

인물 사진을 위한 자동 톤 균형 알고리즘

준회원 배태욱*, 이성학*^o, 이정욱***, 송규익*

Flesh Tone Balance Algorithm for AWB of Facial Pictures

Tae-Wuk Bac* Associate Member,
Sung-Hak Lee*^o, Jung-Wook Lee***, Kyu-Ik Sohng* Regular Members

요약

본 논문에서는 인물 영상에 대한 새로운 자동 톤 균형 알고리즘을 제안하였다. 일반적인 백색 균형 (White balance) 알고리즘은 무채색 영역 또는 물리적 반사율을 알고 있는 피사체에 대해 RGB 출력 신호의 비율이 동일하도록 보정하는 방법을 사용한다. 본 논문에서는 사진 속 얼굴색을 기준 조명하에서의 피부색 좌표와 일치 되도록 RGB의 채널 이득을 조절한다. 실험을 위해 카메라 이미지 센서의 전달 특성을 분석하고 기준 조명하에서의 평균 얼굴 색도를 측정하여 카메라 출력 RGB를 계산한다. 마지막으로 임의의 조명하에서 촬영된 인물 영상에 대해 얼굴 부분의 RGB 출력 비율이 기준 얼굴색에 대한 비율이 되도록 R 채널과 B 채널의 이득을 조정하여 색도 보정을 했다. 입력 삼자극치 XYZ는 카메라 전달 행렬에 의해 카메라 출력 RGB로부터 계산된다. 그리고 입력 삼자극치 XYZ는 sRGB 전달 행렬을 이용하여 기준 컬러 공간(sRGB)으로 변환된다. RGB 데이터는 감마 보정 후 디스플레이를 위해 8 bit 데이터로 인코딩되어진다. 알고리즘은 맥베스 컬러 차트 (Macbeth color chart)의 light skin color인 평균 얼굴색과 실제로 측정된 다양한 얼굴색의 평균색에 적용되어졌다.

Key Words : White Balance, Camera, Facial Picture

ABSTRACT

This paper proposes an auto flesh tone balance algorithm for the picture that is taken for people. General white balance algorithms bring neutral region into focus. But, other objects can be basis if its spectral reflectance is known. In this paper the basis for white balance is human face. For experiment, first, transfer characteristic of image sensor is analyzed and camera output RGB on average face chromaticity under standard illumination is calculated. Second, Output rate for the image is adjusted to make RGB rate for the face photo area taken under unknown illumination RGB rate that is already calculated. Input tri-stimulus XYZ can be calculated from camera output RGB by camera transfer matrix. And input tri-stimulus XYZ is transformed to standard color space (sRGB) using sRGB transfer matrix. For display, RGB data is encoded as eight-bit data after gamma correction. Algorithm is applied to average face color that is light skin color of Macbeth color chart and average color of various face colors that are actually measured.

1. 서론

현대에 이르러 디지털 카메라는 보편화되고 있고,

종류 또한 기본적인 기능만을 가진 자동카메라에서부터 셔터 속도, 노출, 및 백색 균형까지 수동 조정이 가능한 카메라까지 다양하다. 그러나 일반 사용

* 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 오디오비디오 신호처리 및 자동차전자공학 연구실 (fiendcorps@knu.ac.kr, shak2@ee.knu.ac.kr) (:교신저자)

** LG전자 Digital Display 사업부

논문번호 : KICS2009-07-268, 접수일자 : 2009년 7월 1일, 최종논문접수일자 : 2009년 월 일

자는 카메라 작동에 대한 전문 지식이 부족하여 주로 모든 기능을 자동으로 설정하여 사용한다. 따라서 일반적인 사용자를 위해서 앞서 언급한 셔터 속도, 노출 및 백색 균형이 제대로 동작하도록 설계할 필요가 있다. 그러나 이러한 셔터 속도 및 노출 조정 기능이 제대로 동작하지 못하면 출력 영상이 너무 어둡거나 너무 밝게 나타나게 되고, 특히, 백색 균형이 제대로 처리되지 못하면 출력 영상의 색상에 영향을 미쳐 실제 물체의 색을 표현하지 못하게 된다.

