

디스플레이 컬러 정확도에 대한 모바일 운영체제의 영향

Comparative Analysis of Display Color Accuracy Across Different Mobile Operating System

김환¹

Howard Kim¹

요 약

본 연구는 모바일 운영 체제가 디스플레이 색상 재현에 미치는 영향을 탐색하는 데 주력하였다. 색상 관리 시스템에서 중추적인 역할을 하는 운영 체제는 디스플레이의 색상 표현 방식에 결정적인 영향을 미친다. 이 연구는 모바일 시장에서 주도적인 위치를 차지하고 있는 두 가지 주요 운영 체제, 즉 Android와 iOS의 색상 재현 방식을 중심으로 분석하였다. 각 운영 체제의 고유한 색상 관리 전략은 디스플레이에서 색상이 어떻게 표현되는지에 깊은 영향을 미치며, 이는 사용자가 스마트폰을 통해 느끼는 시각적 경험과 직결되어 있다. 따라서 본 연구는 이러한 차이점이 색상 재현에 어떠한 효과를 미치는지에 대해 조사하였다. 또한, 이 연구는 사용자의 시각적 경험과 디스플레이 품질에 미치는 각 운영 체제의 영향에 대한 파이프라인 단계에서의 기본적인 이해를 제공함으로써, 운영 체제의 선택이 사용자의 스마트폰 사용 경험에 어떻게 반영되는지에 대한 새로운 시각을 제공하였다. 마지막으로, 이 연구는 운영 체제와 색상 재현 사이의 복잡한 상호작용을 보다 세부적으로 이해하는 데 필요한 미래 연구의 방향성을 제시하였다. 이는 새로운 운영 체제의 개발이나 기존 운영 체제의 개선, 그리고 이들이 색상 재현에 어떻게 기여하는지에 대한 통찰력을 제공하는 데 도움이 될 것이다.

핵심어 : 모바일 디스플레이 컬러, 모바일 운영체제, 안드로이드, iOS, 컬러 매니지먼트 시스템

Abstract

This study focused on exploring the impact of a mobile operating system on display color reproduction. Playing a pivotal role in the color management system, the operating system has a decisive impact on how colors are represented on the display. This study focused on the color reproduction of the two major operating systems that dominate the smartphone market, Android and iOS. Each operating system's unique color management strategy has a profound impact on how colors are represented on the display, which is directly related to the visual experience users have with their smartphones. Therefore, this study investigated how these differences affect color reproduction. In addition, this study provides a basic understanding of the impact of each operating system on the user's visual experience and display quality at the pipeline stage, shedding new light on how the choice of operating system is reflected in the user's smartphone experience. Finally, this study has provided directions for future research that is needed to understand the complex interactions between operating systems and color reproduction in more detail. This will help inform the

¹ Future Multidisciplinary Studies, Seoul Cyber University, Seoul, South Korea [Professor]
e-mail: howardkim@iscu.ac.kr

* 본 논문은 2023년도 차세대컨버전스정보서비스학회 하계학술대회에서 발표한 논문을 수정 및 보완한 것임.

Received(July 24, 2023), Review Result(1st: August 7, 2023), Accepted(August 11, 2023), Published(August 31, 2023)



© 2023 The Authors. Published by NCISS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

development of new operating systems or improvements to existing ones and provide insights into how they contribute to color reproduction.

Keyword : Mobile Display Color, Mobile OS, Android, iOS, Color Management System

1. 서론

스마트폰은 현대 사회에서 분리할 수 없는 기기로 자리 잡았으며, 그 중요성은 더욱 증가하는 추세를 보이고 있다. 이러한 디지털 기기의 기능성과 효율성을 좌우하는 중요한 요소 중 하나는 디스플레이 기술이다. 특히 색상 재현은 사용자의 시각적 경험에 결정적인 영향을 미치는 중요한 특성이다. 세밀하고 정밀한 색상 재현은 미디어 콘텐츠 감상부터 디지털 아트워크의 세밀한 표현, 심지어 일상적인 웹 브라우징 과정에서 사용자의 만족도를 향상시키는데 기여한다 [1].

