

2023년도 방송기술 전문인력 양성사업 후기

글로벌 돌비 비전 마스터 클래스 2부

홍지예 KBS 제작기술센터 후반제작부 색보정 감독



안녕하세요. 저는 KBS 제작기술센터 후반제작부에서 Color Grading 업무를 담당하고 있는 9년 차 방송 기술인 홍지예입니다. 방송기술교육원에서 5년 만에 다시 열린 ‘글로벌 Dolby Vision 마스터 클래스’ 교육 소식을 듣고, HDR 제작을 하면서 풀지 못했던 의문점들을 해소할 좋은 기회라고 생각해서 지원했습니다. 많은 것을 보고 듣고 배울 수 있었던 유익한 경험이었기에 교육 중 일부를 ‘방송과기술’ 독자님들께도 공유하려고 합니다.

앞선 12월호의 SBS 신준호 감독님께서 Dolby Vision 관련 교육 중 HDR, OETF&EOTF 등 기본 개념을 잘 설명해주셨으므로, 이번 1월호에서는 Dolby Vision의 세부적인 내용에 대해 다루어보겠습니다.

Dolby Vision?

Dolby 하면 많은 분들께서는 오디오와 관련된 표준을 만드는 회사를 떠올리실 겁니다. 하지만 HDR(High Dynamic Range)의 개념이 부상하면서 Dolby는 decoding gamma curve(EOTF)인 ST2084-PQ(Perceptual Quantizer) 표준화에 성공했고, 비디오 분야에서도 역시 상당한 영향력을 행사하고 있습니다.

현재 Dolby Vision으로 제작한 콘텐츠는 총 21,700개 이상의 작품으로, 영화는 3,200편 이상, 시리즈물은 18,500편 이상입니다. 넷플릭스, 디즈니플러스, 아마존프라임, HBO, 워너브라더스 등 주요 OTT 사의 Original Series나 할리우드 스튜디오에서 제작하는 콘텐츠 대부분이 Dolby Vision으로 제작하고 있습니다. 그만큼 우리가 TV로, 모바일로, 영화로 밀접하게 경험하고 있는 기술입니다.



HDR이란?

그렇다면 Dolby Vision은 우리가 알고 있는 SDR과는 어떻게 다른 것인지 간략하게 비교를 해보았습니다. Dolby Vision은 HDR의 한 종류이기 때문에 먼저 SDR과 HDR의 차이부터 살펴보겠습니다.

	HDR	SDR
다이내믹 레인지 (Dynamic Range)	Wide Dynamic Range 12~16 stops, natively	Limited dynamic range 6~8 stops
최대밝기 (peak luminances)	1,000nits~10,000nits(cd/m2)	100nits(cd/m2)
명암비 (Contrast Ratio)	200,000 : 1	1,200:1
색공간 (Color space)	P3, Rec.2020(wide color gamut) more colorful pixels	Rec.709 (Limited color gamut)
색 심도 (bit depth)	10~12bit	8bit

표 1. HDR과 SDR의 차이점

먼저, HDR에 대해 간략하게 설명하자면 HDR(High Dynamic Range), 직역해서 높은 다이내믹 레인지를 뜻합니다. 기존 SDR(Standard Dynamic Range) 대비 최대밝기가 100nit에서 최대 10,000nit까지 증가하고, 명암비가 1,200:1에서 200,000:1로 증가하여 밝기를 표현할 수 있는 영역이 현저하게 넓어졌습니다. 이는 Dynamic Range가 넓어졌다는 것을 뜻합니다. 기존에 6~8 stop만 담을 수 있었던 SDR에서, 최대 12~16 stop까지 담아내어 표현할 수 있게 되었고, 또한 Rec.709(BT.709)에서 Rec.2020(BT.2020)으로 색 공간(Color Space)이 증가하여 더 많은 색상들을 인간의 눈이 인식하는 가시광선 영역에 더 가깝게 생생하게 표현할 수 있습니다. 색 심도 또한 10비트 이상을 지원하기에 풍부한 색상표현이 가능해졌습니다.

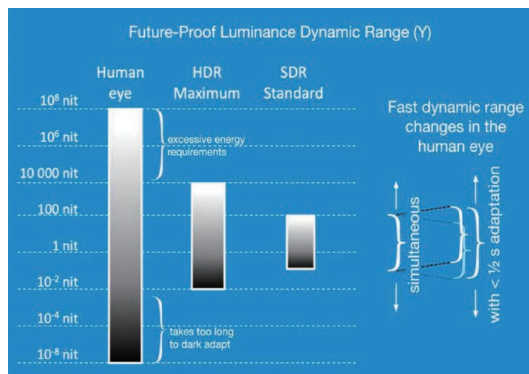


그림 1. Dynamic Range

/ 출처 : HDR Challenges and Solutions-IEEE 2023

HDR에도 어떤 종류의 EOTF를 사용하느냐에 따라 HLG, PQ로 나뉩니다. 이 중 PQ를 같은 EOTF로 사용하는 HDR10, Dolby Vision, HDR10+ 중에서 중점적으로 다룰 주제는 Dolby Vision과 HDR10입니다. Dolby Vision과 HDR10은 어떤 차이점이 있는지 비교해보겠습니다.

