

영상 미디어 간에 색 맞추기

□ 광영신 / UNIST

요약

동일한 장면을 촬영해도 카메라 종류나 세팅에 따라 또 어떤 모니터나 프린터를 이용해 영상을 출력하느냐에 따라 결과 영상은 크게 달라진다. 다양한 미디어에서 작가가 의도한 색감을 정확히 표현하는 것이 미디어 아트에서 중요한 이슈인 만큼 본 고에서는 영상 장비들이 색을 만드는 원리에 대해 살펴보고 장비들간에 색을 맞추는 기술들의 원리에 대해 간략히 소개하고자 한다.

1. 영상 장비들의 색 만들기 원리 (원색, 색역, 색공간, 가법 혼합 vs. 감법 혼합)

컬러 영상 장비들은 몇 가지의 원색(Primary Color)들을 가지고 적절한 비율로 이 원색들을 섞음으로서 다양한 색을 만든다. 각 영상 장비가 만들어 낼 수 있는 색의 범위를 색역(Color Gamut)이라고

하는데, 적은 수의 원색으로 최대한 다양한 색을 표현하는 영상 장비가 개발자 입장에서는 가장 효율적인 장비라 할 수 있을 것이다.

영상 장비가 만들어 내는 각각의 색은 색공간의 좌표로 표현할 수 있다. 예를 들어 red, green, blue 세 개 채널을 이용하여 색을 만드는 모니터의 경우 RGB 색공간을 이용하여 모니터가 만들 수 있는 모든 색을 표현한다. 각 채널별로 0에서 255까지 256 단계의 색을 표현한다면 그 모니터는 모두 16,777,216개 (=256x256x256)의 서로 다른 색을 표현할 수 있고 각 색은 세 개의 좌표값으로 표현 가능하게 된다. 그러나 동일한 RGB 색 신호라 하더라도 영상 장비들의 색을 재현하는 물리적 특성에 따라 사람 눈에는 전혀 다른 색으로 보일 수 있다. 그래서 RGB와 같은 색공간을 ‘장비 종속적 색공간(Device-Dependent Color Space)’이라고 하며, 사람들이 보는 색을 표현하는 색공간을 ‘장비 독립적 색공간(Device-Independent

Color Space)’이라고 한다.

사람들이 보는 색은 국제조명기구 CIE에서 정의한 방식으로 표현 가능하다. 가장 기본이 되는 색공간은 CIE XYZ 색공간으로 사람이 보는 색을 XYZ 세개의 숫자로 표현한다. 이보다 좀 더 사람들이 인지하기 쉬운 좌표를 이용하는 색공간으로는 CIELAB 색공간이 있는데 L*(명도, Lightness), C*(채도, Chroma), h(색상, hue angle)로 색을 표현한다. 이 외에도 CIECAM02와 같이 좀더 사람들의 시각 인지 특성을 잘 반영한 시각 모델들이 있다.

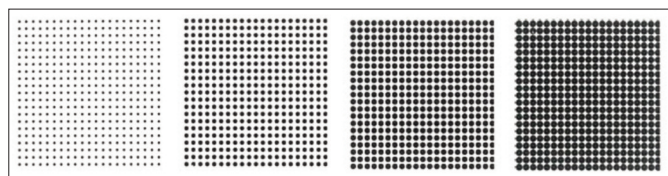
빛을 섞는 경우와 잉크나 페인트를 섞는 경우는 색을 만드는 방식이 달라 서로 다른 원색을 써야지만 넓은 색역(Color Gamut)을 표현할 수 있다. 예를 들면 빛을 섞는 방식인 LCD 모니터는 빨강(red), 초록(green), 파랑(blue) 세개의 빛을 이용해 다양한 색을 만들고 잉크젯 프린터의 경우 사이언(cyan), 마젠타(magenta), 노랑(yellow) 세 종류의 잉크를 섞어 다양한 색을 만든다. 물론 최근에서 네 개 이상의 원색을 사용하는 장비들도 있지만 세 개 만으로도 충분히 다양한 색을 만들어 낼 수 있기에 세 개의 원색을 사용하는 것이 일반적이다.

빛을 섞는 경우에는 빛이 서로 더해져 사람 눈에 들어오게 된다. 예를 들어 빨강색 빛과 초록색 빛을 섞으면 사람 눈에 빨강색 빛과 초록색 빛이 동시에 들어와 밝은 노랑색으로 인지된다. 이처럼 빛을 섞

는 경우 섞으면 섞을수록 빛의 양이 더해지기 때문에 ‘가법 혼합(Additive Mixing)’이라고 부른다.