모바일 디스플레이의 색상 재현능력은 다양한 요소에 의해 영향 받는다. 하드웨어 측면인 디스플레이 패널의 기술적 특성은 중요한 역할을 하지만, 디스플레이를 구동하고 제어하는 소프트웨어 측면, 즉 운영 체제의 역할은 또한 핵심적이다 [2].

운영 체제는 디스플레이의 색상을 관리하고 보정하는 시스템을 제공하는데, 이는 디스플레이에서 색상이 어떻게 표현되는지를 결정하는데 중요한 역할을 수행한다. 이런 맥락에서 볼 때, 모바일 운영 체제는 색상 재현에 중요한 영향을 미치는 핵심 요소로 볼 수 있다 [3].

그러나, 이 운영 체제와 색상 재현 사이의 복잡한 상호 작용에 대한 깊은 이해는 아직 미흡한 실정이다. 이는 운영 체제 간의 색상 관리 시스템의 차이, 특히 주요한 모바일 운영 체제인 iOS와 Android 간의 차이를 완전히 이해하는데 어려움을 초래하고 있다 [4].

본 논문은 이러한 문제점을 해결하고자, iOS와 Android의 두 가지 주요 운영 체제에서의 색상 재현 방식을 체계적으로 비교하고 분석한다. 이를 통해 운영 체제가 디스플레이 색상 재현에 어떤 영향을 미치는지 명확하게 이해하고, 이에 대한 효율적인 해결 방안 및 미래 연구의 방향을 제시 하려고 한다.

추가적으로, 본 논문은 색상 재현의 향상이 스마트폰 사용자 경험의 향상에 어떻게 기여하는지, 그리고 이를 통해 디지털 기기의 사용성이 어떻게 증가하는지를 논의할 것이다. 이러한 방식으로 본 연구는 디스플레이 색상 재현에 대한 운영 체제의 영향을 연구하는 분야에 새로운 관점을 제시 하고자 한다.

2. 모바일 운영체제 별 컬러 관리 시스템의 차이

각 운영 체제는 고유한 색상 관리 시스템을 특징으로 하며, 이 시스템은 디스플레이에서 색상 재현의 품질과 방식을 결정하는데 결정적인 역할을 수행한다. 색상 관리 시스템은 디지털 색상 정보

를 물리적인 색상으로 변환하는 과정을 제어하는 것으로, 이는 콘텐츠 생성자의 의도, 디스플레이 하드웨어의 특성, 그리고 운영 체제의 작동 방식 사이의 균형을 맞추는 중추적인 역할을 한다.

이러한 시스템은 컬러 관리에 대한 운영 체제의 전략적 접근 방식을 반영하며, 이를 통해 사용자에게 제공되는 시각적 경험의 질을 결정한다. 이 점에서, 주요 모바일 운영 체제인 iOS와 Android는 이러한 색상 관리에 접근하는 방식에서 명확한 차이를 보인다.

iOS는 색상 관리에 대해 상당히 체계적이고 통합적인 접근 방식을 취하고 있다. 이 시스템은 광범위한 디바이스와 애플리케이션에서 일관된 색상 표현을 제공하기 위해 모든 레벨에서 작동한다. 반면에, Android는 더 유연한 접근 방식을 취하며, 이는 제조업체와 개발자에게 더 많은 커스터마이징 옵션을 제공하지만, 디바이스 간의 색상 일관성을 유지하는 데에는 어려움이 있다. 이러한 차이점은 운영 체제의 디자인 철학과 전략적 목표를 반영하며, 이는 디스플레이의 색상 표현과 사용자 경험에 중요한 영향을 미친다.