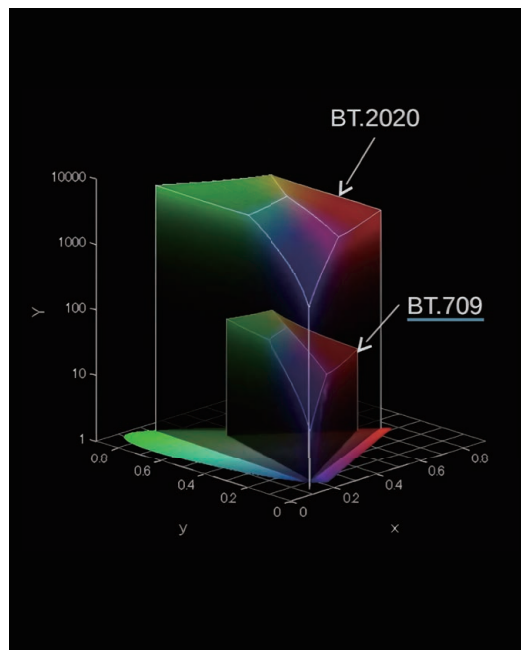


그림 2. Color Volume BT.709 vs BT.2020 from ITU-R

	Dolby Vision	HDR10
표준	SMPTE ST2084, PQ(Perceptual Quantizer)	
메타데이터 종류 및 개수 (Metadata Values)	최소 3개 ~ 최대 21개 / 장면마다	2개 / 전체 프로그램
색 심도 (Bit depth)	12bit	10bit
컬러리스트의 의도 반영	Yes	No
에코시스템 (Ecosystem)	로열티 / 라이선스 필요	개방형 표준 (Open Standard)
Mastering Process Streamlining Other Deliverables	Yes - HDR10 & SDR	No

표 2. Dolby Vision과 HDR10의 차이점

HDR10과 Dolby Vision은 PQ gamma를 기본 개념으로 하고 있습니다. HDR10과 Dolby Vision의 가장 두드러지는 차이점은 HDR을 표현할 때 동적/정적 메타데이터를 사용하는가에 있습니다. HDR10은 전체 프로그램을 MAXCLL/MAXFALL 단 두 가지의 정적 메타데이터(static metadata)만 가지고 표현하는 데에 반해, Dolby Vision은 적게는 3개, 많게는 21개에 이르는 동적 메타데이터(Dynamic Metadata)를 세부적으로 보충 및 적용하여 영상의 품질을 향상시킴과 동시에 모든 장면에 컬러리스트의 예술적 의도(Artistic Intent)를 충분히 반영할 수 있습니다.

또한 Dolby Vision은 색 심도도 12bit 이상을 지원하나 이에 따른 상표권에 대한 권한이 별도로 부여됩니다. 그리고 강력한 장점은 Dolby Vision 마스터링 과정에서 SDR 및 HDR10 콘텐츠를 별도로 마스터하지 않아도 Dolby Vision Process를 통해서 생성할 수 있다는 것입니다.



그림 3. SDR과 HDR10, Dolby Vision의 비교 / 출처 : www.displayninja.com/hdr10-vs-dolby-vision

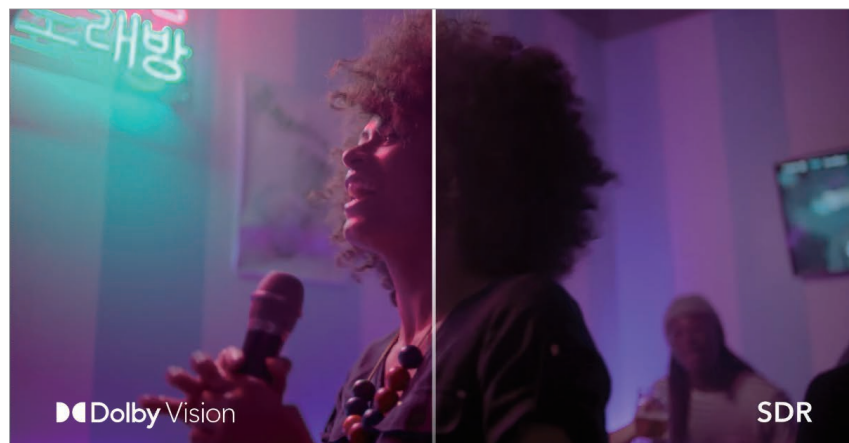


그림 4. Dolby Vision vs SDR / 출처 : Dolby Technology 홈페이지

Dolby Vision 제작을 위한 기본 요건

Dolby Vision 제작을 위한 필수 요구사항을 고려해야 합니다.

HDR 모니터

1등급 HDR 마스터링 모니터를 구비해야 합니다. Dolby는 최고 화질의 HDR 영상을 위한 적정 수준의 최고 밝기(Peak Luminance), 딥 블랙 및 넓은 색 영역(Wide Color Gamut)을 보기 위해서 1등급 HDR 마스터링 모니터에 다음과 같이 EBU Tech 3320 사양을 따르도록 지침을 권유하고 있습니다.

