

2023년도 방송기술 전문인력 양성사업 후기

글로벌 돌비 비전 마스터 클래스

신준호 SBS 콘텐츠마스터링팀 사원



반갑습니다! 저는 SBS에서 4년간 종합편집 업무를 해오다가 2022년도부터 색보정 업무를 맡았고, 이제는 기라성같은 선배님들처럼 어엿한 컬러리스트가 되기 위해 열심히 배우고 노력하는 중인 8년 차 방송기술인입니다. 이번에 운 좋게도 방송기술교육원으로부터 해외 교육의 기회를 얻어서, 미국 LA Burbank에 있는 Dolby 사무실에서 Dolby Vision 관련 교육과 HDR 컬러그레이딩 교육을 들을 수 있었습니다. 이에 5일간의 교육 내용 중 Dolby Vision 파트를 ‘방송과기술’ 독자분들과 함께 공유하고자 합니다.

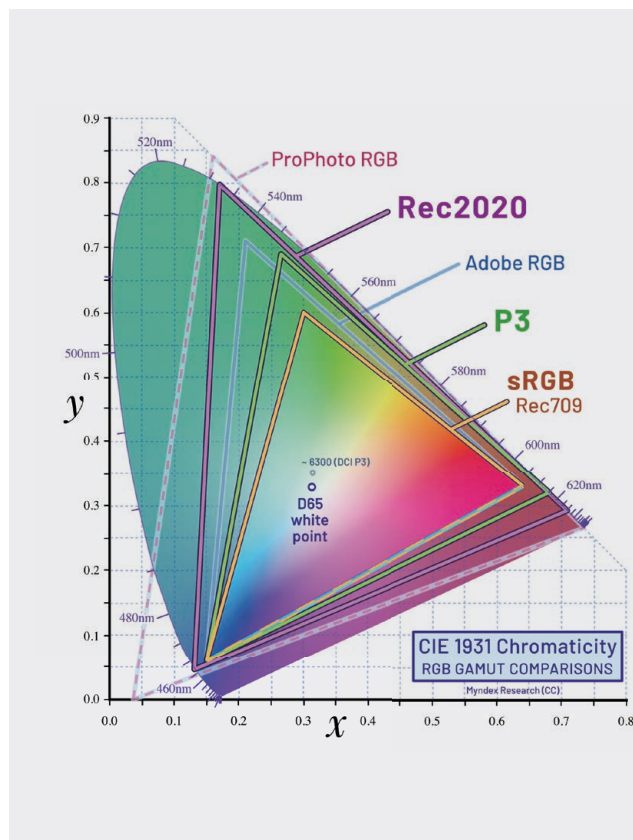
Basic Concepts

우선 Dolby Vision이란 HDR(High Dynamic Range)과 WCG(Wide Color Gamut)를 결합한 HDR 포맷 중 하나를 뜻합니다. 다양한 디스플레이에서도 동일한 영상을 만들어 내기 위한 동적 메타데이터를 활용하는 것이 특징입니다.

그러면 여기서 HDR이라고 부르는 High Dynamic Range는 어떤 것일까요?

이는 말 그대로 기존 SDR(Standard Dynamic Range) 대비 향상된 밝기 범위(DR, Dynamic Range)의 의미를 포함하며, 여기서 밝기 범위는 가장 밝은 요소와 가장 어두운 요소 사이의 범위를 의미합니다. 즉, 단순히 밝기에 관한 것이 아니라 대비(Contrast)에 관한 것이므로, HDR은 확장된 대비 범위(Contrast Range)를 뜻하는 것이라 할 수 있습니다.

Dolby Vision HDR의 또 하나의 특징인 WCG(Wide Color Gamut)는 기존의 HDTV Display 색 영역인 Rec. 709보다 넓은 색 영역을 의미합니다. Rec. 709는 가시광선 스펙트럼 색 영역의 36%를 표현할 수 있는데, 이보다 더 큰 영역을 표현할 수 있다는 것입니다. 그 예로 DCI-P3와 Rec. 2020이 있습니다. P3는 디지털 시네마, HDR home production에서 주로 사용하는 색 영역으로 가시광선 영역의 45.5%를 커버할 수 있습니다. Rec. 2020은 가시광선 영역의 76%를 표현할 수 있도록 설계되어 있습니다만, 현재까지 Rec. 2020을 온전히 표현할 수 있는 디스플레이는 아직 존재하지 않기 때문에, Encoding 할 때만 사용되는 색 영역입니다.



