혀 영상의 컬러 오류 최소화하는 컬러교정 최적화 방법 개발

김근호[1]
[1]한국한의학연구원 디지털임상연구부 책임연구원
rkim70@kiom.re.kr

Development of a Color Correction Optimization Method to Minimize Color Errors in Tongue Images

Keun Ho Kim[1]
[1]Digital Health Research Division, Korea Institute of Oriental Medicine

요 약

한의학의 증상을 파악하는 한의 변증 진단에서 혀의 형태와 색상을 파악하는 것에서 설질과 설태의 색상을 파악하는 것이 핵심이다. 혀 촬영 장치로 촬영하더라도 조명의 빛 종류와 빛 강도, 위치에 따라 컬러가 변환됨에 따라 혀 취득장치의 컬러교정이 필요하다. 컬러교정을 하지만, 오버피팅, 측정 오류와 노이즈 또는 색상 공간의 불균형으로 컬러의 왜곡이 발생할 수 있다. 이 연구에서는 24개의 patch 중에서 오류를 최소화할 수 있는 patch를 선정하는 최적화의 방법을 제시하려 하였다. 24개 patch 중 몇 개의 선택한 patch의 평균값을 구하여, 기준 값으로 변환시키는 변환 행렬을 구하고, 교정 값을 구하고, 교정된 24 patch 값의 평균과 기준 값과의 오차를 구하여 최소가 되는 변환 행렬을 구하였다. 이 방법은 컬러 챠트의 개수를 줄여 장치의 부피를 줄이는데 활용될 수 있다. 또한 이 방법은 외부의 빛이 차단된 촬영장치에서 활용되었지만, 조명조건이 안정된 개방된 공간에서도 스마트폰을 이용하여 촬영하는데 활용 가능할 것으로 예상된다.

1. 서론

혀의 상태를 파악하여 건강상태를 진단하는 설진은 한의학에서 핵심 진단 방법 중 하나이다. 혀의 형태와 색상을 파악하는 것이 핵심인데, 특히 설질과 설태의 색상을 파악하는 것이 한의학의 증상을 파악하는 한의 변증진단의 핵심이다.[1,2] 하지만 한의사가 진단하는 환경에 따라 색상이 달라져 진단의 오류가 발생하여 외부의 빛을 차단하여 혀를 촬영하는 장치를 개발하였다. 이러한 장치로 촬영하더라도 조명의 빛 종류와 강도, 위치에 따라 컬러가 변환된다. 이에 따라 혀 취득장치의 컬러교정이 필요하다.

이러한 혀를 촬영하는 장치로 촬영한 영상을 컬러교정하기 위하여 24 컬러 patch의 colorchecker classic mini[3]를 주변에 부착하여 혀 영상과 함께 촬영하였고, 촬영한 영상 내 컬러 patch의 위치를 찾고 각 patch의 기준 값으로 교정했지만 역시 컬러의 왜곡이 발생한 것으로 알 수 있었다. 그 이유로는 첫째, 오버피팅(Overfitting)으로 컬러교정 모델이나 알고리즘이 너무 많은 컬러 patch 데이터에 과도하게 최적화되어, 실제 사용 환경에서는 성능이 떨어질 수 있다. 이는 모델이 데이터의 노이즈까지 학습하여, 일반화 능력이 떨어지는 것을 의미한다.

둘째, 측정 오류와 노이즈로 각 컬러 patch의 측정값에는 항상 약간의 오류나 노이즈가 포함되어 있다. 많은 수의 patch를 사용할 경우, 이러한 오류들이 누적되어 전체적인 교정 정확도에 부정적인 영향을 미칠 수 있다.

셋째, 색상 공간의 불균형으로 선택한 컬러 patch들이 전체 색상 공간을 고르게 커버하지 못하고, 특정 영역에 치우쳐 있을 경우, 교정 알고리즘은 치우친 데이터에 기반하여 작동하게 된다. 이는 교정 과정에서 일부 색상 범위가 과도하게 조정되거나, 누락되는 현상을 초래할 수 있다.