- 최소 1,000nits의 최대 밝기(L32 loading)
- 200,000:1 이상의 명암비(Contrast Ratio)
- 0.005nits의 최소 블랙 레벨
- P3 색 영역의 99% 이상, Rec.2020 지원, D65 White Point
- SMPTE ST-2084 EOTF(PQ)를 충족
: 자세한 해당 디스플레이 목록은 Dolby에 문의해주시기 바랍니다.
- Dolby FSI-XM310K, Sony BVM-X300, HX310, HX3110, Canon DP-V3120, Postium, EIZO, LG EP950 등

컬러 그레이딩 시스템

Dolby Vision이 지원되는 컬러 그레이딩 시스템입니다.

- Blackmagic Design의 Davinci Resolve
- Filmlight의 Baselight
- Digital Vision의 Nucoda
- Autodesk Flame
- SGO Mistika

Dolby CMU(Content Mapping Unit) / eCMU 또는 iCMU

Dolby Vision 제작을 위해서는 CMU라는 장치가 필요합니다. CMU는 Dolby Vision 실시간 콘텐츠 매핑을 통해 HDR/SDR로 동시에 모니터링할 수 있게 해주고 Dolby Vision 콘텐츠 제작과정 중 소비자 TV에서 Dolby Vision 작업을 미리 볼 수 있도록 하는 HDMI tunneling을 지원합니다. 외장 장치로 네트워크 연결을 통해 구성하는 eCMU(external CMU)와 소프트웨어 형태의 iCMU(internal CMU)로 나뉘며, iCMU는 Color Grading System을 사용하는 누구나 HDR/SDR 동시 모니터링 및 마스터 제작이 가능합니다.

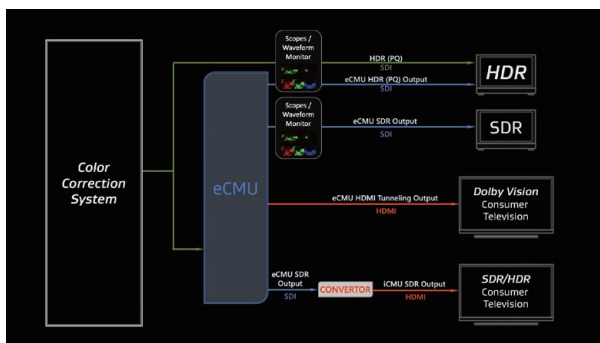


그림 5. e-CMU 마스터링 모니터 구성도
/ 출처 : Dolby Vision Professional Support

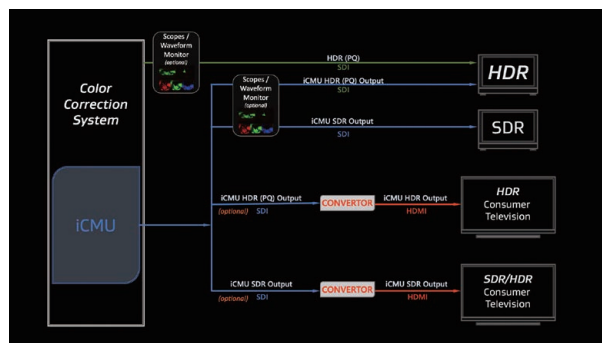


그림 6. i-CMU 마스터링 듀얼 모니터 구성도
/ 출처 : Dolby Vision Professional Support

HDR 제작이 가능한 12bit-depth 이상의 RAW, LOG 푸티지

Dolby Vision은 높은 영상 품질에 대한 요구조건이 있으므로, 고품질의 Footage가 제작에 필수적입니다.

- 추천 레벨 : Camera RAW
- 권장 레벨 : ProRes4444 XQ, 444 RGB 12bit LOG(S-log, Log-C 등)

좋은 Footage의 조건

10-12bit / Log or RAW/Wide Color Gamut(P3 이상) / 12stop 이상의 다이내믹 레인지 / 낮은 압축률 / RAW 파일을 EXR, DPX로 export 하거나 12-bit Log의 ProRes, DNxHR로 저장한 Footage

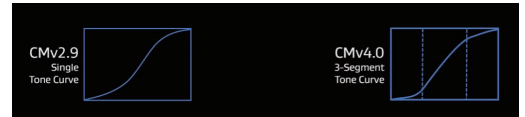
되도록 피해야 할 Footage

저품질의 8-bit depth로 높은 압축률을 가진 Footage의 경우는 contrast를 강하게 표현하는 순간 bending 및 block 화가 발생하기에 사용을 지양합니다.

Dolby Vision Metadata

Dolby Vision Metadata는 콘텐츠와 함께 전달되어 Dolby Vision 재생 장치에서 콘텐츠 재생 방법을 제어합니다. Dolby Vision 마스터링 Metadata는 CMv2.9와 CMv4.0의 두 가지 버전이 있습니다. CMv4.0은 향상된 알고리즘과 Dolby Vision Trim Pass 프로세스 중에 더 많은 parameter를 제어할 수 있게 허용하는 고급 tone curve를 지원합니다.