CIE 1931 색 영역에서 살펴본 Rec. 709(sRGB), DCI-P3, Rec. 2020, AdobeRGB, and ProPhoto / 출처 : 위키피디아

Dolby Vision HDR의 메타데이터는 제작된 콘텐츠가 최적의 방식으로 시청자의 디스플레이에 표현될 수 있도록 도와주는 역할을 합니다. 이때 이 ‘디스플레이에 표현되는’ 프로세스를 톤 매핑(Tone mapping)이라고 합니다. HDR 메타데이터와 이를 이용한 톤 매핑은 정적(Static)과 동적(Dynamic) 방식으로 나뉩니다.

정적 메타데이터는 하나의 메타데이터 정보가 콘텐츠 전체에 적용되는 방식인 반면, 동적 메타데이터는 장면마다 각기 다른 Dynamic Range를 고려하여 각기 다른 톤 매핑을 가능하게 합니다. 또한 Dolby Vision의 동적 메타데이터는 각기 다른 종류의 Dolby Vision HDR 디스플레이에서 일관되고 균일한 매핑으로 인지될 수 있도록 해줍니다. 즉, Dolby Vision을 통해서 제작자의 의도를 정확하게 보존하고 전달할 수 있는 것입니다.

Dolby Vision의 후반 제작 톨과 워크플로우는 HDR과 SDR 두 개의 콘텐츠를 효율적으로 만들어 내도록 해줍니다. 선호하는 색보정 톨이나 마스터링 톨의 Dolby Vision 워크플로우를 통해서 작업자가 한 번만 마스터링 작업을 하면, Dolby Vision, HDR10, SDR 납품용 콘텐츠를 간단하게 얻어낼 수 있습니다. 단순히 가장 큰 Dynamic Range와 가장 넓은 Color Gamut를 가지고 있는 HDR 마스터링만 한 뒤, Dolby Vision의 shot by shot 분석을 실행하면 됩니다. 그러면 Dolby Vision 워크플로우와 톨이 자동으로 SDR로 버전(HDR 작업에서 다루었던 미적 의도를 그대로 유지)을 볼 수 있게 해 줍니다. 또한 Dolby에서 제공하는 Dolby Vision Trim 라이선스가 있다면, 장면별로 세부 조정까지도 가능합니다.

