

치기공 응용을 위한 치아 색상 보정 구현

구병우, 이환용
아주대학교 소프트웨어학과

dodamby@ajou.ac.kr, hwan@ajou.ac.kr

Implementation of Tooth Color Correction for Dental Applications

Byeong-woo Goo, Hwanyong Lee
Ajou Univ.

요약

본 논문은 치과 임상 환경에서 빈번하게 발생하는 치아 색상 판별의 부정확성 문제를 해결하기 위해, 디지털 이미지 처리 기술을 활용한 공통 색상 보정 솔루션을 제안한다. 치과와 치기공소 간의 물리적 환경 차이(조명, 카메라 등)와 치아 표면의 반사광은 색상 정보의 왜곡을 유발하며, 이는 보철물 품질 분쟁의 주요 원인이 된다. 본 연구에서는 이를 해결하기 위해 표준화된 촬영 환경을 구축하고, 색상 커브의 조정 모델을 제안하고 OpenCV 와 ImageMagick 을 이용하여 구현하였다. 제안된 시스템은 X-Rite ColorChecker 를 참조 기준으로 활용하여 이미지의 색온도를 자동으로 보정하고, 객관적인 수치 데이터를 제공함으로써 치과와 치기공소 모두에 공통으로 활용할 수 있는 가시화 방법을 제공하여 준다. 실험 결과, 상이한 조명 환경에서도 일관된 색상 데이터를 도출할 수 있음을 확인하였으며, 이를 통해 협업 효율성을 증대시키고, 환자의 만족도를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

I. 서론

본 논문에서는 현대 치의학에서 심미 보철 치료의 중요성이 증가함에 따라, 핵심 과제로 대두되고 있는 자연 치아와 유사한 색상의 보철물 제작 문제를 다룬다. [1]. 그러나 임상 현장에서의 치아 색상 판별은 여전히 치과의사의 주관적인 육안 판단에 크게 의존하고 있다. 또한 진료실의 다양한 조명 조건, 촬영 기기의 차이, 그리고 치아 표면의 강한 반사광 등은 실제 색상 정보를 왜곡시키는 주요 요인으로 작용한다. 이러한 색상 정보의 불일치는 치과와 보철물을 제작하는 치기공소 간의 의사소통 오류를 야기하며, 결과적으로 보철물의 심미적 부조화로 인한 재제작 비용과 시간 낭비를 초래한다. 따라서 객관적이고 정량적인 색상 데이터를 공유할 수 있는 디지털 표준화 시스템이 필요하다. 하지만 이를 위한 전문 계측 장비를 활용하는 기술은 고가의 장비와 전문 운용인력을 필요로 한다[2]. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 컴퓨터 비전 기술을 활용하여 촬영 환경의 영향을 최소화하고 이미지의 색상을 표준화하는 기술을 개발하고자 한다. 구체적으로는 참조 카드를 이용한 자동 화이트 밸런스 기술을 구현하여, 치과와 치기공소 간의 '공통 밸런스'를 확보하는 것을 목표로 한다.

II. 본론

치아 색상 정보 전달 과정에서 발생하는 문제의 근본적인 원인은 치과와 치기공소 사이에 공통된 색상 기준, 즉 '공통 밸런스'가 부재하다는 점이다. 치과 진료실은 형광등, 백열등, 자연광 등 다양한 조명 환경에 노출되어 있어 촬영된 이미지의 색감과 톤이 수시로

변한다. 특히 치아 표면은 매끄러운 곡면으로 이루어져 있어 강한 반사광이 발생하는데, 이러한 빛 반사는 치아 본연의 색상을 가려 정확한 판별을 방해하는 주요 요인이다. 이로 인해 치과에서 의도한 색상 정보가 치기공소에 정확히 전달되지 못하는 정보의 비대칭성이 발생하며, 이는 결국 보철물 재제작 비용의 증가로 이어진다.

본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 비용 효율적인 이미지 처리 솔루션을 제안한다. 제안된 시스템의 핵심은 영상 처리 기술을 활용하여 치아 영역을 정밀하게 검출하고, 참조 카드를 기반으로 이미지의 색온도와 톤 커브를 표준화하는 것이다.