2.1 iOS의 컬러 관리 시스템

Apple의 iOS는 광범위한 색상 공간 지원과 함께 강력한 색상 관리 시스템을 통해 명성을 얻었다. 이는 콘텐츠의 정확한 색상 표현을 보장하며, 디바이스가 콘텐츠를 원래 의도한 바에 따라 정확하게 재현하도록 돕는다. 이러한 방식은 사용자에게 최적화된 시각적 경험을 제공하며, 컬러 표현의 신뢰성과 일관성을 보장한다 [5].

iOS의 색상 관리 시스템은 색상 공간 변환을 자동으로 처리하여 개발자들이 색상 재현에 대해 별도의 추가 작업을 수행하지 않도록 한다. 이는 컬러 관리의 복잡성을 개발자로부터 멀리하고, 대신 애플이 전체적인 컬러 관리를 중앙에서 통제하도록 한다. 이런 접근 방식은 개발자들이 콘텐츠 제작에 집중하게 해주며, 사용자 경험의 품질을 향상시킨다.

iOS의 색상 관리 시스템은 또한 고화질 (HDR) 콘텐츠를 지원하며, 이는 화려한 컬러 팔레트와 높은 명암비를 제공하여 사용자의 시청 경험을 향상시킨다. 이러한 기능은 애플의 다양한 디바이스 간의 색상 일관성을 더욱 강화하며, 이를 통해 애플은 사용자에게 어디에서든 동일한 높은 품질의 시청 경험을 제공하고 있다. 애플의 이러한 접근법은 색상 재현의 중요성을 인식하고 이를 기반으로 한 시스템을 구축하는 데 대한 그들의 약속을 보여준다 [6].

2.2 Android 의 컬러 관리 시스템

반면 Google의 Android 운영 체제는 색상 관리에 있어서 개방적인 전략을 채택하였다. 이는 하드웨어 제조사가 디바이스의 색상 프로파일을 개별적으로 조정하고, 그들만의 색상 관리 전략을 구축할 수 있게 한다. 이런 접근법의 결과로, Android 기반 디바이스는 색상 재현에 있어서 다양한

성능을 보여주게 된다 [7].

그러나 이런 유연성은 색상의 일관성을 담보하기 어렵게 만드는 문제를 야기한다. 디바이스 제조사에 따라 색상 표현이 달라질 수 있으므로, 사용자는 동일한 Android 기반 디바이스에서도 서로 다른 색상 경험을 갖게 될 수 있다. Android 8.0 (Oreo)에서부터는 네이티브 색상 관리 기능을 도입하였지만, 이 기능의 구현은 대부분 제조사에게 달려 있으며, 이로 인해 제조사 간에 차이가 발생할 수 있다 [8].

이런 점에서 iOS와 Android는 색상 관리 방식에서 근본적인 차이를 보인다. 애플의 iOS는 통제된 환경에서 일관된 색상 경험을 제공하는 것에 중점을 두는 반면, Android는 다양한 하드웨어 제조사에게 더 큰 유연성을 제공하여 다양한 색상 표현을 가능하게 한다. 이런 차이는 각 운영 체제가 제공하는 사용자 경험과 색상 성능에 큰 영향을 미칠 수 있다.

3. 연구방법

3.1 문제 설정

색상 관리 방식에서 근본적인 차이를 보이는 iOS와 Android 운영체제의 실제 재현 컬러를 분석하기 위한 연구문제를 다음과 같이 설정하였다.

애플의 iOS는 통제된 환경에서 일관된 색상 경험을 제공하는 것에 중점을 두는 반면, Android는 다양한 하드웨어 제조사에게 더 큰 유연성을 제공하여 다양한 색상 표현을 가능하게 한다. 이 두 가지 접근법의 장단점을 심도 있게 분석하고, 이가 사용자 경험에 어떤 영향을 미치는지 검토한다. 이를 통해 색상 관리 시스템이 스마트폰 사용자의 시각적 경험을 어떻게 개선하는지, 그리고 이러한 시스템이 색상 재현의 향후 연구에 어떤 방향을 제시할 수 있는지에 대한 분석으로 진행한다.

3.2 실험 설계

실험 설계를 위해 아래와 같이 실험 환경을 정의하였으며 [9], 실험에 사용된 시료는 [표 1]과 같다.

