



색 영역(Color Gamut)이란?

인간이 색을 보는 방법과 그것이 PID 선택에 중요한 이유

이번 CES 2017의 중요한 트렌트 중 하나는 고색재현성 이었습니다. 이 백서에서는 삼성 디스플레이의 전문가들이 색과 디스플레이의 관계를 이해할 수 있도록 도와 드리겠습니다.

이 ‘기본으로 돌아가기’는 인간의 눈이 색을 인식하는 방식, 색 영역의 정의, 디스플레이 솔루션의 색 구현 방식을 다룰 것입니다. 이 자료를 통해 여러분은 혁신적 디스플레이 제조업체들이 추구하는 색표현기술과 영상품질기술의 진화를 이해할 수 있을 것입니다.

색 공간의 영역에서 업계의 진보에 관심이 있으신가요? 이 시리즈의 두 번째 파트에서 디스플레이의 [퀀텀닷 기술과 원리](#)에 대한 구체적인 내용을 살펴 보십시오.

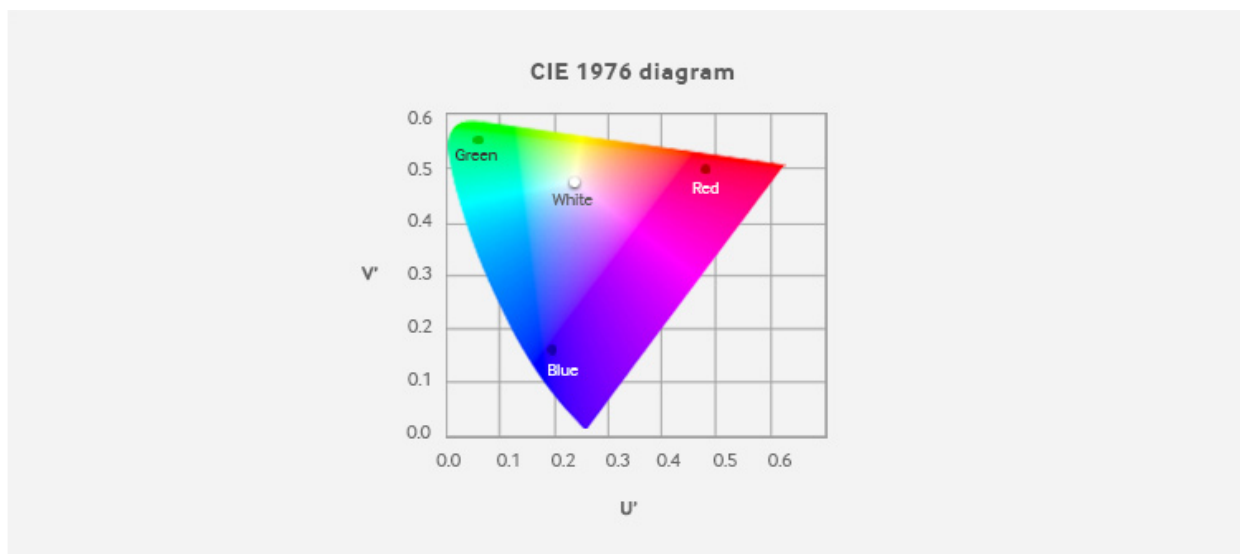
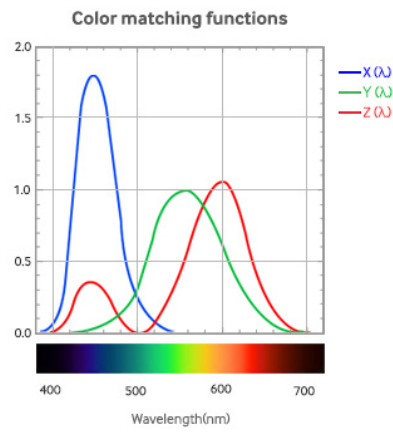
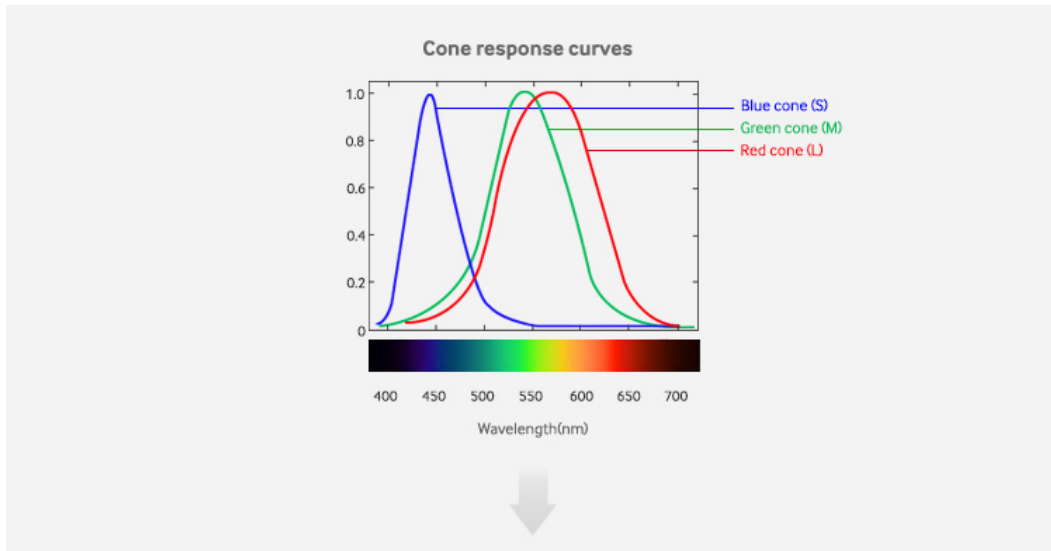
색과 인간의 눈 - 색이란 무엇이며, 우리는 어떻게 색을 보는가?