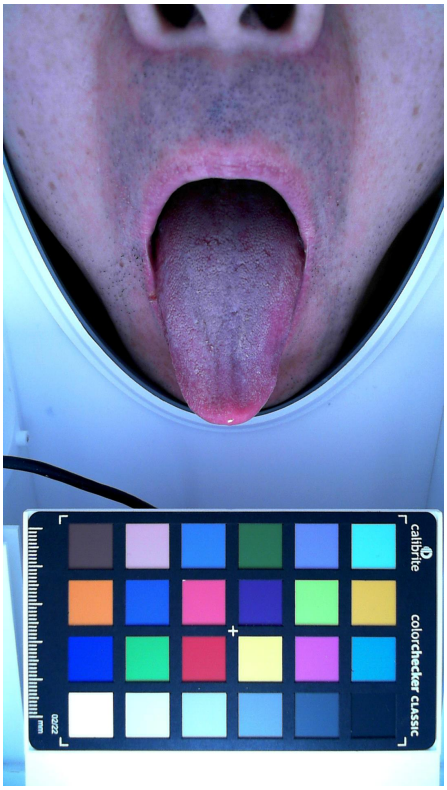
이러한 문제들을 방지하기 위해, 컬러교정 프로세스를 설계할 때는 컬러 patch의 수와 분포를 신중하게 선택하고, 모델의 복잡성과 일반화 능력 사이의 균형을 맞추는 것이 중요하다.

이 연구에서는 24개의 patch 중에서 오류를 최소화할 수 있는 patch를 선정하는 최적화의 방법을 제시하려 한다.

2. 본론

2.1. 컬러 체커(color checker) 포함된 혀 영상 획득

일정한 빛이 조사되고 유지되는 공간에서 혀를 촬영하는 장치 또는 환경이 개발되어 왔다. 한국한의학연구원은 간접광으로 반사와 그림자를 최소화할 수 있고, 정면과 측면 영상을 동시에 모니터링 하면서 일정한 위치에 혀를 촬영할 수 있는 장치를 개발하여 일관성 있는 혀 영상을 획득하였다.[4] 획득된 혀 영상의 사이즈는 1080×1920이며, 혀 아래에 24 patch의 컬러 체커가 획득되어 높이 방향으로 1/3을 차지하고 있다.



(그림 1) 컬러 체커를 포함한 혀 영상

2.2. 컬러 patch의 좌표 저장

컬러 patch의 위치를 자동으로 찾는 것이 바람직하지만 실제로 경계에서 자동으로 찾을 때 오류가 발생하는 경우가 많이 있고, 조명에 의해 색상의 변색이 일어나면 색상의 기준이 모호해지므로 오류가 발생할 가능성이 크다. 그래서 수동으로 대략의 중심 근처의 20×20 픽셀의 위치를 정하여 csv 파일에 x축으로 patch의 시작 좌표과 끝 좌표, y축으로 시작 좌표와 끝 좌표를 저장하였다.

2.3. 컬러 patch의 기준 값

color checker의 기준 값은 그림 2와 같이 나와 있다. 첫 번째 라인의 왼쪽 patch가 1번이고, 오른쪽으로 하나씩 번호가 증가하며, 두 번째 라인의 왼쪽 색상이 7번으로 24번 patch까지 순차적으로 sRGB와 CIE L*a*b*로 기준 색상 좌표를 표현하고 있다.

No.	Number	sRGB			CIE L*a*b*			Munsell Notation	
		R	G	B	L*	a*	b*	Hue Value / Chroma	
1.	dark skin	115	82	68	37.986	13.555	14.059	3 YR	3.7 / 3.2
2.	light skin	194	150	130	65.711	18.13	17.81	2.2 YR	6.47 / 4.1
3.	blue sky	98	122	157	49.927	-4.88	-21.925	4.3 PB	4.95 / 5.5
4.	foliage	87	108	67	43.139	-13.095	21.905	6.7 GY	4.2 / 4.1
5.	blue flower	133	128	177	55.112	8.844	-25.399	9.7 PB	5.47 / 6.7
6.	bluish green	103	189	170	70.719	-33.397	-0.199	2.5 BG	7 / 6
7.	orange	214	126	44	62.661	36.067	57.096	5 YR	6 / 11
8.	purplish blue	80	91	166	40.02	10.41	-45.964	7.5 PB	4 / 10.7
9.	moderate red	193	90	99	51.124	48.239	16.248	2.5 R	5 / 10
10.	purple	94	60	108	30.325	22.976	-21.587	5 P	3 / 7
11.	yellow green	157	188	64	72.532	-23.709	57.255	5 GY	7.1 / 9.1
12.	orange yellow	224	163	46	71.941	19.363	67.857	10 YR	7 / 10.5
13.	blue	56	61	150	28.778	14.179	-50.297	7.5 PB	2.9 / 12.7
14.	green	70	148	73	55.261	-38.342	31.37	0.25 G	5.4 / 8.65
15.	red	175	54	60	42.101	53.378	28.19	5 R	4 / 12
16.	yellow	231	199	31	81.733	4.039	79.819	5 Y	8 / 11.1
17.	magenta	187	86	149	51.935	49.986	-14.574	2.5 RP	5 / 12
18.	cyan	8	133	161	51.038	-28.631	-28.638	5 B	5 / 8
19.	white (.05*)	243	243	242	96.539	-0.425	1.186	N	9.5 /
20.	neutral 8 (.23*)	200	200	200	81.257	-0.638	-0.335	N	8 /
21.	neutral 6.5 (.44*)	160	160	160	66.766	-0.734	-0.504	N	6.5 /
22.	neutral 5 (.70*)	122	122	121	50.867	-0.153	-0.27	N	5 /
23.	neutral 3.5 (1.05*)	85	85	85	35.656	-0.421	-1.231	N	3.5 /
24.	black (1.50*)	52	52	52	20.461	-0.079	-0.973	N	2 /