- 모바일 장치: 동일한 OLED 패널 기술을 사용하는 Galaxy 운영체제 기반 스마트폰(Samsung Galaxy S2x 급) 및 iOS 기반 스마트폰(Apple iPhone 14 Pro 급)
- 측정 장치: Spectrophotometer (380~730nm, 3.3nm high resolution spacing)
- 측정 프로세스: 각 디바이스에서 동일한 컬러샘플 세트를 표시하고 각 샘플별 컬러 정확도 측정
- 측정 조건: 동일 디스플레이 밝기 및 동일 주변광 환경에서 측정 진행
- 통제 환경: 트루톤, 나이트시프트 등 디스플레이에 영향을 미칠 수 있는 모든 설정 초기화

- 평가 애플리케이션: 스마트폰 기본 제공 사진 앨범(갤러리) 앱 및 크롬(Chrome) 브라우저

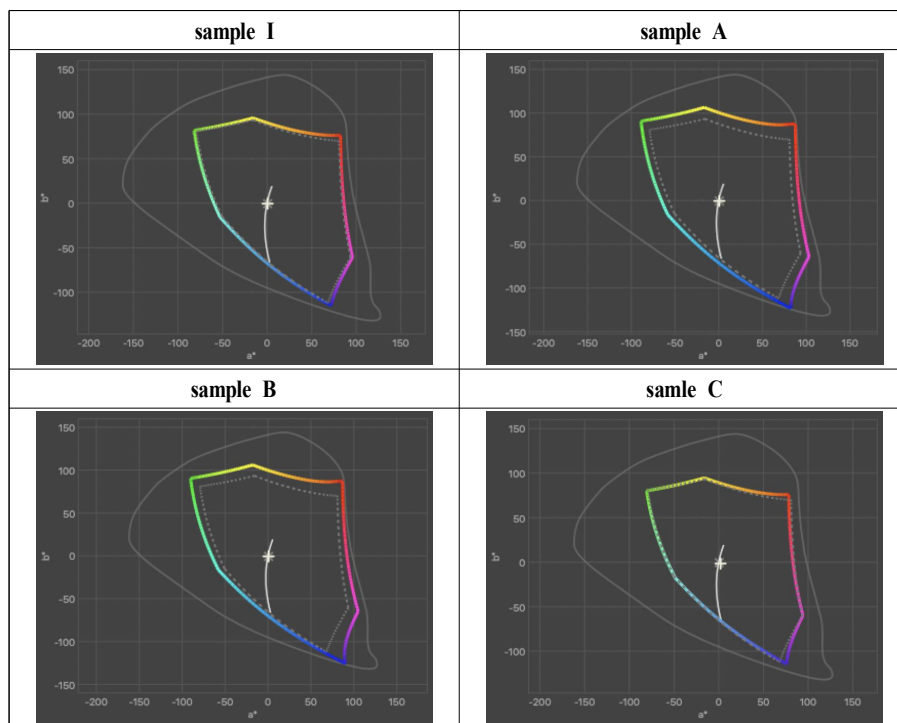
[표 1] 기본 사진 앱에서 P3 콘텐츠의 색상재현영역 (CIEa*b*)

[Table 1] Color gamut for P3 content in the native Photos app

시료명	Sample I	Sample A	Sample B	Sample C
운영체제	iOS 16.5.1	Android 13 based One UI 5.1	Android 13 based One UI 5.1	Android 13 based One UI 5.1
디스플레이	OLED	OLED	OLED	OLED
디스플레이 설정	-	Vivid 1	Vivid 2	Natural

4. 실험결과

4.1 스마트폰 기본 사진 앱의 컬러 특성



[그림 1] 기본 사진 앱에서 sRGB 콘텐츠의 색상재현영역 (CIEa*b*)

[Fig. 1] Color gamut for sRGB content in the native Photos app

[그림 1]은 기본 사진 앱에서 sRGB 콘텐츠의 색상재현영역을 각 시료 기기별로 비교한 결과이다. 그래프에서 천연색은 실제 디스플레이에서 재현하는 컬러 영역을 나타내며, 회색 점선은 sRGB

