위한 새로운 신호의 전광변환 함수 정의 - 2014년 표준 발행 완료
SMPTE ST 2085	- 인간이 볼 수 있는 색영역을 나타내는 XYZ 색공간 기반 색차신호 표현 방법에 대한 정의 진행 중
SMPTE ST 2086	- 콘텐츠 제작 시의 원래 제작의도를 재현 시에 반영하기 위하여, 마스터링 시에 사용된 디스플레이의 색역 및 명암비에 대한 메타데이터를 정의 - 2014년 표준 발행 완료
SMPTE ST 2094	- 마스터링 시 HDR과 WCG를 지원하는 컬러 볼륨을 BT. 709 혹은 Digital Cinema와 같이 작은 컬러 볼륨으로 변환할 때 필요한 콘텐츠 종속적 메타데이터에 대한 의미와 표현방법 정의를 진행 중



〈그림 1〉 UHD Alliance의 결성

HDR 및 WCG를 지원하는 UHD 영상 서비스의 기준을 마련하는 활동을 시작하였다. 참여 기업들은 삼성, Sharp, Sony, LG, Panasonic, Disney, Twentieth Century Fox, Warner Bros., Dolby Vision, Technicolor, DirecTV, Netflix 등이다. ITU-R SG6에서는 EIDR(Extended Image Dynamic Range)라는 타이틀로 TV용 HDR 신호 규격 표준화를 작년에 Dolby와 BBC를 중심으로 진행하였다. 특히, Dolby는 할리우드 영화사들과 함께 HDR 지원 신호처리 기술 및 디스플레이를 개발하고, HDR이 사실감을 극대화시키는 주요 요소임을 가장 적극적으로 홍보하고 있으며 SMPTE,

DVB, ATSC, MPEG 등에서 이에 대한 표준화에 적극적으로 임하고 있다.

## 2. 카메라 개발 및 출시 현황

우선 기존보다 높은 품질의 영상을 획득하기 위해 HDR/WCG/HFR을 지원하는 4K 카메라들이 최근 들어 출시되고 있다. 2015년 NAB에서 Sony는 BT, 2020의 컬러 영역을 지원하는 HDC-4300 카메라를 선보였는데, 이 카메라는 4K 영상 기준으로는 120fps까지, HD 영상 기준으로는 480fps까지 지원한다. 이 회사에서 이미 출시한 F65 카메라는



〈그림 2〉 HDR/WCG/HFR 기능 지원 카메라

14 f-stop의 dynamic range에 BT.2020보다 넓은 색역을 지원하는 것으로 알려져 있다. 또한 RED에서는 4K 해상도에서 150fps까지 지원하는 기존 EPIC DRAGON의 후속 모델인 WEAPON DRAGON을 2015 NAB에서 선보였는데, 이 모델 역시 4K 해상도에서 150fps까지, HD 해상도에서는 300fps까지 지원할 뿐만 아니라, 16.5f-stop을 지원하여 명암비가 거의 100,000:1 정도 수준의 HDR을 지원한다. 특별히 HFR과 관련하여 Phantom에서는 4K 영상 기준 1,000fps까지 지원하는 PHANTOM FLEX4K를 출시하였고, WCG와 관련하여 Canon에서는 BT.2020의 색역을 지원하는 C300 Mark II를 출시하였다. Panasonic은 4K 해상도에서 최대 120fps를 지원하는 HFR 카메라 VariCam 35를 내놓았다. AJA에서 나온 CION은 ProRes 포맷으로 4K 60fps, AJA Raw 포맷으로는 4K 120fps 촬영이 가능하다고 한다. For-A에서는 4K Slow motion 카메라를 출시하였는데 이 카메라는 900fps를 지원하고, 인천 아시안 게임 4K UHDTV 실험방송에서도 사용되었다.

이와 같이 이미 여러 종류의 카메라들이 출시되어 있고, 올해에는 주요 방송장비 업체들에서 HDR/WCG/HFR 기능을 탑재한 모델들을 더욱 다양하게 출시하여 여러 모델 간의 장단점을 비교하

며 콘텐츠를 제작할 수 있을 것으로 예상된다.