Cie L*a*b* values use Illuminant D50 2 degree observer sRGB values for Illuminate D65.

(그림 2) 컬러 체커의 컬러 patch의 기준 값

2.4. 컬러교정 행렬 도출 알고리즘

csv 파일에 저장된 앞의 컬러 patch의 위치 좌표를 이용하여 현재의 patch의 20×20의 컬러 평균 값을 찾는다. 이를 위의 기준 색상 좌표로 갈 수 있도록 식을 구성한다.

$$Ax = b \tag{1}$$

위의 식 (1)에서 A는 선택된 컬러 patch의 변형된 현재 컬러 값으로 구성된 [컬러 patch 수*4]×16의 행렬을 의미하고 b는 컬러 patch의 기준컬러 값으로 구성된 [컬러 patch 수*4]×1의 행렬을 의미한다. 이를 통해 x값의 16×1의 변환 행렬을 구하게 된다. 구해진 x행렬을 이용하여 측정 컬러값을 변환하여 교정된 컬러값을 구한다.

먼저 24개 patch 중 4개 patch를 모두 선택하여 20×20 픽셀의 평균값을 구하여, 기준 값으로 변환시키는 변환 행렬을 구하고, 교정 값을 구하고, 교정된 24개 patch 값의 20×20의 평균과 기준 값과의 오차인 mean square error (MSE)를 구하여 최소가 되는 변환 행렬을 구한다.

patch의 선택된 갯수를 증가시키면서 위의 과정을 반복하고, 교정된 24 patch 값의 20×20의 평균과

기준 값과의 MSE를 구하여 최소 MSE가 되는 변환 행렬을 구하여 저장한다. 최종의 변환 행렬을 영상에 적용하여 최종 교정 영상을 구하여 영상 파일로 출력한다.

2.5. 구현 방법

제안된 알고리즘은 visual studio의 c++와 opencv 3.0을 이용하여 구현하였고, release version으로 실행되었다. 식 (1)은 solve 함수로 실행되어 변환 행렬을 구하였다.

3. 결과

4에서 24까지 컬러 patch의 수를 증가시키면서, 교정된 24 patch 값의 20x20의 평균과 기준값과의 MSE를 구하여 최소가 되도록 한다. patch 개수 내에서 최소 MSE를 <표 1>에 기록하였다. 21개부터 24개의 patch를 적용한 경우는 20개의 patch MSE보다 작아지지는 않아 더 이상의 작은 MSE를 구할 수 없었다.

<표 1> 선택 patch 개수 내에서 최소 MSE

patch 개수	MSE
4	16.89465
5	16.53034
6	16.40047
7	16.32716
…	…
18	16.21001
19	16.18951
20	**16.18032**
21	-
22	-
23	-
24	-

이중 20개의 컬러 patch의 MSE가 16.180319으로 최소 값이었고, 21개부터 24개의 patch를 적용한 경우는 20개 patch의 최소 MSE 보다 작아지지는 않았다. 그에 따른 컬러 patch는 <표 2>와 같다. 여기서 컬러 좌표는 CIE L*a*b* 좌표이고, Number는 그림 2의 컬러 patch의 번호이다. 그림 3은 그림 1의 선택된 20개의 patch로 교정된 영상이다.