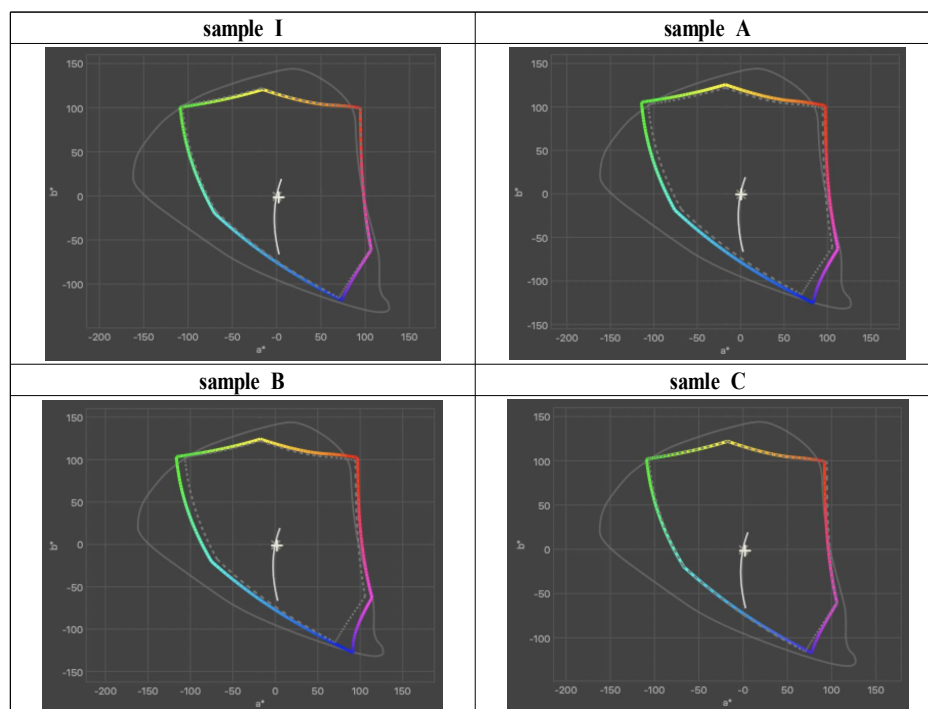
색공간을 의미한다 [10]. 컬러 재현 영역에 대한 sRGB 대비 크기와 커버리지는 아래 [표 2]와 같이 정리하였다 [11].

[표 2] 기본 사진 앱에서 sRGB 콘텐츠의 색상재현영역 (CIEa*b*)

[Table 2] Color gamut for sRGB content in the native Photos app

시료명	Volume	Coverage DCI-P3	Coverage sRGB	Coverage AdobeRGB	dE76 Average	dE76 Max	dE76 RMS
sample I	105.73%	74.82%	100.00%	71.75%	0.21	4.22	0.73
sample A	124.90%	86.96%	100.00%	79.33%	0.23	1.97	0.47
sample B	125.54%	86.67%	100.00%	78.94%	0.21	3.41	0.65
sample C	100.57%	71.10%	97.66%	68.60%	0.55	3.45	0.99

[표 2]에서 sRGB 콘텐츠의 컬러 재현 정확도를 나타내는 Coverage sRGB 는 샘플 I,A,B에서 모두 100%를 보여주었으나, 샘플 C는 97.66%로 약간 못미치는 결과를 보여주었다. 색역의 크기와 함께 sRGB 색공간 대비 일치도를 추정할 수 있는 Volume 에서는 샘플 I,C는 105.73% 및 100.57% 수준의 색역 크기를 보여주었으나, 샘플 A,B는 124.90% 및 125.54% 의 다소 포화된 결과를 나타내었다.



[그림 2] 기본 사진 앱에서 P3 콘텐츠의 색상재현영역 (CIEa*b*)

[Fig. 2] Color gamut for P3 content in the native Photos app

이를 통해 기본 사진 앱에서 샘플 I,C는 sRGB 색공간 기준에 가까운 컬러를 재현하며, 샘플 A,B는 124~125% 내외로 채도가 포화된 컬러를 재현하게 됨을 확인하였다. 그리고 샘플 I가 샘플 C에 비해 5% 내외의 유의한 수준으로 포화된 채도의 컬러를 재현하는 것을 확인하였다.