기본 용어 설명

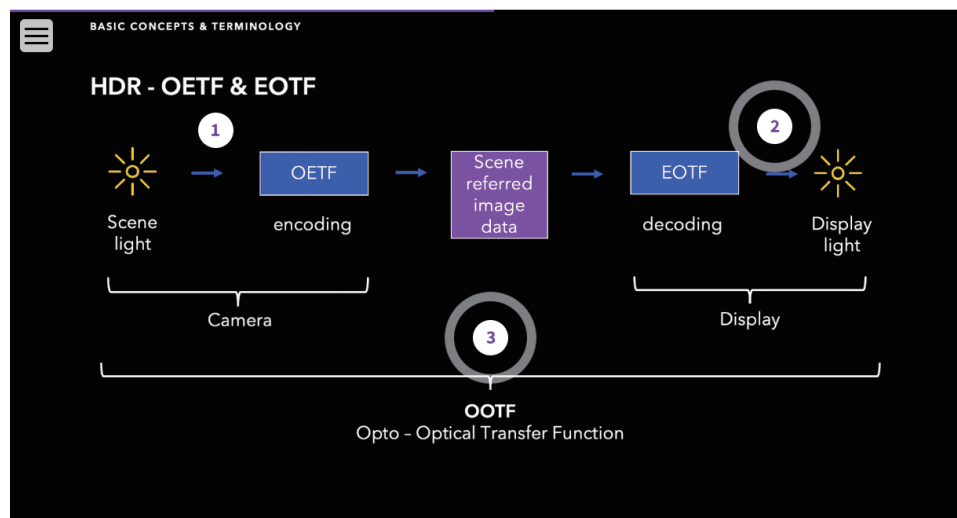
Diffuse white and Specular white

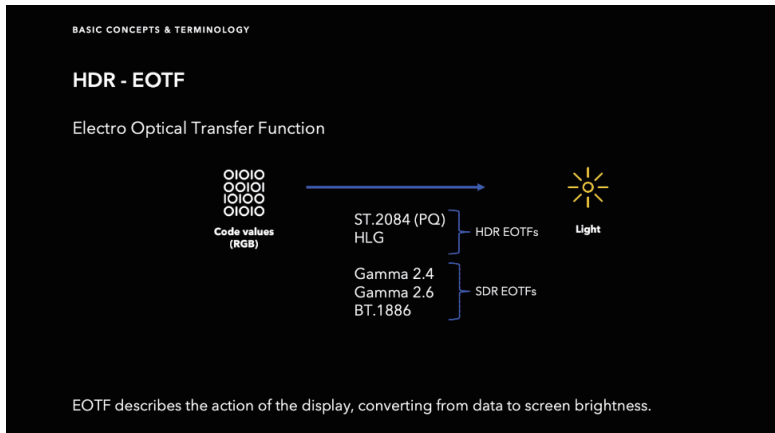
Diffuse white는 ‘산란한 흰색 빛’을 뜻하고, 그림에서 흰색 옷의 환한 부분이 해당됩니다. 반면 Specular white는 직접 ‘반사된 흰색 빛’을 의미하여, 그림에서 쨍하게 반사되는 자동차의 금속 크롬 빛이 해당됩니다. 그림의 그래프에서 보듯이 SDR은 diffuse white를 넘어서는, specular highlights를 위한 헤드룸(headroom)이 매우 좁은 반면, HDR에선 상당히 넓은 헤드룸을 가질 수 있습니다.



OETF & EOTF

OETF(Opto-Electro Transfer Function)는 빛을 디지털 코드값으로 변환해 주는 함수로서, 카메라 센서의 동작을 설명합니다. 카메라 기술의 발전으로 HDR 비디오 신호를 충분히 찍어낼 수 있지만, Rec. 709 OETF의 한계로 많은 카메라 제조사들이 직접 OETF를 디자인하여 사용하고 있습니다. (ex. S-log(Sony), Panalog(Panavision), LogC(ARRI), Canon Log(Canon) 등)





EOTF(Electro-Optical Transfer Function)는 반대로 디지털 코드값을 빛으로 변환해 주는 함수입니다. 이 빛은 디스플레이 스크린에서 내보내는 빛을 의미합니다. SDR에서 EOTF는 'Gamma Curve'라고 하는데, ITU Rec. 1886에서는 2.4를 지수로 하는 거듭제곱함수(gamma 2.4)를 표준 EOTF로 하였습니다.

반면, HDR은 순수한 감마 곡선만으로는 카메라가 받아들일 수 있는 추

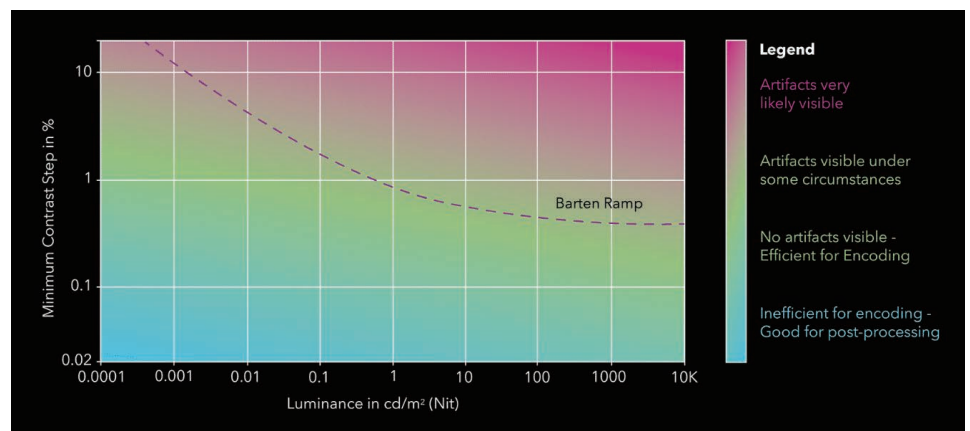
거적인 Dynamic Range를 전달할 수가 없기 때문에, 새로운 EOTF가 필요했습니다. 이에 새로운 PQ(Perceptual Quantizer)와 HLG(Hybrid Log Gamma)가 소개되었습니다.