이 방법은 컬러 챠트의 개수를 줄여 장치의 부피를 줄이는데 활용될 수 있다. 또한 이 방법은 외부의 빛이 차단된 촬영장치에서 활용되었지만, 개방된 공간이라도 화장실이나 사무실과 같이 조명조건이 안정된 장소에서 스마트폰을 이용하여 촬영하는데 활용 가능할 것으로 생각된다. 이 방법의 단점으로 계산량이 커서 시간이 많이 걸리므로 차후 이를 극복하는 방법을 제시하는 것이 필요하다. 또한 대량의 데이터 수집을 통해 딥러닝을 적용한 일고리즘으로 좋은 성능을 낼 수 있을 것으로 예상한다.

<표 2> 최소 MSE의 20개 컬러 patch 컬러 값

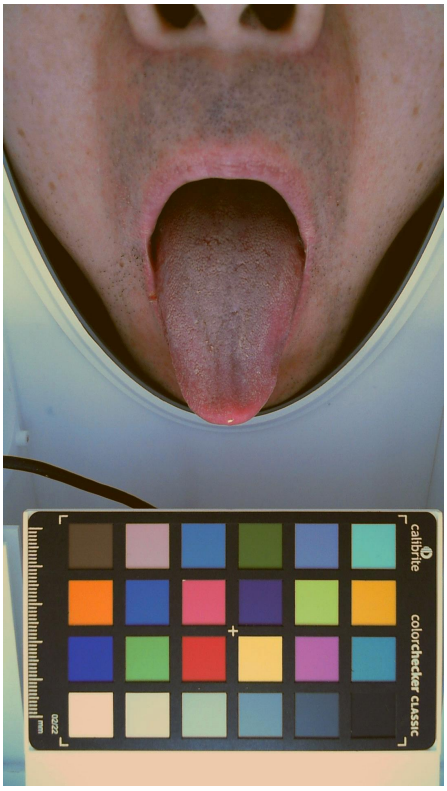
CIE			Number
L*	a*	b*	
37.986	13.555	14.059	1
65.711	18.130	17.81	2
49.927	-4.88	-21.925	3
43.139	-13.095	21.905	4
55.112	8.844	-25.399	5
70.719	-33.397	-0.199	6
62.661	36.067	57.096	7
40.02	10.41	-45.964	8
51.124	48.239	16.248	9
30.325	22.976	-21.587	10
72.532	-23.709	57.255	11
71.941	19.363	67.857	12
28.778	14.179	-50.297	13
42.101	53.378	28.19	15
81.733	4.039	79.819	16
51.935	49.986	-14.574	17
51.038	-28.631	-28.638	18
96.539	-0.425	1.186	19
66.766	-0.734	-0.504	21
50.867	-0.153	-0.27	22

4. 결론

혀를 촬영하는 장치로 촬영한 영상을 컬러교정하기 위하여 24 patch의 colorchecker classic mini를 주변에 부착하여 혀 영상과 함께 촬영했지만, 오버피팅, 측정 오류와 노이즈 또는 색상 공간의 불균형으로 컬러의 왜곡이 발생할 수 있다. 이를 극복하기 위해서 24개 patch 중 일부를 선택하여 컬러교정을 하도록 하였다. 이중 20개의 컬러 patch의 MSE가 최소 값이 되었다. 이 방법은 컬러 챠트의 개수를 줄여 장치의 부피를 줄이는데 활용될 수 있다. 또한 이 방법은 외부의 빛이 차단된 촬영장치에서 활용되어 정확한 컬러 값을 제공할 수 있었다. 결론적으로 혀의 색상의 세밀한 변화를 추적하여 개인건강관리 서비스를 제공할 수 있을 것으로 생각한다.

감사의 글

이 연구는 한국한의학연구원의 지원을 받았습니다. (과제번호: KSN1824130, KSN1923111)



(그림 3) 그림 1의 교정된 영상

참고문헌

[1] N. D. Kamarudin, C. Y. Ooi, T. Kawanabe, and X. Mi, “Tongue′s substance and coating recognition analysis using HSV color threshold in tongue diagnosis,” in 1st International Workshop on Pattern Recognition, vol. 10011 of Proceedings of SPIE, p. 5, Tokyo, Japan, May 2016.

[2] Y.-G. Wang, J. Yang, Y. Zhou, and Y.-Z. Wang, “Region partition and feature matching based color recognition of tongue image,” Pattern Recognition Letters, vol. 28, no. 1, pp. 11 - 19, 2007.

[3] colorchecker classic mini, https://calibrite.com/us/

[4] C.J. Jung, Y.J. Jeon, J.Y. Kim, K.H. Kim, “Review on the current trends in tongue diagnosis systems,” Integrative Medicine Research, vol. 1, no. 1, pp. 13-20, 2012.