Dolby Vision CM 버전을 지원하는 XML에도 두 가지 버전이 있습니다.



Metadata Level

v2.9	Backward compatible v2.9 metadata (derived from v4.0)	v4.0
L0	Mastering/Target Display Characteristics	L0
L1	Level1 (min, avg, max)	L1
		L3 *
L2	← Target Trim Metadata	L8 *
L5	Timeline Aspect Ratio Description	L5
L6	MAXCLL/MAXFALL	L6
		L9 *
		Level254 *
		* New in v4.0

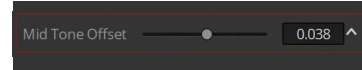
그림 7. Dolby Metadata Level / 출처 : Dolby Vision Professional Support

XML에 기록되는 Dolby Vision Metadata는 프로젝트 설정들과 콘텐츠의 다양한 요소들로 여러 Level로 나뉩니다. (XML Metadata level 값은 v4.0 기준으로 작성했습니다)

L0-Level 0 메타데이터는 마스터링/타겟 디스플레이의 특성값입니다. Mastering Display 값은 HDR 마스터링을 Grading 하는 기준으로 기록됩니다. Target Display는 컬러리스트가 Trim에 사용할 모니터에 대한 데이터입니다. 100nit/Rec.709 Trim은 필수적인 경우가 많고, 고객의 요구사항에 따라 여러 Target Display를 추가할 수 있습니다.

L1 Level 1 메타데이터는 이미지의 다이내믹 레인지를 설명하기 위해 생성된 값들로 분석을 통해서 최소(Min), 평균(Avg), 최대(Max) 이 3가지 값을 생성합니다.

L3 Level 3 메타데이터는 midtone offset을 조정하여 기록합니다. v4.0에서 새로 적용한 기술로 수학적으로 매우 정교하게 조정할 수 있습니다.



L5 Level 5 메타데이터에는 화면비(종횡비)가 담깁니다.

L6 Level 6 메타데이터에는 HDR10에서 포함하고 있는 MAXCLL(Maximum Content Light Level)과 MAXFALL(Maximum Frame Average Light Level) 값이 담깁니다. 이 데이터는 Dolby Vision의 분석으로 담기지 않으며, 별도의 HDR Master Grade를 통해서 생성됩니다.

L8 Level 8 메타데이터는 Target Trimming 데이터입니다. Dolby Vision에서 수행한 Primary, Secondary Trim data를 XML의 L8 메타데이터에 저장합니다.

이 외에도 다양한 메타데이터가 있으나, 전부 소개하기 어려운 관계로 해당 사이트에서 확인해보시기를 추천합니다.

↑ URL <https://professionalsupport.dolby.com/s/article/Dolby-Vision-Metadata-Level>

Dolby Vision 워크플로우

그렇다면 실제 Dolby Vision 제작은 어떻게 이루어질까요?

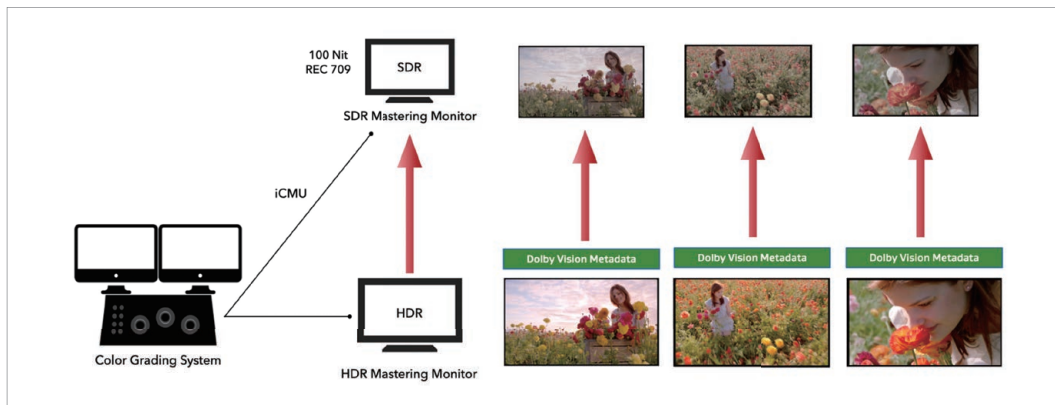
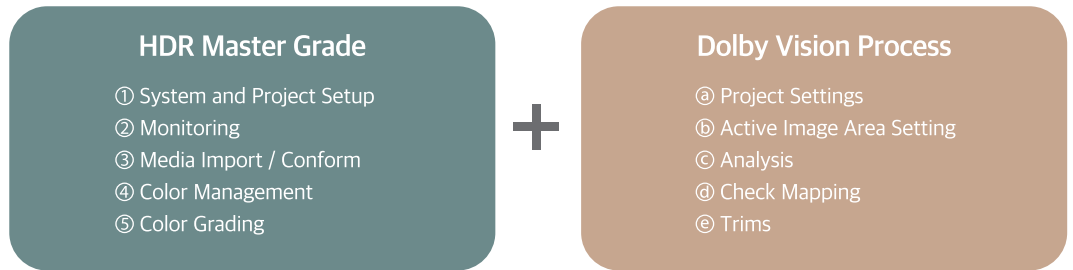


그림 7. Dolby Metadata Level / 출처 : Dolby Vision Professional Support

Dolby Vision은 크게 HDR Master Grade 파트와 Dolby Vision Process 파트로 나뉩니다.