[그림 2]는 기본 사진 앱에서 P3 콘텐츠의 색상재현영역을 각 시료 기기별로 비교한 결과이다. 그래프에서 천연색은 실제 디스플레이에서 재현하는 컬러 영역을 나타내며, 회색 점선은 Display P3 색공간을 의미한다. 컬러 재현 영역에 대한 P3 대비 크기와 커버리지는 아래 [표 3]과 같이 정리하였다.

[표 3] 기본 사진 앱에서 P3 콘텐츠의 색상재현영역 (CIEa*b*)

[Table 3] Color gamut for P3 content in the native Photos app

시료명	Volume	Coverage DCI-P3	Coverage sRGB	Coverage AdobeRGB	dE76 Average	dE76 Max	dE76 RMS
sample I	150.31%	98.44%	99.82%	89.30%	0.40	2.23	0.86
sample A	164.56%	99.99%	100.00%	92.32%	0.39	4.13	0.87
sample B	164.99%	99.83%	99.99%	92.99%	0.41	1.74	0.76
sample C	147.57%	97.73%	99.69%	87.31%	0.50	3.15	0.96

[표 3]에서 Display P3 콘텐츠의 컬러 재현 정확도를 나타내는 Coverage DCI-P3 는 모든 샘플에서 98.44% ~ 99.99% 내외의 비슷한 결과를 보여주었다. 이를 통해 기본 사진 앱에서 모든 샘플 기기는 P3 색공간 기준에 가까운 컬러를 재현하며, 샘플 C가 1~2% 정도의 유의한 수준으로 Coverage 가 부족함을 확인하였다.

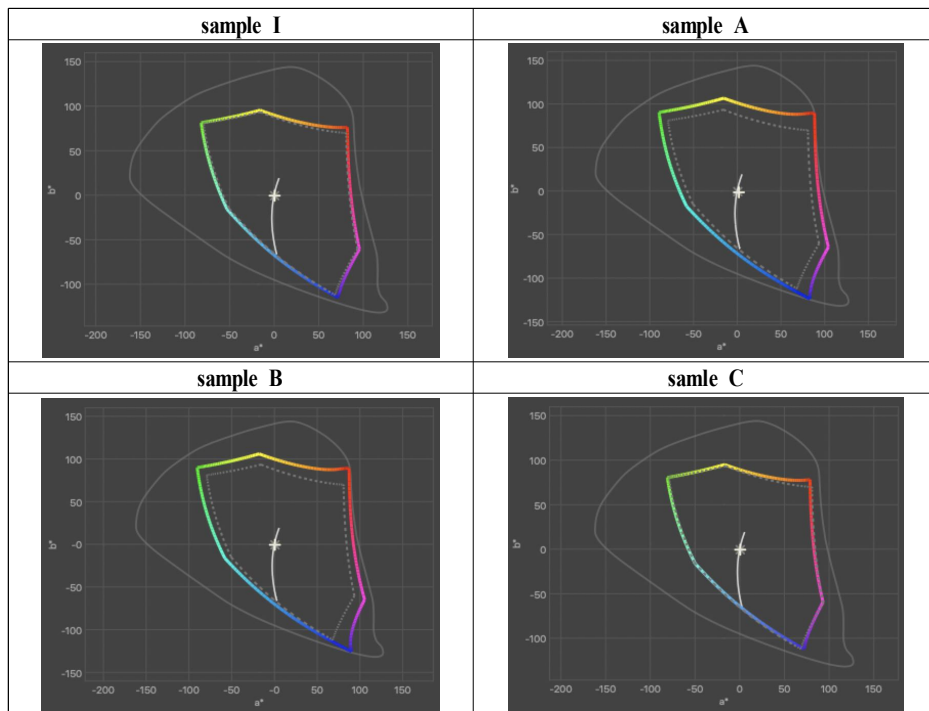
4.2 크롬 웹브라우저 앱의 컬러 특성

[그림 3]은 크롬 웹브라우저 앱에서 sRGB 콘텐츠의 색상재현영역을 각 시료 기기별로 비교한 결과이다. 그래프에서 천연색은 실제 디스플레이에서 재현하는 컬러 영역을 나타내며, 회색 점선은 sRGB 색공간을 의미한다. 컬러 재현 영역에 대한 sRGB 대비 크기와 커버리지는 아래 [표 4]와 같이 정리하였다.