### III. 플랫폼 기술

4K UHDTV의 부호화를 위하여 HEVC 실시간 인코더 제품들이 출시되고 있다. 해외 제품으로는 ATEME, NEC, Elemental, Harmonic, Thomson, Fraunhofer HHI 등의 업체에서 4K 60fps 인코더를 내놓고 있고, 국내에서도 여러 국책과제의 결과물들이 4K UHDTV 실험 방송에 활용되고 있다. 그러나 아직 HDR, WCG 등을 지원하는 HEVC의 스펙은 MPEG에서 현재 표준화 진행 중에 있고 2017년 상반기에 이를 적용한 프로파일들이 제정될 예정이어서 이를 반영한 부호화기는 표준 제정과 더불어 출시될 것이다.

현재의 4K UHD 실험방송은 60fps로 방송하고 있으나 빠른 움직임이 있는 스포츠 콘텐츠에서 사실감을 더욱 살리기 위하여는 120fps의 HFR 영상이 필요할 것으로 보고, 이를 대비하여 다양한 인터페이스 규격이 제정되고 있다.

SMPTE는 2015년 Single-link 12G-SDI 표준(ST 2082-10)을 완료하였고, Macom, Semtech, TI 등은 12G-SDI를 지원하는 칩셋을 출시하였다.

〈표 2〉 4K UHDTV 이미지 포맷과 페이로드

Horizontal Pixels	Vertical Pixels	Frames per Second (nominal)	Total Payload (nominal)					
			10-bit 4:2:0	10-bit 4:2:2	10-bit 4:4:4	12-bit 4:2:0	12 bit 4:2:2	12-bit 4:4:4
3840	2160	120	15Gbits	20Gbits	30Gbits	18Gbits	23Gbits	36Gbits
		60	7.5Gbits	10Gbits	15Gbits	9Gbits	12Gbits	18Gbits
		50	6Gbits	8Gbits	12Gbits	7.5Gbits	10Gbits	15Gbits
		30	3.7Gbits	5Gbits	7.5Gbits	4.5Gbits	6Gbits	9Gbits
		25	3.1Gbits	4Gbits	6.2Gbits	3.7Gbits	5Gbits	7.5Gbits
		24	3Gbits	4Gbits	6Gbits	3.6Gbits	4.8Gbits	7.2Gbits

〈표 3〉 HDMI 규격

HDMI VERSION	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	2.0
Date initially released	12/9/02	5/20/04	8/22/05	6/22/06	6/5/09	9/4/13
Maximum Bandwidth (Gbps)	4.95	4.95	4.95	10.2	10.2	18
Maximum Resolution	1600×1200p60	1600×1200p60	1600×1200p60	2048×1536p75	4096×2160p24	4096×2160p60
Maximum LPCM Audio Channels	8 Channels	8 Channels	8 Channels	8 Channels	8 Channels	32 Channels
Maximum Audio Sampling Rate	768kHz	768kHz	768kHz	768kHz	768kHz	1536kHz

또한, Blackmagic Design은 NAB 2015에서 12G-SDI 기반의 방송장비를 다수 출품하였다.

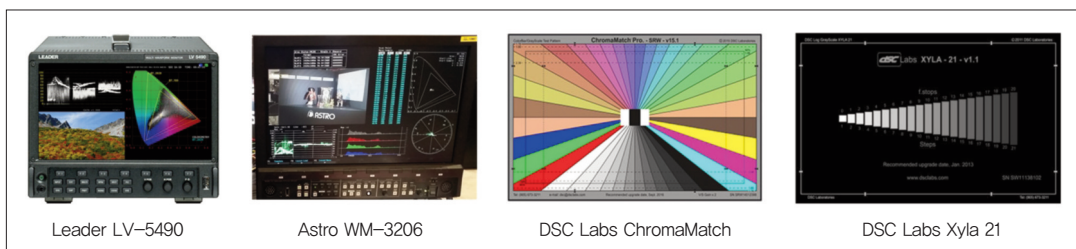
한편, Display Port 1.3은 2014년 9월 표준화가 완료되었는데, 32.4Gbps의 데이터 전송률로 4K, 4:4:4, 10bit, 120fps의 영상 출력이 가능한 포맷이고 머지 않아 관련 제품의 출시를 예상하고 있다. Nokia, 삼성, Silicon Image 등으로 구성된 MHL 콘소시엄에서는 SuperMHL 규격을 2015년 1월에 발표하였는데, 이는 최대 8K, 4:4:4 12bit, 120fps를 지원하는 표준이다. 일본 전파산업회(ARIB)도 8K, RGB 4:4:4 12bit, 120fps의 영상 출력을 지원하는 144Gbps급 U-SDI 인터페이스를 표준으로 채택하였으며, NHK 주도로 시제품을 개발하여 2015년 NAB에서 U-SDI 기반 8K 120fps 제작 환경을 시연한 바 있다.