색은 인간의 눈을 통해 감지된 빛을 인간의 뇌에서 해석함으로써 만들어지는 시각적 인식입니다. 빛이 물체에 부딪히면, 물체는 빛의 일부를 흡수하고 나머지는 반사합니다. 흡수되거나 반사되는 빛의 파장은 물체의 특성에 따라 다릅니다. 물체 표면에 반사된 빛은 눈의 망막에 도달하게 됩니다. 망막은 추상세포라고 불리는 색을 인지하는 특수한 세포를 수백만 개 갖고 있으며, 추상세포는 파장의 길이에 따른 세 가지 빛의 스펙트럼에 대해 반응합니다. 이에 따라 인간은 빛의 **삼원색**을 지각하게 됩니다.

사람 눈은 380nm부터 780nm의 파장을 가진 가시광선을 볼 수 있습니다. 간단히 말해서, 각 유형의 추상세포가 특정 파장에 전문화된 것입니다. 적색 계통은 파장이 길고, 녹색은 중간, 청색은 짧습니다. 그러므로, 물체에서 반사된 빛이 추상세포를 전달되면, 빛이 수상세포를 자극하는 정도는 각기 다릅니다. 그 결과로 만들어진 신호가 시신경을 통해 뇌의 시각령으로 전달되고, 여기에서 색의 해석이 이뤄집니다.

모든 색은 적색, 녹색, 청색의 조합으로 만들어집니다. 혼합된 색이 사람의 눈을 통과하면서, 이 안에 들어 있는 다수의 파장이 각각의 추상세포를 자극하고, 시신경 네트워크가 이것을 인식 및 해석하도록 하는 것입니다. 빛 파장의 조합이 달라도, 같은 색으로 인식될 수도 있습니다.



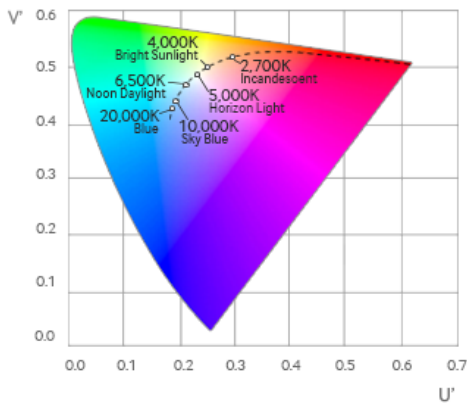


사람의 색 인식에 영향을 끼치는 또 하나의 중요한 특성은 빛의 세기입니다. 색 온도는 빛을 구성하는 다양한 파장의 상대적 세기를 표현하는 것입니다. 색 온도는 절대 온도 켈빈(K)으로 표현되는데, 온도가 낮으면 적색이 강하고 온도가 높으면 청색이 강합니다. 물체의 온도에 따라 다른 주파수의 빛을 방출하므로, 색을 온도로 표현하는 것입니다.