PQ(Perceptual Quantizer)

Barten Model

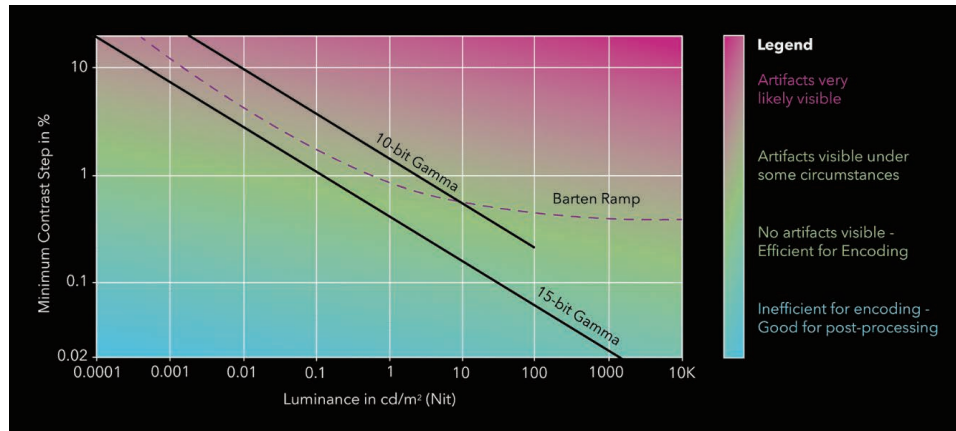
Dolby 사는 일찍부터 인간의 시각 시스템을 상당 기간 연구하였고, 디스플레이의 밝기 범위가 0.005~10,000cd/m²의 범위를 가지면, 스크린 크기에 상관없이 가장 많은 시청자를 만족시킬 것이라 결론 내리고, 이 밝기 범위에서의 최적의 EOTF를 찾고자 노력했습니다.

아래 그림의 Barten Ramp 곡선은 ~10,000cd/m²의 밝기 범위에서 사람이 밝기의 단계적인 변화(Banding)를 인식할 수 있는 데에 필요한 밝기 변화(Minimum Contrast Step)를 퍼센트로 나타낸 것입니다. 이 Barten Ramp 곡선은 어디서 대부분의 사람이 Banding과 같은 이미지의 결함을 인식하는지를 알려줍니다. 곡선 위쪽에선 Banding이 보일 수 있고, 아래쪽에선 Banding이 잘 보이지 않습니다.



10-bit, 15-bit Gamma-based 전달함수 고찰

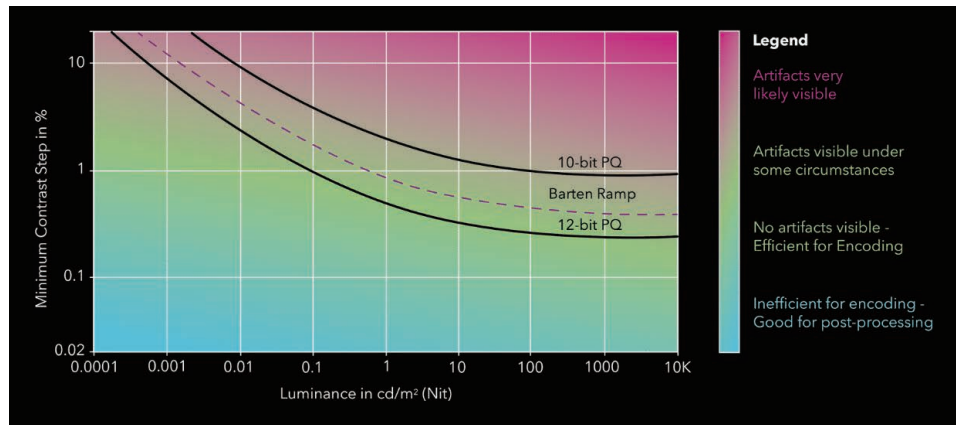
10-bit Gamma를 고려할 경우, Barten Ramp 한계선보다 위에 있기 때문에 Banding이 보이는 구간이 많으므로 부적합하고, Gamma 전달함수로 Barten Ramp 한계선보다 아래에 있기 위해서는 15-bit Gamma coding이 필요한데, 이는 encoding 효율성 면에서 굉장히 불리합니다.



12-bit PQ(Perceptual Quantizer)

그래서 Dolby 사는 Barten Ramp 곡선을 따르는 새로운 비선형 전달함수를 고안하였고, 이것이 바로 SMPTE ST.2084, 그리고 ITU-R의 BT.2100에서 표준화된 PQ 전달함수입니다. 아래 그림에서 PQ는 전체 영역에서 시각적인 한계선(Barten Ramp)의 아래쪽에서 유지되므로, 0과 10,000nit 사이에서 시각적으로 손실 없는 전달함수라 할 수 있습니다.