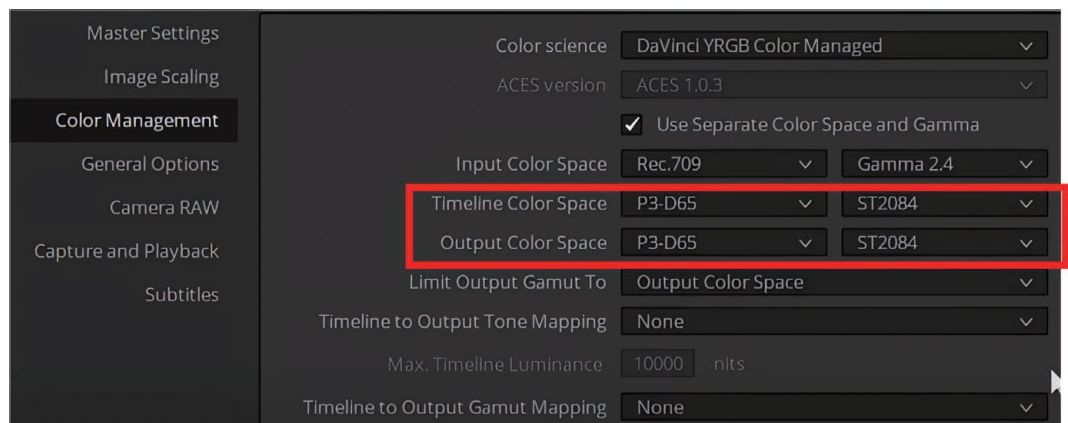
Dolby Vision Master Grade는 PQ-EOTF(SMPTE ST.2084)와 P3 또는 Rec.2020의 작업 컬러 스페이스를 갖춘 컬러 그레이딩 또는 마스터링 시스템을 사용하여 마스터 HDR Grading을 하는 것으로부터 시작합니다.

HDR Master Grade

HDR Grading은 ① 시스템, 프로젝트, ② 모니터 설정 등을 HDR 제작 규정을 따릅니다. 따라서 HDR 모니터에 필요한 Waveform, Video Scope 등 HDR에 적합한 Scale로 설정해주는 과정이 필요합니다. Monitor Setting은 Color Space : Rec.2020(또는 P3-D65) EOTF : ST.2084로 설정합니다.

④ Color Management에서 Color Science, Input Color Space, Timeline Color Space, Output color space 등을 설정할 수 있습니다. 이때, Input Color Space는 Footage에 사용된 Color Space와 Gamma를 입력하고 Timeline Color Space, Output color space는 P3-D65 또는 Rec.2020, PQ/ST.2084를 선택해줍니다.

Rec.2020으로 마스터링 할 수 있지만 현존하는 기술로는 Rec.2020을 온전히 재현할 수 있는 모니터가 없기 때문에, 모니터에서 색 재현률이 가장 높은 P3-D65 Color Space를 사용하는 것이 캘리브레이션 및 납품의 일관성과 효율성을 추구하는 것이라고 판단하여 Rec.2020으로 마스터링하더라도 (P3-D65 limited) 항목을 포함하여 설정합니다.

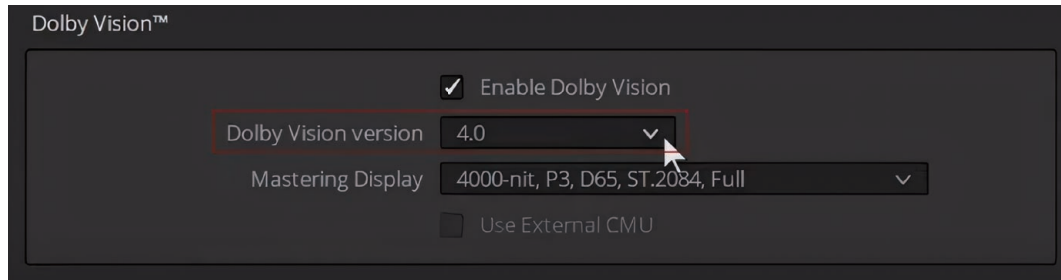


프로젝트 설정이 모두 끝난 후에는 ⑤ HDR Color Grading을 진행하면 됩니다. Target nit별로 가장 밝은 Highlight 영역의 Clipping 되는 데이터가 없도록 주의하여 제작합니다.