HDMI 2.0의 경우, 18Gbps의 대역폭으로

10/12bit 4:2:2 또는 4:2:0의 4K 60fps를 수용할 수 있고, BT. 2020의 WCG를 지원한다고 알려져 있다. 이에 더하여, HDMI 포럼에서는 HDR에 관한 메타데이터 규격인 CEA-861.3을 지원할 수 있는 HDMI 2.0a를 2015년 4월에 발표하였고, 삼성, 파나소닉, 소니 등에서는 펌웨어 업그레이드를 통하여 일부 모델에서 이 기능을 지원하기 시작하였다.

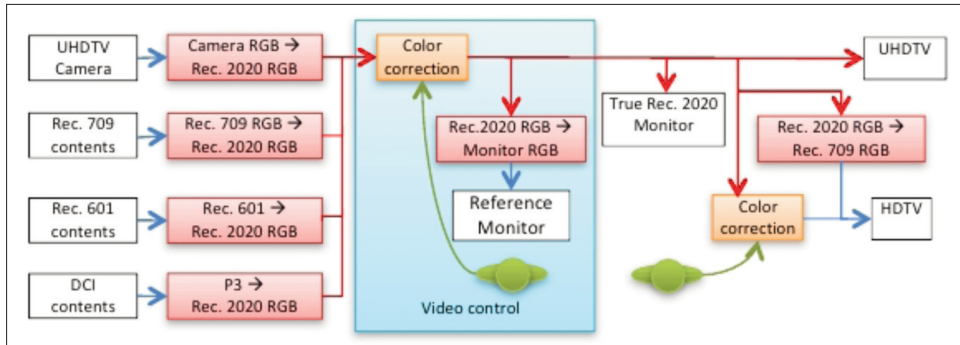
또한, 4K 60fps 플레이어 및 레코더 제품도 여러 업체에서 무압축 또는 압축 형식으로 상용화하고 있는데, AJA의 KiPro Quad, 컨버전스디자인의 Gemini, 아스트로디자인의 HR-7510, 소니의 NEX-F700, Keisoku Giken의 UDR-N50A, UDR 40S series 등이 출시되고 있다.

HDR/WCG/HFR의 기능이 포함된 영상을 제작할 때 도움이 되는 장비들도 출시되고 있다. Leader의 LV-5490 계측기, Astro의 WM-3206 계측기



〈그림 3〉 HDR/WCG/HFR 기능 제작 지원 장비





〈그림 4〉 UHD TV 색역 변환 워크플로우

등은 4K 입력 신호를 CIE 1931 색도계 차원으로 변환하여, 영상의 색 분포가 BT.2020 영역 내에서 어느 정도인지 분석할 수 있도록 지원하고 있다. 또한 DSC Labs에서는 BT.2020 색역의 칼라를 분석할 수 있는 차트 및 최대 20f-stop 내에서 어느 정도의 dynamic range를 카메라가 지원하는지를 직접적으로 알 수 있도록 해주는 차트를 출시하였다. 최근, KBS 기술연구소에서도 WCG 색공간 모니터링 시스템을 개발하여, UHD 콘텐츠 제작 현장에서 활용 예정이다.

방송국의 수 많은 기기들이 일시에 WCG의 색 체계로 변환되기는 어려울 것으로 예상되므로, WCG 워크플로우의 완성을 위하여는 서로 다른 색역 간의 컬러 스페이스 변환 기술이 긴요하게 사용될 것이다. 즉, BT.709에서 BT.2020의 색역으로의 변환과 이의 역변환, P3 등의 여러 다른 색역에서 BT.2020으로의 변환 등이 필요할 것이다. 그러나, 아직 이들 색역 변환기들의 상용화는 미미한 수준이다.