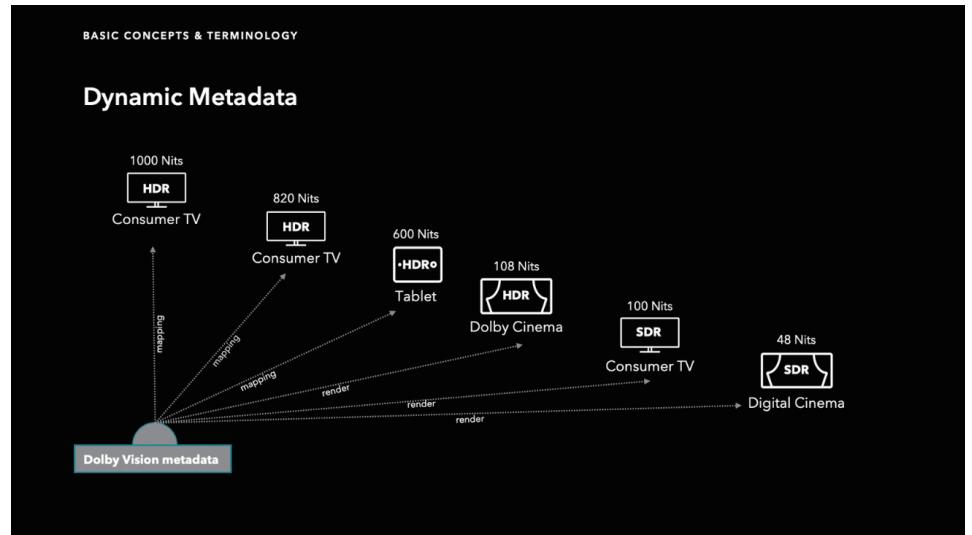
그리고 10-bit PQ 곡선도 Barten Ramp 한계의 살짝 위쪽으로 그려지는데, 실제 시스템상에서는 카메라 센서 노이즈와 같은 저 레벨 노이즈를 고려했을 때, 10-bit PQ도 나쁘지 않은 옵션으로 생각할 수 있습니다.



Dynamic Metadata

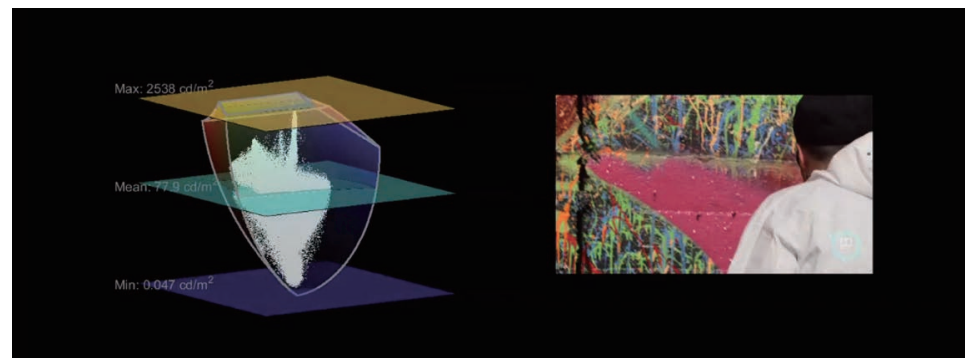
Dolby Vision HDR 포맷의 큰 차별점은 동적 메타데이터에 있습니다. 이 동적 메타데이터는 기존에 창작된 콘텐츠의 Color Volume 그대로를 Dolby Vision 적용이 가능한 디스플레이에 그려내고 맵핑하는 데에 사용됩니다.

그림과 같이 각각의 디스플레이는 각기 다른 Contrast Range와 Color Volume 표현을 가지고 있습니다. 하지만 Dolby Vision 동적 메타데이터는 각각의 디바이스에서 일관된 영상을 구현할 수 있도록 해줍니다.