HDR Master Grading이 끝나면, Dolby Vision 마스터링을 위한 Dolby Vision Process에 돌입합니다.

Dolby Vision Process - ㉔ 프로젝트 설정(Project Setting)

Project Setting에서 Dolby Vision을 활성화시켜 줍니다. Dolby Vision의 메타데이터는 v2.9과 v4.0 중 CMU와 필요한 메타데이터에 따라 선택해줍니다. 다음 마스터링 디스플레이값을 선택해 줍니다.



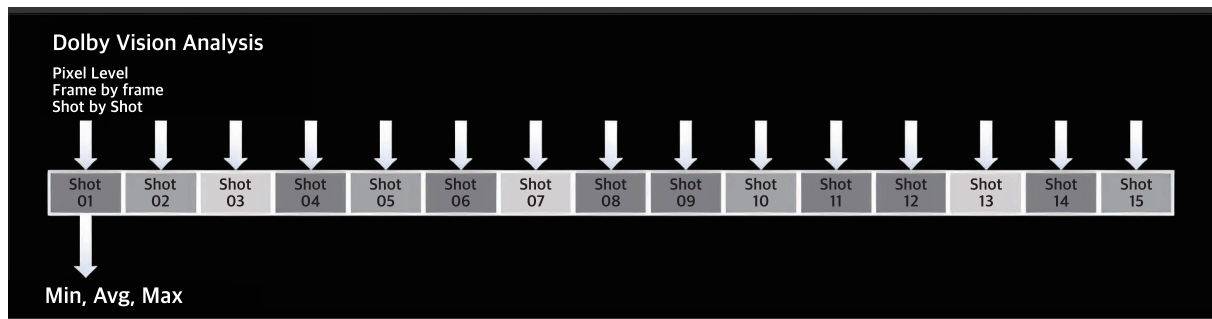
Dolby Vision Process - ㉕ 유효 영역 설정(Active Image Area Setting)

분석에 들어가기에 앞서서 레터박스 등 계산에 영향을 미칠 수 있는 값들을 설정합니다. 화면비에 따라 Output Blanking을 설정하거나 sizing 탭에서 black의 영역을 조정해 줍니다. 그렇지 않으면 레터박스의 블랙이 분석 수치에 영향을 줄 수 있습니다.

Dolby Vision Process - ㉖ 분석(Analysis) : L1 메타데이터

Dolby Vision은 장면별 메타데이터가 존재합니다. 이 메타데이터 값들은 소비자의 디바이스에서 콘텐츠가 재생될 때 HDR Grading이 어떻게 Tone Mapping 할 것인지를 결정합니다. 만약 소비자의 디스플레이가 SDR 버전이나 1,000nit 이하의 HDR 버전일 경우 그 모니터 특성에 맞게 맵핑하는 데이터를 생성합니다.

Tone Mapping의 개념은 TV, 태블릿, 핸드폰과 같은 다양한 모니터 환경에서 그에 맞게 변화하여 디스플레이하는 개념을 말하는데 Dolby Vision을 통하면 이미지 컨트라스트나 다른 타입의 모니터에서도 창작자의 의도를 보존할 수 있다는 장점이 있습니다. L1 메타데이터는 분석 기능을 통해 픽셀 수준의 프레임별 분석을 수행하고, 이후에 휘도를 수학적으로 정의하는 장면당 3개의 값을 생성 및 저장합니다.



이 3가지 값은 다음과 같습니다.

- Min(최소) = 장면에서 가장 낮은 블랙 레벨
- Avg(평균) = 장면 전체의 평균 휘도 레벨
- Max(최대) = 장면의 최고 휘도 레벨

Dolby Vision을 사용한다고 하면, L1 메타데이터는 무조건 모든 장면에 해당 데이터를 분석해야 합니다. 그렇기 때문에 별도의 라이선스를 구매하지 않았더라도 Davinci Resolve 사용자라면 누구나 사용할 수 있습니다.

분석하는 방법을 살펴보겠습니다.

장면의 특성에 따라 All, Selected, Blend, Frame 모드를 변경하여 분석합니다.

모든 장면을 All로 분석하되, Dissolve나 한 장면에서 밝기가 급격하게 변하는 경우는 Blend나 Frame 모드를 사용하여 분석합니다.

※ L1 메타데이터의 값은 별도로 조정할 수 없습니다.