[표 4] 크롬 웹브라우저서 앱에서 sRGB 콘텐츠의 색상재현영역 (CIEa*b*)

[Table 4] Color gamut for sRGB content in the Chrome web browser app

시료명	Volume	Coverage DCI-P3	Coverage sRGB	Coverage AdobeRGB	dE76 Average	dE76 Max	dE76 RMS
sample I	105.34%	74.55%	99.97%	71.60%	0.11	0.76	0.22
sample A	126.25%	87.79%	99.94%	79.88%	0.61	5.26	1.20
sample B	125.49%	86.67%	100%	78.79%	0.41	2.74	0.72
sample C	100.76%	71.35%	98.72%	69.00%	0.74	6.61	1.60



[그림 3] 크롬 웹브라우저서 앱에서 sRGB 콘텐츠의 색상재현영역 (CIEa*b*)

[Fig. 3] Color gamut for sRGB content in the Chrome web browser app

[표 4]에서 sRGB 콘텐츠의 컬러 재현 정확도를 나타내는 Coverage sRGB 는 모든 샘플에서 98.72% ~ 100% 내외의 비슷한 결과를 보여주었으나, 샘플 C는 98.72%로 약간 못미치는 결과를 보여주었다. 색역의 크기와 함께 sRGB 색공간 대비 일치도를 추정할 수 있는 Volume 에서는 샘플 I,C는 105.34% 및 100.76% 수준의 색역 크기를 보여주었으나, 샘플 A,B는 126.25% 및 125.49%의 다소 포화된 결과를 나타내었다. 이 결과는 기본 사진 앱에서의 측정 결과와 같은 경향성을 보이며 [표 5] 와 같다.

[표 5] 기본 사진 앱과 크롬 브라우저에서의 컬러 볼륨 비교

[Table 5] Comparing color volume in the default Photos app and Chrome browser

시료명	Volume Default Photo app	Volume Chrome Browser
sample I	105.73%	105.34%
sample A	124.90%	126.25%
sample B	125.54%	125.49%
sample C	100.57%	100.76%

이를 통해 크롬 브라우저에서 샘플 I,C는 sRGB 색공간 기준에 가까운 컬러를 재현하며, 샘플 A,B는 124~125% 내외로 채도가 포화된 컬러를 재현하게 됨을 확인하였다. 그리고 샘플 I가 샘플

C에 비해 5% 내외의 유의한 수준으로 포화된 채도의 컬러를 재현하는 것을 확인하였다.

5. 결론

운영 체제와 색상 재현 간의 상호 작용은 사용자 경험과 디지털 콘텐츠 표현에 큰 영향을 미치는 중요한 요소이다. 디스플레이가 어떻게 색상을 처리하고 표현하는지는 사용자가 디바이스에서 보는 모든 것, 즉 이미지, 동영상, 앱, 웹사이트 등에 큰 영향을 미친다.

iOS의 경우, 애플은 일관된 색상 관리 시스템을 갖추고 있다. 이 시스템은 콘텐츠 제작자들에게 색상이 표현되는 방식에 대한 확신을 제공한다. 즉, 제작자가 정한 색상이 사용자의 디바이스에서 동일하게 표현될 것이라는 확신을 준다. 이로 인해 사용자는 항상 콘텐츠 제작자가 의도한 정확한 색상을 경험하게 된다.

반면 Android는 제조업체에게 색상 재현을 맞춤 설정할 수 있는 유연성을 제공한다. 이것은 제조업체들이 자신들의 디바이스에 특화된 색상 프로파일을 사용할 수 있음을 의미하며, 이는 특정 상황에서는 더 나은 색상 경험을 제공할 수도 있다. 그러나 이런 유연성은 다양한 Android 디바이스 간에 색상 재현의 일관성을 저해할 수 있다. 같은 콘텐츠를 보더라도 사용자는 디바이스에 따라 다르게 보일 수 있다.