한편, 편집기에서는 Davinci Resolve 12.2 버전이 HDR Hybrid Log Gamma를 포함시키고 ST 2084를 업데이트하여 HDR 지원을 보강하였고,

Adobe Premiere Pro CC도 HDR의 범위 선정 기능 및 Lumetri 컨트롤을 이용하여 HDR의 처리가 가능해지는 등 편집기에서도 HDR 기능을 중요한 요소로서 수용하기 시작하였다.

## IV. 디바이스 기술

디스플레이와 관련하여서는 기존 BT.709의 색역을 뛰어넘어 BT.2020 색역을 표현할 수 있는 방송용 표준 모니터들이 출시되고 있다. Canon의 DP-V3010, Sony의 BVM-X300, TVLogic LUM-310A 등이 BT.2020 색역에 대한 마스터링 작업을 위해 출시되었으며, 특별히 Sony의 BVM-X300의 경우에는 OLED를 사용하여 최대 밝기 1,000nit까지의 HDR을 지원하고 있다. 또한, HDR과 관련하여 SIM2에서는 2K 해상도에서 최대 밝기 4,000nit까지 지원하는 모니터를 출시하였다. Dolby는 HDR 및 WCG 지원 비디오 콘텐츠 제공을 위한 ‘Dolby Vision’ 마스터링 및 레퍼런스 모니터 솔루션을 CES 2015에서 발표하기도 하였다.

또한, 삼성, LG, Sony, Phillips 등의 주요 TV 제



〈그림 5〉 HDR/WCG/HFR 기능 지원 디스플레이

조사들도 HDR/WCG/HFR 기능을 구현한 여러 모델의 UHDTV를 발표하고 있는데, 이들 업체는 대체로 700~1,000nit, DCI-P3 정도를 지원하는 4K UHDTV를 출시하며 경쟁하고 있다. 프로젝트 중에는 DPI(Digital Projection International)가 BT.2020의 색역을 지원하는 4K LED 프로젝터를 발표하였다.

## V. 결론

지금까지 기술한 바와 같이 4K UHD 영상 제작

에서 HDR/WCG/HFR의 기능을 포함한 고실감 UHD의 구현을 위하여 여러 기관에서 많은 노력을 해 왔고, 이미 이 기능들을 겸비한 여러 장비들이 출시되고 있다. 그러나 아직은 부호화, 후처리 단계 등의 표준화 또는 표준적 워크플로우의 정립에 좀 더 시일이 필요한 부분도 있다. 그렇지만, 이들 세 요소를 영상품질의 향상에 필수적 요소로서 인식하고 여러 기관에서 표준화 및 관련 연구에 노력하고 있으므로, 제작의 신속성이 요구되는 TV 콘텐츠 제작 환경에서도 머지 않아 이들 기능을 편리하게 구현할 수 있는 고실감 UHD 워크플로우들이 정립될 것으로 기대하고 있다.

### 참고 문헌

- [1] 이준용, 차세대 UHDTV 기술 연구 동향, KBS R&D, 2015. 6
- [2] 강정원, 이진호, 전동산, 김휘용, HDR/WCG 비디오 서비스를 위한 표준화 동향, 방송과 미디어, 2015. 10
- [3] UHDTV Ecosystem Study Group Report, SMPTE, 2014. 3. 28
- [4] UHD with High Dynamic Range(HDR) Application Note, Rohde & Schwarz, 2015. 8
- [5] HDMI 2.0a Specification, HDMI Forum, 2015. 4. 8

## 필자 소개



### 이준용

- 1989년 2월 : 연세대학교 전자공학과 학사
- 1991년 2월 : KAIST 전기 및 전자공학과 석사
- 1991년 3월 ~ 현재 : KBS 기술연구소, 수석연구원
- 주관심분야 : 실감방송, 영상신호처리



### 김산성

- 2012년 2월 : 한동대학교 전산전자공학부 학사
- 2014년 2월 : KAIST 지식서비스공학과 석사
- 2014년 3월 ~ 현재 : KBS 기술연구소
- 주관심분야 : UHD TV, 영상그래픽



### 김병선

- 1994년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사
- 1996년 3월 ~ 현재 : KBS 기술연구소, 실감미디어 팀장
- 주관심분야 : UHD TV, 고효율 영상압축, 하이브리드 TV, 영상그래픽