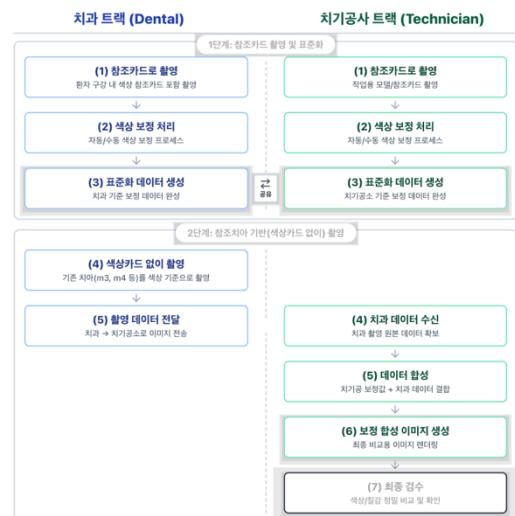


그림 1. 치과와 치기공사 색상 일치 작업 흐름



그림 2. 연구에 사용된 X-rite ColorChecker 참조 색상

먼저, 촬영된 이미지에서 색상 분석에 방해가 되는 요소를 제거하는 전처리 과정을 수행한다. 이를 위해 OpenCV 라이브러리[3]와 ImageMagick 도구를[4] 활용하여 구강 이미지 내의 불필요한 배경인 입술과 잇몸 영역을 제거하고, 분석 대상인 치아 영역(ROI)을 검출한다. 이 과정은 색상 데이터의 순도를 높이고 분석의 정확도를 향상시키는 데 필수적이다.

다음으로 참조 기반 자동 화이트 밸런싱 기술을 적용한다. 촬영 시 피사체와 함께 배치된 컬러카드를 시스템이 자동으로 인식하고, 카드 내 회색 패치 영역의 색상 값을 추출한다. 추출된 값은 미리 정의된 기준값과 비교되며, 계산된 보정값을 이미지 전체에 적용함으로써 촬영 장소의 광원 색 영향을 제거하고 표준 색온도로 보정한다. 하지만 단순한 화이트 밸런싱만으로는 광원의 세기나 방향에 따라 달라지는 치아의 입체감과 표면 질감을 완벽하게 재현하기 어렵다. 이에 본 연구에서는 색조 곡선을 미세 조정하여 치아의 입체감을 살리고 반사광의 영향을 억제한다. 이를 통해 촬영 환경의 조명 차이에도 불구하고 균일한 색감을 가진 결과물을 생성할 수 있다.

이러한 과정을 통해 생성된 표준화된 이미지는 치과와 치기공소 간의 데이터 공유 단계에서 핵심적인 역할을 한다. 치과에서 촬영된 원본 데이터에 치기공소의 환경에 맞춘 보정값을 적용하거나, 양측이 동일한 표준 이미지를 공유함으로써 시각적 일관성을 유지할 수 있다. 이는 기존의 주관적인 색상 전달 방식이 가질 수밖에 없었던 한계를 극복하고, 보다 명확하고 객관적인 의사소통을 가능하게 한다.



그림 3. 참조 구강 모델과 치아색 모델을 이용한 보정

III. 결론

본 연구에서는 치과 임상 환경의 색상 정보 왜곡 문제를 해결하기 위해, 컴퓨터 비전 기술을 접목한 치아 색상 보정 기술을 개발하였다. 자동 화이트 밸런싱을 통해 표준화된 색상 이미지를 도출하고, 색상 커브를 일치시킨

결과를 제시함으로써 기존의 주관적인 육안 판별 방식의 한계를 극복하고자 하였다.

본 시스템의 유효성을 검증하기 위해 치아 모형뿐만 아니라 실제 구강 환경에서도 실험을 수행하였다. <그림 4>는 실제 치아에 솔루션을 적용한 결과이다. 불규칙한 조명 아래 촬영된 원본 이미지(상단)와 달리, 보정 후 이미지(하단)는 피부톤과 치아 색상이 표준 광원 하에서 보는 것과 유사하게 보정됨을 확인할 수 있다. 또한 이 과정에서, 치과에서 고가의 측정 장비나 촬영 장비를 사용하지 않고, 복잡한 처리과정을 요구하지 않아, 본 기술이 실제 현장에서도 충분히 효과적으로 활용될 수 있음을 알 수 있다.



그림 4. 실제 구강 촬영 이미지의 보정 결과

본 시스템을 적용할 경우, 치과와 치기공소 간의 색상 재현 오차를 최소화하여 보철물 재제작률을 낮추고, 디지털 협업 프로세스를 효율화할 수 있을 것으로 기대된다. 향후 연구에서는 관심 영역 검출의 정확도를 높이기 위한 측정 작업과 검증 작업이 추가로 필요하며, 실제 치기공사의 페인트 배합을 지원할 수 있는 시스템으로 발전시킬 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2026년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW 중심대학사업의 연구결과로 수행되었음"(2022-0-01077)

참 고 문 헌

- [1] 문호진. (2024). 치과 임상에서 디지털 색조와 디지털 카메라의 활용. 구강회복응용과학지, 40(4), 201-211.
- [2] 강현주, 색채계와 분광광도계를 이용한 *in vivo* 치아 색조의 비교 연구, 학위논문 (석사)-- 서울대학교 치의학대학원 : 치의학과, 2014. 2. 현홍근.
- [3] OpenCV, (<https://opencv.org>)
- [4] ImageMagick, (<https://imagemagick.org/>)