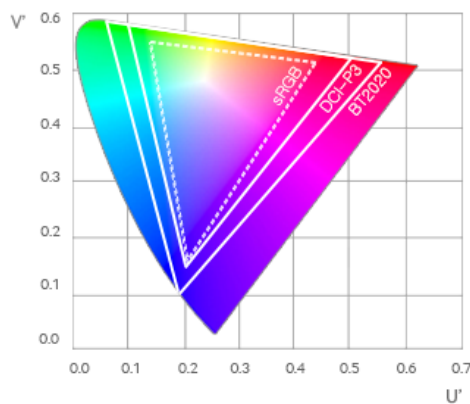


2700K	4000K	5000K	5500K	6500K	10000K	20000K
Illuminant A		D50			D65	
Incandescent	Bright Sunlight	Horizon Light	Mid-morning Light	Daylight (Monitor)	Sky Blue (TV)	Blue Light (TV+LAP)

CIE chromaticity diagram



(CCT : IT 6,500K / TV 10,000K)

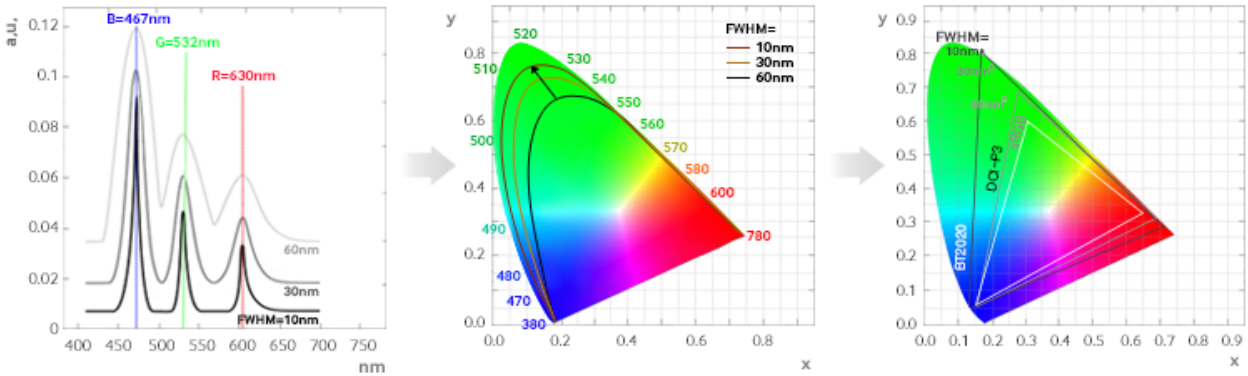


(Color Gamut Trend : sRGB → DCI-P3 → BT2020)

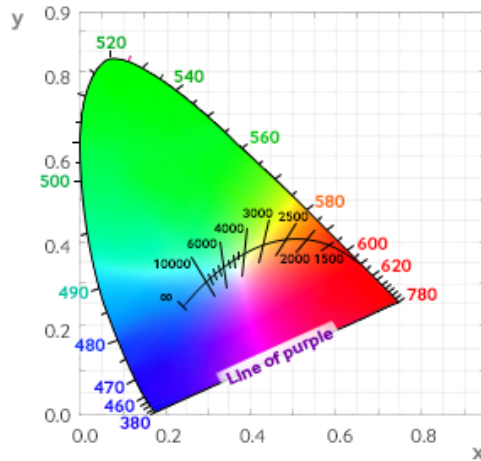
색 공간 - 색의 측정 방식

디스플레이의 산업에서는 색을 공간을 규정하는 다양한 표준이 있는데, 정보 디스플레이 학회(SID)에서 권위 있는 디스플레이 측정 표준으로 추천하는 것은 CIE 1976[1]입니다. 색도도는 색 공간 매핑에 많이 쓰이는 방법으로, 이는 휘도 같은 요인을 배제하고 색의 품질만을 측정하기 때문입니다. **색 공간**이란 사람의 눈으로 인식하는 가시광선의 영역을 표현 방식으로 정의됩니다. 이는 모든 색을 격자에 배치하는데, 측정 가능한 스펙트럼 흡수력 값을 할당하여, 색 간의 비교가 가능하고, 색 영역 표준을 기술할 수 있습니다.

Color tunability



CIE 색도도는 명도 변수와 생상 및 채도라는 두 가지 색도 좌표에 따라 빛의 스펙트럼 분포를 매핑합니다. 평균적인 인간이 볼 수 있는 모든 색상은 ‘말발굽’ 도표 안에 모두 포함됩니다. ‘말발굽’의 경계선은 **스펙트럼 궤적**에 해당하는데, 나노미터 단위의 빛의 파장으로 측정된 스펙트럼 색의 최대 채도를 나타냅니다. **자주색 선**은 스펙트럼 궤적의 양끝을 연결하는 직선으로, 보라색(360nm)과 적색(780nm)을 혼합한 색의 최대 채도를 나타냅니다. 채도가 낮은 색은 백색에서 **뻗어** 나오는 중심부에 위치합니다. 그림의 흰 영역에 있는 곡선은 켈빈으로 측정된 절대 **색 온도**를 보여줍니다.