반면에 빨강색 물감과 초록색 물감을 섞는 경우에는 전혀 다른 상황이 된다. 빨강색 물감은 흰색 빛을 받았을 때 빨강색 부분에 해당하는 빛(가시광선 중 장파장대 영역)만 반사시키고 다른 빛은 흡수하는 성질을 가지고 있다. 비슷하게 초록색 물감은 가시광선 중 중간파장대 영역만 반사시키고 다른 파장대의 빛은 흡수하는 성질을 갖는다. 이때 빨강색 물감과 초록색 물감을 섞으면 물감들에 의해 흡수되는 빛의 양이 많아져 반사되는 빛은 갈색과 같은 어두운 노랑색이 만들어지게 된다. 물감을 섞는 경우, 섞으면 섞을수록 흡수되는 빛은 많아지고 반사되어 사람 눈에 들어오는 빛의 양은 줄게 되어 ‘감법 혼합(Subtractive Mixing)’이라고 부른다.

물감이나 잉크와 같이 빛을 흡수하는 방식으로 색을 만드는 원색을 이용한다고 하여 무조건 감법 혼합을 이용해 색을 만드는 것은 아니다. <그림 1>과 같이 흰 종이에 검정색 잉크로 점들을 찍는다고 하자. 가까이에서 보면 흰색 배경과 검정 점들을 잘 구별할 수 있지만 멀리서 보면 사람 눈으로는 더 이상 점을 구분할 수 없게되고 흰색과 검정색이 가법 혼합 방식으로 섞인 회색으로 보인다. 이때 점 크기를 조절하면 흰색과 검정색 비율이 달라져 다양한 회색을 만들 수 있게 된다. 이러한 기법을 ‘하프 토



<그림 1> 하프토닝 기법을 이용한 색 혼합

닝(Half-Toning)’이라고 하고 프린터에서 일반적으로 사용하고 있는 기술이다.

따라서 영상 장비들이 만들어 내는 색을 이해하고 컨트롤 하려면 어떤 원색을 사용했고, 이 원색들로 만들어지는 색역이 어떻게 되고 어떤 방식으로 색을 섞는지 즉 가법 혼합 방식인지 감법 혼합 방식인지 둘 다를 동시에 사용하고 있는지를 이해하여야 한다.

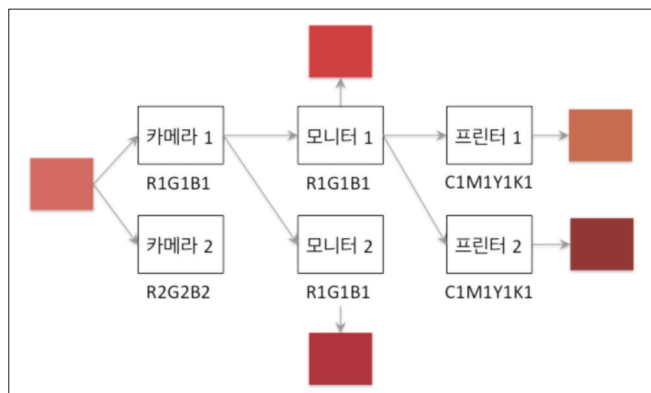
II. 영상 장비들이 보는 색 vs. 사람들이 보는 색

〈그림 2〉는 카메라를 이용해 촬영한 색을 모니터에 띄우고 또 이 색을 프린터에 출력하는 과정을 간략히 표현한 것이다.

디지털 카메라는 촬영된 컬러값을 RGB 신호로 기록한다. 같은 장면을 촬영했다 하더라도 카메라 종류에 따라 결과로 기록되는 RGB값은 크게 달라질 수 있다. 대부분의 카메라들의 내부 구조를 보면 영상 센서 앞에 red, green, blue 필터들이 규칙적

으로 배열되어 있다. 렌즈를 통과한 빛이 필터를 통과한 후 센서에서 흡수되어 전기 신호로 바뀌게 된다. 그렇다보니 동일한 빛이 들어오더라도 필터 특성 및 노출 시간 등에 따라 서로 다른 red, green, blue 신호가 만들어진다.