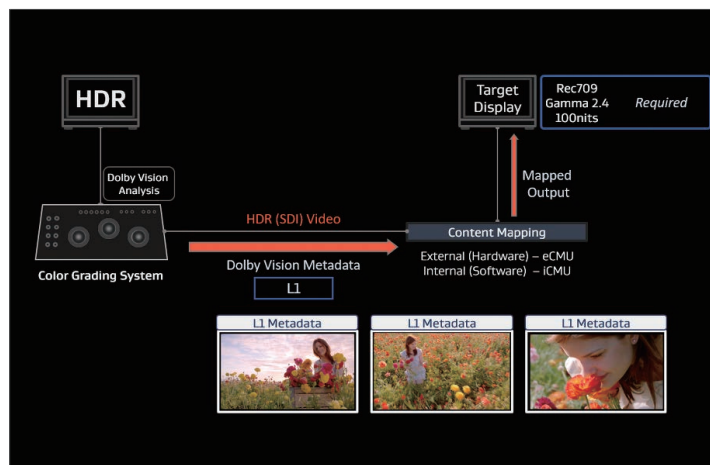
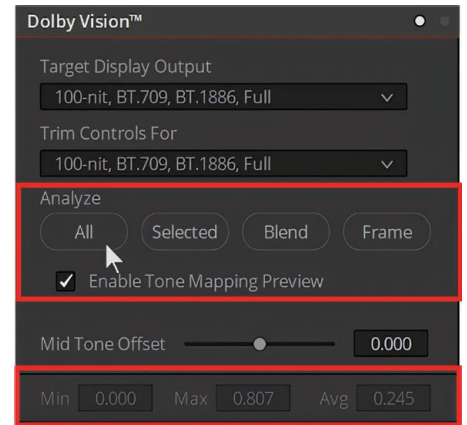


그림 8. Dolby Vision Tone Mapping 과정 / 출처 : Dolby Vision Professional

Dolby Vision Process

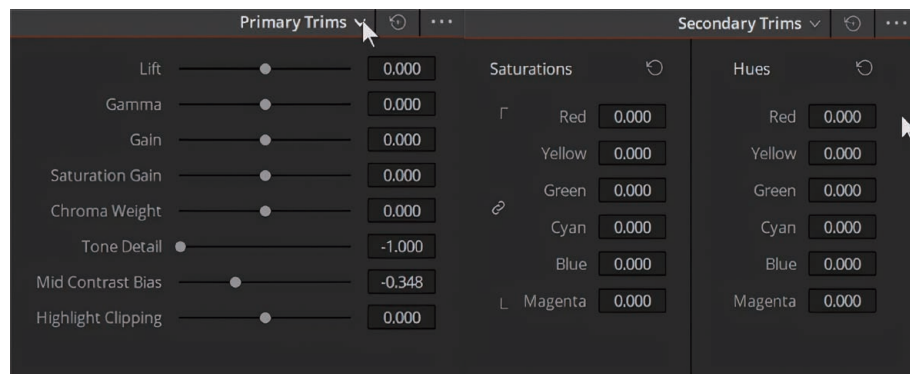
- @ 톤맵핑 확인

(Check Mapping)

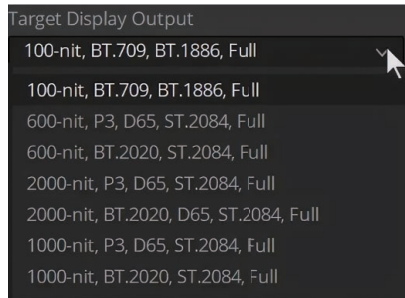
분석이 모두 끝나면 Enable Tone Mapping Preview를 사용하여 SDR로 톤맵핑되었을 때의 영상을 확인할 수 있습니다.

Dolby Vision Process - @ 트림 패스(Trims) : L2 or L8 메타데이터

L2 메타데이터는 Trim 메타데이터로, Target nit별로(100nit, 600nit, 1000nit) trim pass를 진행할 수 있습니다. Trim은 Primary와 Secondary로 나뉘는데, Primary 다음 Secondary가 진행됩니다.

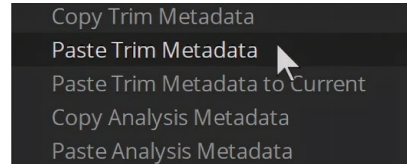


- Primary Trim에서는 Lift, Gamma, Gain과 같은 기본 요소들과 Saturation, Chroma Weight, Sharpness와 유사하게 작용하는 Tone Detail, Hight light Clipping을 개선할 수 있는 항목들로 구성되어 있습니다.
- Secondary Trim에서는 RGBCMY를 기준으로 색을 추가하거나 Hue를 shift 시킬 때 사용합니다.



Trim data들은 Target Display Output을 변경해서 100nit target뿐만 아니라 600nit, 2,000nit 등에서 모두 다시 원하는 만큼 추가할 수 있습니다.

또 모든 장면을 Trim 하지 않아도 Key Cut의 Trim 값을 복사해서 사용하기도 합니다.



Delivery

Dolby Vision 마스터링이 끝난 후에 해당 값들을 생성하여 전달합니다.
(클라이언트별로 요구하는 File이 차이가 있을 수 있습니다.)