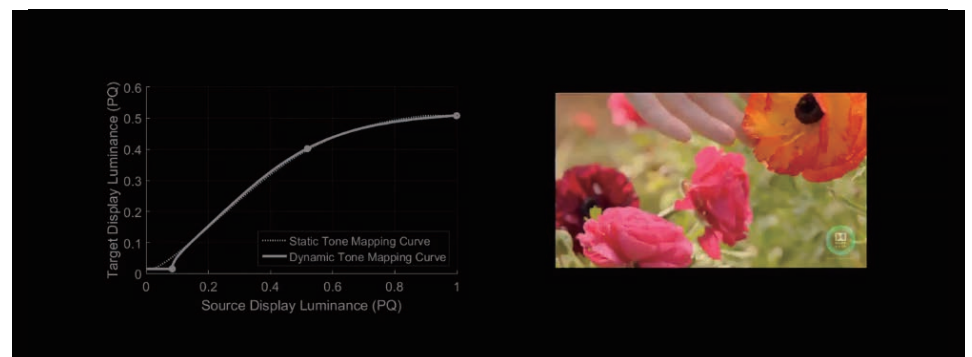
Metadata Calculation

Dolby Vision 동적 메타데이터는 밝기 레벨의 최댓값(Max), 평균값(Mean), 최솟값(Min)의 변화를 장면마다 기록하고, 이 값들은 밝기가 상대적으로 낮은 HDR 디스플레이나 SDR 디스플레이에 톤 매핑될 때 계산되어 적용됩니다.



Dynamic Tone Curve

밝기 레벨의 최댓값, 평균값, 최솟값과 함께, 톤 매핑될 Target display가 정해지면 Dynamic Tone Curve가 그려지게 되고 이를 이용해 Target Display에 컬러 볼륨을 완성할 수 있습니다.



Colorfront Transcoder for Dolby Vision HDR 시연

앞에서 언급하였듯이 기본 워크플로우는 HDR Grade 마스터링을 먼저 하는 것이 기본이나, 예산상, 절차상의 문제로 다양한 변수가 있을 수 있습니다. Dolby Vision 사에서 보여주었던 시연은 Colorfront 사의 Transcoder라는 장비로 기존의 SDR 콘텐츠를 Dolby Vision HDR로 변환하여 전후 영상을 비교 재생해 보여주었습니다. PC에서 직관적인 노드 형식으로 쉽게 컨버터 세팅을 할 수 있었으며, 영상이 짧긴 했으나 컨버팅되는 시간은 몇 분 걸리지 않았습니다.

SBS에서 가져간 SDR 영상으로 Dolby Vision HDR 변환본을 현장에서 직접 확인하였는데, 가장 눈에 띄는 점은 Dolby Vision HDR에서 하이라이트 영역의 직접 반사된 화이트(Specular White)와 확산된 화이트(Diffused White)가 좀 더 확연히 구분되는 점이었습니다. 기존 100nit인 SDR에 비해 Dolby Vision HDR은 최대 밝기 1,000nit로 하이라이트에서의 헤드룸이 충분히 확보된 결과였습니다. 또한 구분된 그 하이라이트 영역에서 색감도 풍부해진 것을 확인할 수 있었습니다.

아래는 시연 사진으로 왼쪽이 SDR 원본 영상(최대 100nit, BVM-X300), 오른쪽이 Dolby Vision HDR 변환 영상(최대 1,000nit, BVM-X300)입니다. (휴대폰으로 촬영되었기에 실제 Dolby Vision HDR과 다를 수 있습니다)



직접 일일이 SDR HDR을 색보정 해주지 않아도, Colorfront Transcoder와 같은 장비를 통해 꽤 좋은 퀄리티의 영상을 얻어낼 수 있다는 것을 알게 되었고, 이외에도 HDR10을 Dolby Vision HDR로의 변환도 가능하다고 하니, 다양한 작업 워크플로우를 시도해 해볼 수 있을 것으로 생각합니다.

마치며

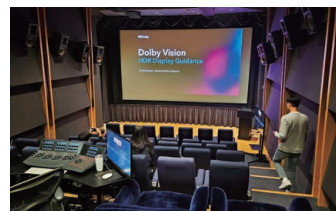
사실 배운 내용이 상당히 많았고, 질문들도 쉴 새 없이 이어질 정도로 장시간의 교육이었는데, 그만큼의 내용을 충실히 담아내질 못한 것 같아서 조금 아쉬움이 남습니다. 함께 갔었던 선배님들께서 세부적인 워크플로우, HDR 컬러그레이딩 실습 등 더 다양하게 다루어주실 거로 생각하며 아쉬움을 달래보려 합니다.

뜻깊고 가치 있는 교육의 기회를 주신 방송기술교육원 분들, 함께 가서 함께 고생하신 돌비코리아의 이미지 부장님, 그리고 교육 참여를 위해 도와주신 모든 선배님들께 감사의 말씀을 전합니다. 함께 LA로 떠났던 선배님들도 너무나 수고 많으셨습니다.

마지막으로 부족한 글을 끝까지 읽어주셔서 감사하다는 말씀을 드리며 이만 줄이겠습니다. 감사합니다. 🙏



Dolby Laboratories 전경



Dolby Laboratories에 있는 내부 상영관인 LARRY UMLANG Theatre