이제 카메라로 만들어진 하나의 RGB 영상이 서로 다른 두 모니터에 전해지는 상황을 생각해 보자. 요즘 보편적으로 사용되는 모니터는 LCD 모니터이다. LCD 모니터의 대략적인 구조를 보자면 가장 뒤쪽에 백라이트 즉 조명이 있고 그 앞에 액정(liquid crystal) 판이 있다. 액정은 가해지는 전기 신호에 따라 투과율이 바뀌는 특성이 있어서 LCD 모니터는 이를 이용해 다양한 밝기를 표현할 수 있게 된다. 컬러 신호는 액정을 통과한 빛이 앞에 붙어 있는 red, green, blue 컬러 필터를 통과하면서 만들어진다. 이렇듯 모니터의 컬러는 백라이트, 액정, 컬러 필터의 특성에 따라 영향을 받게 된다. 모니터에 사용된 재료들 및 구동 방법에 따라 모니터가 낼 수 있는 red, green, blue 칼라의 색이 달라지게 되니, 같은 RGB 영상 신호가 들어오더라도 제품 특성에 따라 모니터에 나타나는 색이 서로 다를 수 밖에



〈그림 2〉 영상 장비 고유 특성에 따라 달라 보이는 색

없다.

이제 마지막으로 모니터에서 보던 영상을 프린터로 보내는 경우를 생각해보자. 프린터는 사이언(cyan), 마젠타(magenta), 노랑(yellow), 검정(black) 이렇게 CMYK 네 개의 잉크를 사용해 컬러를 만들어내는 것이 일반적이다. 물론 회사마다 사용하는 잉크의 컬러 특성은 제각각 다르다. 그러나 동일한 CMYK신호가 사용된다 하더라도 프린터 종류마다 실제 프린트되는 색은 당연히 달라지게 된다. 이 뿐만이 아니다. 프린터의 경우 종이 특성이나 외부 조명 특성에 따라서도 크게 영향을 받는다.

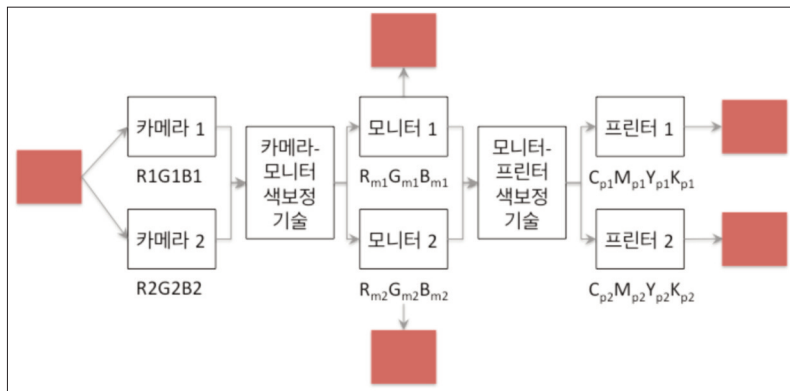
이처럼 영상 장비들은 RGB 혹은 CMYK와 같은 신호들로 각 영상장비들이 만들어 내는 색을 모두 표현할 수 있고 이 색공간 좌표값들로 색 정보들을 교환한다. RGB나 CMYK와 같은 색좌표 값들은 모두 ‘장비 종속적 색공간 (Device-Dependent Color Space)’이므로, 영상 장비들이 이해하는 색이 아니라 사람들이 보는 색을 기준으로 영상 장비들이 만들어내는 색을 표현하려면 ‘장비 독립적 색공간 (Device-Independent Color Space)’을 이용한 색 정보 교환이 필요하다.

III. 영상 장비들 간의 색 보정 기술

1990년대 이후 디지털 영상 장비 산업이 비약적으로 발전하면서 화질이 제품 차별화의 중요한 요소로 작용하게 되었고, 장비간 색 재현 차이 문제는 가장 큰 기술적 걸림돌 중의 하나였다. 때문에 장비간에 정확한 색 재현을 하기 위한 다양한 기술이 개발, 발전되어 왔다.

〈그림 3〉은 장비들 간에 색을 맞추는 방법을 개념적으로 표현한 것이다. 먼저 카메라와 모니터 간에 색을 맞추려면 우선적으로 카메라 RGB 신호가 의미하는 색이 무엇인지를 알아야 한다. 이를 위해 카메라의 컬러 특성을 잘 분석하면 RGB 신호와 우리가 보는 색의 관계를 수학적으로 모델링할 수 있게 된다. 비슷하게 모니터에 대해서도 모델을 개발할 수 있다. 이 두 기술을 결합하면 카메라가 촬영한 RGB값이 실제 어떤 색인지를 예측한 후 이 색을 모니터에 재현하기 위해 모니터에서는 어떤 RGB 값을 출력하면 되는지를 계산하는 것이다.