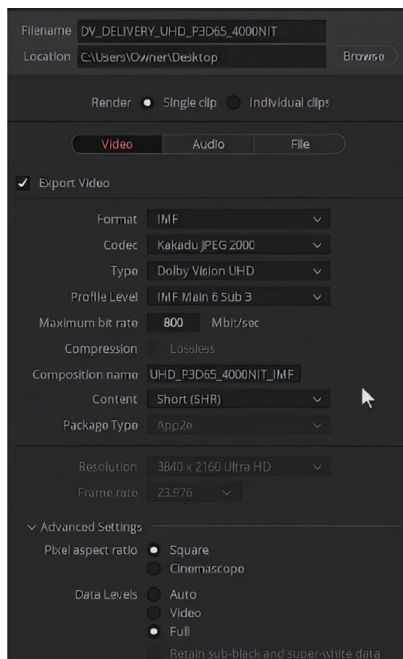


그림 9. IMF 생성 과정

- ① Dolby Vision IMF(Interoperable Master Format) Package
- ② Dolby Vision Tone Mapping을 한 이미지 시퀀스(TIFF) 또는 ProRes4444(XQ) Image Master
- ③ Dolby Vision XML(Dolby Vision metadata)

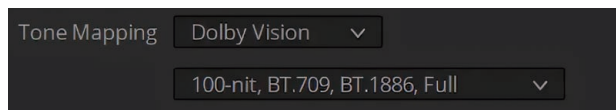


그림 10. Tone Mapping data 출력 과정

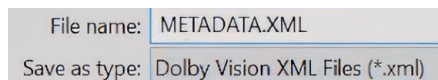


그림 11. Dolby Vision XML file 생성 과정

Quality Control

Dolby Professional Tools에 있는 확인용 툴로 최종 검수를 실시합니다. Professional Tools는 모두 CMD 기반의 명령어로 구동합니다. 다음은 metafier의 Quality Control 예입니다.
Test 결과값으로 PASS, Warning, Error로 이상 유무를 확인할 수 있습니다.

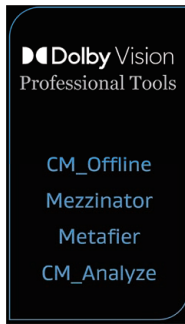


그림 13. Dolby Vision Professional Tool

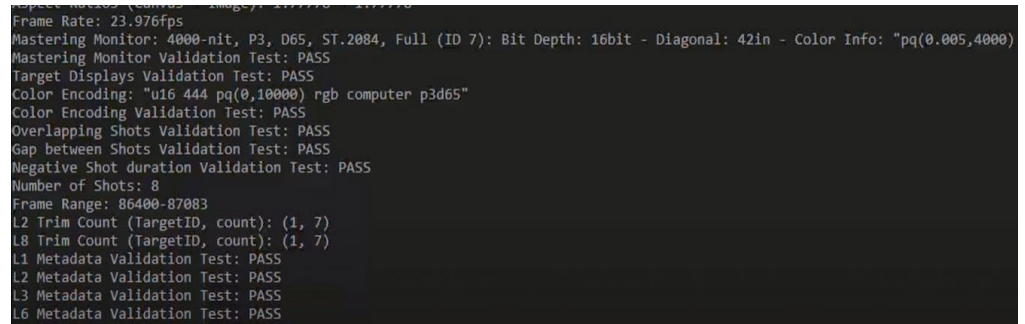


그림 14. metafier 구동 과정 / 출처 : Dolby Professional

Dolby Vision Individual Certificate (돌비 비전 개별 인증과정)

이 모든 교육을 듣고 정확하게 수행이 가능한 경우, Dolby Professional을 통해서 Dolby Individual Certification을 취득할 수 있습니다. KBS 후반제작부의 모든 컬러리스트는 해당 교육을 받고 개별 인증 과정을 모두 통과하였습니다. 해당 인증을 받게 되면 개인 웹사이트나 이메일 서명에 Dolby Vision 인증 로고를 사용할 수 있으며, Professional.Dolby.com에 등재됩니다.



마치며

Dolby Vision이라는 기술을 접할 때마다, UHD와 HDR도 자리 잡아 가는 단계인 현재의 방송 환경에 도입하기에는, 많은 비용과 시간이 소요될 것으로 예상되어 막연히 멀게만 느껴졌었습니다.

하지만 K-콘텐츠들이 글로벌 OTT에서 상위권에 랭크되어 저력을 보여주고 있고, 지상파 방송사와 OTT사의 Original 시리즈 협업이 이루어지고 있는 이 시점에서 우리 방송기술인에게 Dolby Vision 도입은 더 이상 미뤄야 할 일이 아니라고 생각합니다. 앞으로 KBS에서 제작하는 콘텐츠에도 적용할 기회가 있다면 이번 교육을 통해 습득한 지식을 적극적으로 활용할 계획입니다.

개인적으로는 이번 교육을 통해서 'Dolby Vision Individual Certificate'를 취득하면서 품었던 의문점과 HDR 제작 시에 어려움을 겪었던 부분을 해소할 수 있는 양질의 강의를 들을 수 있어 무척 뜻깊었습니다. 더불어 국외교육을 참석할 수 있도록 도와주신 동료 선·후배님들과 돌비 코리아의 이미지 부장님, 방송기술교육원의 강민정 차장님을 비롯해 함께 열정적인 교육 분위기를 만들어 주셨던 선·후배님들께도 감사하다는 말씀을 전하고 싶습니다. 감사합니다.



그림 15. Dolby UMLANG Theatre



그림 16. Dolby Laboratories