카메라의 출력 이미지는 조명, 피사체의 물리적 반사율, 및 카메라 전달 특성 등에 따라 결정된다. 카메라 입력 자극은 조명에 의한 빛이 피사체에 반사되어 카메라 렌즈로 입력되며 이는 카메라 출력 이미지가 조명의 색도에 영향을 받게 되는 것을 의미한다. 백색 균형은 이러한 조명에 의한 색도 변화를 보정해주는 기능을 수행한다. 자동 백색 균형 (auto white balance, AWB)란 전체 영상에서 백색 (white) 혹은 회색 (gray) 영역에 대해 *RGB* 출력 신호의 비율이 동일하게 되도록 *RGB* 각 채널의 이득을 조정하는 작동이 사용자의 특별한 조작 없이 자동으로 되는 것을 의미한다. 백색 균형에 대한 알고리즘은 많은 연구가 진행되어 일반적인 조건에서는 그 성능이 우수하다. 그러나 전 영상에 대하여 고른 색 분포를 가지지 못할 때, 무채색 (neutral color)이 부족할 때, 그리고 단색의 높은 채도 (chroma)를 가질 때 등 특정한 영상에 대해서는 올바른 동작을 하지 못하고 잘못된 영상 결과를 나타낸다. 이는 알고리즘에서 가정하는 영상에 대한 조건이 실제 모든 영상에 대해 적용되지 않기 때문이다. 또한 백색 균형의 결과가 올바르게 나타나다 하더라도 카메라마다 각기 다른 전달 특성으로 인해 유채색 (chromatic color)에 대한 색상은 카메라마다 다르게 나타난다.

사람의 피부색은 인종이나 개인에 따라 밝기의 차이는 크게 나타나지만 색도의 차이는 크지 않고 일정 범위의 색농도 차이만을 가진다. 또한 현재 생산중인 디지털 카메라에는 얼굴 인식 기능이 내장되어 있고 거의 정확히 동작한다. 따라서 얼굴색을 기준으로 카메라의 색도를 조정하는 것이 가능하다. 특히 사람들은 인물 사진을 볼 때, 얼굴을 중점적으로 보고 얼굴색이 자연스럽게 보여 지기를 원한다. 하지만 앞서 언급한 것처럼 백색 균형만으로는 유채색인 얼굴색이 정확히 표현되지 못할 수 있다. 이런 단점을 보완하기 위한 방법으로 본 논문에서는

새로운 톤 균형 알고리즘을 제시한다. 이 방법은 카메라의 얼굴 인식 기능으로 찾아진 사진 내의 얼굴 영역의 색을 기준 조명하에서의 얼굴색이 되도록 채널 이득을 조정하는 것이다. 제안한 알고리즘으로 색도 조정을 하면 정확한 얼굴색의 표현이 가능하다. 또한 기준이 될 얼굴색을 사용자가 선택할 수 있게 함으로써 사용자가 원하는 얼굴색이 되도록 하는 것이 가능하다.

II. 자동 백색 균형 알고리즘

자동 백색 균형 알고리즘 방법들 중 가장 기본적인 방법은 GWA (Gray World Assumption) 방법과 WRE (White Regions Estimation) 방법이다^{[11][12]}. GWA 방법은 전체 영상의 평균 색을 무채색 즉 회색이라는 가정으로 실행된다. 따라서 GWA 방법은 사진의 전체 영역에 대한 출력 *RGB*를 계산하고 그 값들이 동일하게 되도록 채널 이득을 조정한다. 하지만 전체 사진의 색도가 회색에 가깝지 않고 회색에서 멀수록 이 방법을 적용한 후의 사진은 큰 오차를 가지게 된다. 예를 들면, 녹색이 많은 잔디에서의 영상이나 실내의 특정 색으로 된 벽에서 찍은 사진에 대해서는 전체 영상의 색이 전체 영상을 많이 차지하고 있는 색으로 치우쳐져 있으므로 알고리즘 처리 후의 결과는 그 색이 무채색 쪽으로 치우쳐져 나타나게 된다. 한편, WRE 방법은 사진에서 백색 (white) 혹은 회색 (gray) 영역을 찾고 그 영역의 카메라 출력 *RGB*의 값이 동일하게 되도록 각 채널 이득을 조정하는 방법이다. 이 방법의 단점은 사진 내에 무채색 영역이 없을 때는 동작하지 못한다는 것이다. 또한 무채색 영역을 찾는 방법이 정확하지 않아 무채색으로 인식한 영역이 색도를 가지고 있는 영역이라면 그 영역의 색상이 무채색으로 나타나게 된다. 이렇듯 현재까지 모든 영상에 대해 올바른 영상 출력을 나타내는 알고리즘은 개발되어 있지 않다. 이런 단점을 보완하기 위한 연구가 진행되고 있지만 모든 영상에 정확한 결과를 나타낼 수 있는 알고리즘은 불가능하다.

위 기존의 백색 균형 방법은 현재의 디지털 카메라 및 영상 편집 툴 (Photoshop CS4, Adobe Premiere Pro)에 탑재되어 있다. 하지만 이 백색 균형 기능으로 인물 사진에 적용할 경우 GWA 방법 및 WRE 방법은 화소 평균 및 가장 밝은 화소를 기준으로 백색 보정하기 때문에 원하는 인물 사진을 얻기 힘들다는 단점이 있다.