위의 CIE 도표는 가산법에 의한 색 혼합으로 얻을 수 있는 모든 색을 시각화한 것입니다. 가산 삼원색을 이용하면, 다른 파장과 밝기의 빛을 혼합함으로써 새로운 색을 얻을 수 있습니다. 이 도표는 정상적인 인간의 눈으로 볼 수 있는 모든 색을 나타냅니다. 하지만, 특정 기기에서 이용 가능한 색의 범위를 표현하기 위해 업계에서는 색 영역이라는 표현을 이용합니다.

색 영역은 디스플레이가 만들어 낼 수 있는 색의 범위를 측정하는 것입니다. 정상적인 사람 시각의 영역은 전체 CIE 도표에 해당하지만, 디스플레이 기술로 이를 달성하는 것은 이론적으로만 가능합니다. 그래서, 색 표준은 도표 내에서 삼각형으로 표현되며, 각 꼭지점의 색을 조합함으로써 만들어 낼 수 있는 색상을 표현합니다. 최근에는, 디스플레이의 색 공간 표준이 계속 진보하여, [표현 가능한 색 영역이 계속 커지고 있습니다](#).

색 영역 표준의 발전

[색 영역을 이해하는 것](#)은 디스플레이 기술을 평가하고 현실감 있는 색상을 재현하는데 매우 중요합니다. 대다수의 디스플레이 장치는 모든 픽셀의 색을 RGB 색 모형으로 정의합니다. 이 삼원색을 이용하면 대부분의 색 공간을 표현할 수 있음을 위의 색도도에서 알 수 있습니다.

RGB와 sRGB

ITU-R 권고안 BT 709 혹은 Rec 709 [2]라고 불리는 RGB 표준은 1990년에 승인되었습니다. RGB는 CIE 1976 u'v' 도표의 색도 중 33.2%만을 포함합니다. sRGB는 1996년에 만들어졌으며, Rec 709와 같은 원색과 흰색 점을 이용합니다. 이것이 현재 소비자용 전자제품에 가장 널리 쓰이는 색 영역입니다. 이 색영역도 아직 상당히 좁아서, **CIE 1976 u'v' 색도 중 38.7%**만을 포함합니다.

DCI-P3

2007년에 발표된 DCI-P3[3] 색 공간은 Rec 709 및 sRGB와 같은 청색의 원색을 이용하지만, 녹색과 적색은 다른 원색을 이용합니다. DCI-P3의 적색 원색은 단색 615nm이며, 녹색 원색은 노란 색조가 강하고, 채도가 더 높습니다. DCI-P3는 sRGB 영역보다 26% 더 커서, **CIE 1976 색도도의 41.7%**를 포함합니다.

BT 2020

ITU-R 권고안 BT 2020, 또는 Rec 2020이라고 하는 것은 단색의 RGB 원색(467nm, 532nm, 630nm)을 필요로 하며, 가장 넓은 색 영역을 규정합니다. 이 색 영역은 아주 넓어서, [sRGB보다 72%, DCI-P3보다 37% 큼니다](#). 이에 따른 색 공간은 **CIE 1976 색도도의 57.2%**를 포함합니다.

Rec 2020 비색법의 채택이 늘어나고는 있지만, 이 색 공간을 100% 달성하는 것은 물리적으로 불가능하므로, 규정 준수에 명확한 정의가 필요합니다. 현재 시점에서는, 단지 몇 개의 디스플레이만이 Rec 2020 색공간을 제공하는데 근접해있습니다.

LCD 패널에서는 퀀텀닷(QD) 기술을 이용해야만 BT 2020 색 영역의 최적화를 가능하게 하는 원색을 얻을 수 있습니다. 퀀텀닷의 유형에 따라 30-54nm의 반치전폭(FWHM: Full Width at Half Maximum)을 갖는 스펙트럼 상의 좁은 원색을 만들어 낼 수 있으므로, 가장 넓은 색 영역을 제공하는 것이 가능합니다.

색을 어떻게 인식하고 측정하는지를 살펴봤으니, 이제 디스플레이에서 색을 어떻게 만들어내는지를 살펴보기로 하겠습니다.

색 및 LCD 솔루션



색 영역이 넓으면 가장 현실과 가까운 영상의 생생한 색을 얻을 수 있습니다. 이제 LCD의 기능과 색의 재현 방식에 대해 [업계가 향하는 방향을 알아보겠습니다.](#)

LCD의 색 구현 원리

전통적인 LCD 디스플레이에는 다수의 **발광 다이오드(LED)**로 구성된 백라이트 시스템이 있습니다. 이 LED는 청색이지만, 백색을 내기 위해 녹색과 적색 인광체로 덮여 있습니다. 또한, 인광체의 집중도를 변화시킴으로써 LED의 색 온도를 변경하고 조정하는 데에도 인광체가 쓰입니다.