이런 차이는 소비자의 구매 결정, 애플리케이션 개발, 그리고 디지털 콘텐츠 제작에 광범위하게 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 정확한 색상 재현이 중요한 애플리케이션의 개발자나 디지털 아티스트는 플랫폼을 선택할 때 이런 요소를 고려하게 될 것이다. 가지로, 사용자들은 자신의 필요에 가장 잘 맞는 색상 표현을 제공하는 디바이스를 선택할 수 있다.

이런 이유로, 운영 체제와 색상 재현 간의 상호 작용은 매우 중요하다고 할 수 있다. 이는 디지털 콘텐츠의 품질과 사용자 경험에 직접적인 영향을 미치며, 디바이스 제조업체, 애플리케이션 개발자, 그리고 콘텐츠 제작자들이 주의 깊게 고려해야 할 요소이다.

기본 사진 앱과 크롬 웹브라우저의 조건에서 수행한 연구 실험 결과 역시 이와 같은 결론을 뒷받침하고 있다. iOS의 경우 애플리케이션이나 콘텐츠의 색공간과 무관하게 일관된 컬러를 재현하는 것을 확인하였으며, Android 디바이스의 경우 제조업체에 부여된 유연성과 Vivid, Natural 과 같은 디스플레이 설정에 의해 재현되는 컬러에 영향을 미치는 것을 확인하였다.

또한 iOS와 동일한 유형의 컬러매니지먼트를 Android 운영체제에서 지원하는 것으로 알려진 Natural 디스플레이 모드에서의 결과 역시 iOS와는 5% 내외의 유의한 수준의 차이가 발견되었다. 실측을 진행한 iOS 디바이스는 색상 볼륨에 여유를 두고 5% 내외의 색포화를 가져가는 반면, Android 디바이스는 색상 볼륨에서 100%에 가까운 정확도에 더 신경을 쓰는 형태로 제조사별 경향성을 보이는 것을 확인하였다.

References

- [1] H. Kim, H. S. Kim, "Influence of Smartphone Operating Systems on Display Color Reproduction: A Comparative Study", Next-generation Convergence Information Services Society Conference, July 20-23, 2023, Suncheon, Korea, pp. 59-62.
- [2] H. Kim, D. H. Kim, "Display Characterization Methods for Accurate Color Representation Quality", Journal of Digital Art Engineering & Multimedia, vol. 9, no. 1, March 2022, pp. 85-92, doi: 10.29056/jdaem.2022.03.08.
- [3] International Color Consortium, Image technology colour management-Architecture, profile format, and data structure. Specification ICC. 1: 2004-10 (Profile version 4.2. 0.0), 2004.
- [4] M. Fairchild, D. R. Wyble, "Colorimetric characterization of the apple studio display (flat panel LCD)", Munsell Color Science Laboratory Technical Report, Center for Imaging Science Rochester Institute of Technology, Rochester, NY, USA, July 1998. [online]. Available: scholarworks.rit.edu/article/920/.
- [5] Apple, "Best Practices for Color Management in OS X and iOS", developer.apple.com, https://developer.apple.com/library/archive/technotes/tn2313/_index.html, (accessed July 9, 2023).
- [6] Apple, "Technical Note TN2115: Image Color Management", developer.apple.com, https://developer.apple.com/library/archive/technotes/tn2115/_index.html, (accessed July 9, 2023).
- [7] Android, "Color Management", source.android.com, <https://source.android.com/docs/core/display/color-mgmt>, (accessed July 9, 2023).
- [8] Android, "Enhance graphics with wide color content", developer.android.com, <https://developer.android.com/training/wide-color-gamut>, (accessed July 9, 2023).
- [9] R. Berns, "Methods for characterizing CRT displays", Displays, vol. 16, iss. 4, May 1996, pp. 173-182, doi: 10.1016/0141-9382(96)01011-6.
- [10] K. Masaoka, Y. Nishida, "Metric of color-space coverage for wide-gamut displays", Optics Express, vol. 23, no. 6, March 2015, pp. 7802, doi: 10.1364/oe.23.007802.
- [11] K. Masaoka, "Display gamut metrology using chromaticity diagram", IEEE Access, vol. 4, January 2016, pp. 3878-3886, doi: 10.1109/access.2016.2588283.