〈그림 3〉에 표현된 컬러 매칭 기술은 크게 두 가지 방식으로 구현되고 있다. 앞에서 말한 방식대로



〈그림 3〉 영상 장비들 간 색 매칭 기술 개념도

컬러 매칭을 해주려면 각각의 장비들에 대한 컬러 특성에 대한 정보가 필요하다. 그래서 첫번째 방식은 ICC 프로파일(ICC profile)이라는 것을 이용해 장비들의 컬러 특성 정보를 공유하는 방식이다. ICC란 인터네셔널 컬러 콘소시엄(International Color Consortium)의 약자로 ICC는 업체들이 모여 영상 관련 표준을 만드는 기구이다. ICC 프로파일이라는 용어를 처음 듣는 독자들도 많을 것이다. 한번 각자의 컴퓨터에서 모니터 특성 정보를 잘 찾아보기 바란다. 프로파일에 대한 내용도 찾아볼 수 있을 것이다.

두 번째 방식은 인터넷이나 TV 방송용 컬러 신호에 적용되는 방식인데 아예 표준 모니터를 정하는 방식이다. 다시 말해 인터넷용 혹은 방송용 영상은 특정한 모니터를 사용해 본다고 가정하고 만드는 것이다. 인터넷의 경우에는 sRGB라는 표준이 있고 디지털 방송은 ITU-R BT.709라는 표준을 사용한다.

IV. 영상 장비들 간의 색 보정 기술의 한계 및 미래

지난 수십년간 영상 장비들 간에 똑같은 색을 재현하기 위한 기술이 연구되어 왔고 다양한 표준들도 나와 있지만, 여전히 영상 장비들 간에 똑같은 색을 재현하는 것은 여러 가지 이유로 쉽지 않다.

많은 경우 장비 간에 똑같은 색을 재현하기가 물리적으로 불가능하다. 이유는 영상 장비들마다 재현해 낼 수 있는 색의 범위가 다르고 시정 환경이 다르기 때문이다. 모니터에서는 만들 수 있는데 프린터로는 표현 못하는 색이 존재하기도 하고 그 반

대의 경우도 발생한다.

또 다른 근본적인 이유 중 하나는 카메라와 사람 눈이 세상을 서로 다르게 본다는 점에서 기인한다. 카메라도 세 개의 센서를 이용하고 사람 눈에도 컬러 인지를 위한 세개의 센서에 해당하는 세 종류의 원추 세포가 존재한다. 카메라나 사람 눈 모두 스펙트럼 정보를 단 세개의 신호로 받아들이기 때문에 스펙트럼이 달라도 동일한 색으로 인지되는 ‘메타메리즘(Metamerism)’ 현상이 발생하게 된다. 그런데 카메라와 사람 눈에 있는 센서들의 감광 특성이 많이 다르다보니 카메라와 사람 눈 사이에도 ‘메타메리즘(Metamerism)’ 현상이 발생하게 된다. 즉 카메라는 똑같은 색으로 보는 두 물체가 사람 눈에 서로 다른 색을 갖는 것으로 보이기도 하고 그 반대의 경우도 발생하게 된다.

이런 문제들을 근본적으로 해결하기 위한 방안으로 ‘스펙트럴 이미징(Spectral Imaging)’ 기술이 논의되고 있다. 스펙트럴 이미징 기술은 말 그대로 스펙트럼 정보를 영상 정보로 주고 받자는 것이다. 물론 기술적인 복잡도는 훨씬 크지만 원 컬러 정보를 그대로 전달할 수 있어 정확한 색재현이 가능하게 된다.

본 고에서 소개한 기술들을 이해한다 하더라도 시중에 판매되는 여러 영상 미디어를 연결해 컬러 매칭을 시키는 것은 그리 단순한 작업이 아니다. 전문가용 제품이 아닌 일반 소비자들을 위한 대부분의 제품들은 화질 차별화를 위해 의도적으로 다양한 색변환을 수행하기 때문이다. 따라서 작가가 의도하는대로 미디어 아트의 색 구현을 위해서는 작품에 사용되는 각 영상 장비들의 컬러 특성에 대한 정확한 이해가 반드시 요구된다.

참고 문헌

- [1] Roy S. Berns, "Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology", 3rd Ed., Wiley-Interscience (2000)
- [2] Ján Morovič, "Color gamut mapping", John Wiley & Sons, (2008)

필자 소개



곽영신

- 1995년 : 이화여자대학교 물리학과 학사
- 1997년 : 이화여자대학교 물리학과 석사
- 2003년 : University of Derby (영국) Color Science PhD
- 2003 ~ 2008년 : 삼성전자 종합기술원 전문연구원
- 2009년 ~ 현재 : UNIST 디자인 및 인간공학부 교수
- 2015년 ~ 현재 : CIE Division1, Vision & Colour Director
- 주관심분야 : 색채 및 감성공학, 디스플레이 프로세싱