LED에서 나온 빛이 편광 필터를 거치면, **액정(LC)**을 지나는데, 액정은 빛을 차단하거나 적색, 녹색, 청색의 **색 필터(CF)** 층을 통과하게 합니다. 이것들을 **서브픽셀**이라고 합니다. 적색, 녹색, 청색을 혼합하면 어떤 색이든 만들 수 있으므로, 이 세 개의 서브픽셀로 구성된 각 색 픽셀은 고유의 색을 내고, 이것이 영상을 구성합니다. 적용하는 전압을 조정하고 변경시킴으로써 각 서브픽셀의 강도가 밝거나 어두워질 수 있어, 디스플레이에 나타나는 색이 정해집니다. 이렇게 서브픽셀의 다양한 조합으로 수백만 가지의 색이 만들어집니다.



백색 LED를 이용한 이러한 메카니즘은 단순하면서 저렴하기 때문에, 상업용 디스플레이에서 TV, 모니터, 노트북, 태블릿, 스마트폰에 이르는 다양한 제품에 널리 쓰이고 있습니다.

LCD를 어떻게 만드는지 자세히 알고 싶으시면 [LCD 제조 공정에 관한 삼성 PID의 블로그](#)를 참조하여, 하드웨어 내에서 이러한 색 구현 원리가 어떻게 실현되는지 확인하십시오.

색 표현의 미래

더 넓은 색 공간을 구현하기 위해, 디스플레이 업체들은 LCD의 성능을 확장하는 다양한 솔루션을 만들고 있습니다. BT 2020 표현 요건에 가까이 갈 수 있는 가장 유망하고 현실적인 기술은 **퀀텀닷 디스플레이**입니다.

QD를 활용한 LCD의 기반 작동 원리는 전통적인 구성과 비슷합니다. 가장 큰 차이는 QD 디스플레이에서는 백색 광선 대신 청색 LED를 사용하여, 서브픽셀을 통해 빛을 쏘는 것 이외에 녹색과 적색광을 내도록 조정된 퀀텀닷을 이용합니다. 퀀텀닷의 색은 아주 순수하므로, 낭비되는 빛을 줄이면서 RGB 색을 낼 수 있어, 더 우수한 색상의 영상을 만들어 냅니다.

QD 디스플레이 설계 방식은 다양한데, 이에 대해서는 색에 대한 이 시리즈의 두 번째 부분에서 다루겠습니다. [양자점 기술, QD 디스플레이 유형, 색 표현의 미래에 대해 더 자세한 내용을 보십시오.](#)

[1] CIE(International Commission on Illumination)는 1931년에 최초의 CIE 표준을 규정했습니다. 1976년 수정 표준은 보다 직선적인 색 공간을 채택하여, 인식된 색상의 변동이 최소화되고 색의 비교가 정확해졌습니다.



[2] ITU-R 권고안은 국제 전기통신 연합(International Telecommunication Union:ITU)의 전파통신 부문(과거의 CCIR)에서 만든 국제 기술 표준입니다.

[3] DCI는 Digital Cinema Initiatives, LLC를 나타내며, 주요 영화 스튜디오들의 합작 회사입니다.

[4] 반치전폭(FWHM: Full Width at Half Maximum)은 기능이 최대값의 반에 달하는 스펙트럼 곡선 상의 점간의 차이로 계산한 스펙트럼 폭을 기술하는 방법입니다.

핵심 용어 사전:

- **색**은 인간의 눈을 통해 감지되고 인간의 뇌를 통해 빛 정보를 해석함으로써 만들어지는 시각적 인식입니다.
 - **인간 눈의 파장 민감도**: 인간의 눈은 380nm부터 780nm의 파장을 가진 가시광선을 볼 수 있습니다.
 - **색 공간**이란 사람의 눈으로 인식하는 가시광선의 영역을 표현 방식으로 정의됩니다.
 - **색 영역**은 디스플레이가 만들어낼 수 있는 색의 범위를 측정하는 것입니다.
 - **스펙트럼 궤적**은 나노미터 단위의 빛의 파장으로 측정된 스펙트럼 색의 최대 채도를 나타냅니다.
 - **자주색 선**은 스펙트럼 궤적의 양끝을 연결하는 직선으로, 보라색(360nm)과 적색(780nm)을 혼합한 색의 최대 채도를 나타냅니다.
-