III. 제안한 톤 균형 알고리즘

3.1 통계적 피부색 좌표

사람의 피부색은 인종에 따라 밝기에 대한 차이는 크지만 색도 차이는 비교적 작다. Edwards 등^[3]은 인종을 크게 6가지로 나누고 이들의 영당이에 대한 평균 피부색을 D40 광원 및 D65 광원 하에서 측정하였다. 인종에 따른 피부의 반사율을 D40과 D65 광원 하에서의 CIE1931 xy 좌표 값으로 표현하면 표 1과 같다^[4]. 표 1의 결과를 보면 인종에 따라 피부색에서 가장 큰 차이점을 보이는 것은 밝기 혹은 반사율이고 색도의 차이는 비교적 크지 않다는 것을 알 수 있다. D65 광원 하에서의 인종에 따른 색도를 그림 1에 나타냈다. 이 그림에서 인종에 따른 피부색에 대한 좌표는 xy 좌표 상에서 백색과 단 파장의 거의 직선상에 위치하고 그 차이가 크지 않음을 볼 수 있다. 위 실험에 사용된 피부는 인체 부위 중 영당이에 대한 실험 결과이다. 사람의 피부는 태양광, 특히 자외선에 노출되면 붉고 어둡게 변하는 특성이 있기 때문에 태양광에 가장 노출이 적은 부위를 측정하였다. 그렇기 때문에 태양광에 노출되어 있는 얼굴 피부에 직접적으로 대응시키기에는 오차가 따른다. 비록 그런 오차가 발생한다 하더라도 이 측정 결과는 기준 피부색으로 유용하게 쓰일 수 있다. 그 이유는 사람의 얼굴색이 태양에 노출되어 변하여도 사람들은 그렇지 않은 밝은 피부의 얼굴색을 원할 수 있기 때문이다. 즉 사람들이 좋아하는 선호색의 기준이 될 수 있다.

Edward 등에 의해 측정된 사람의 피부색은 얼굴에 대한 측정 결과가 아니기 때문에 얼굴 피부에 대한 색도를 알 필요가 있다. 따라서 본 실험에서는 여러 사람에 대해 기준 조명하에서 얼굴 피부에 대한 색도를 측정하는 실험을 수행하였다. 이렇게 측

표 1. D40 광원 및 D65 광원에서의 인종별 CIE1931 xy 좌표.

Race	D40			D65		
	Y	x	y	Y	x	y
Reference-white	100	0.3825	0.3839	100	0.3129	0.3292
White-blond	45.26	0.4356	0.3925	43.98	0.3637	0.3575
White-brunet	40.93	0.4424	0.3930	39.63	0.3709	0.3608
Japanese	34.87	0.4524	0.3986	33.58	0.3831	0.3704
Hindu	22.06	0.4565	0.3991	21.17	0.3873	0.3706
Mulatto	13.32	0.4582	0.3916	12.73	0.3863	0.3602
Negro	7.54	0.4219	0.3917	7.37	0.3501	0.3487

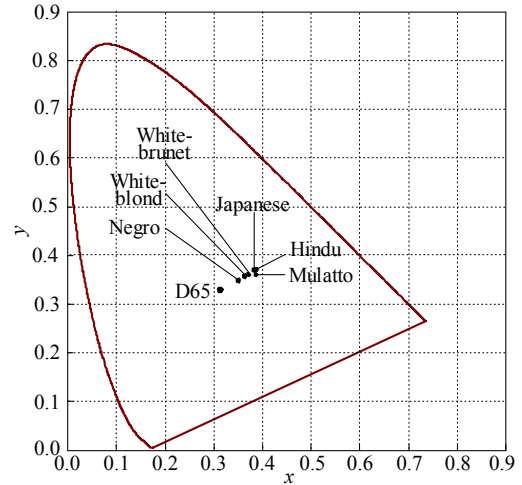


그림 1. D65 광원 하에서의 인종별 피부의 xy 좌표

정된 여러 사람의 피부 색도를 평균하여 기준 얼굴색 중 하나로 설정할 수 있다.

2. 제안한 톤 균형 알고리즘

얼굴색을 이용한 제안한 톤 균형 알고리즘은 그림 2와 같다. 본 논문에서 제시하는 방법은 전체 사진에 대한 정보를 이용하는 것이 아닌 카메라의 얼굴 인식 기능으로 찾아진 얼굴 영역의 카메라 출력을 이용하는 것이다. 기준 조명 D65 광원 하에서의 여러 사람의 얼굴색 좌표를 측정하여 그 좌표 값들을 평균하여 기준 얼굴색의 좌표로 설정한다.

다음으로 3 자극치 XYZ 와 카메라 출력 RGB 신

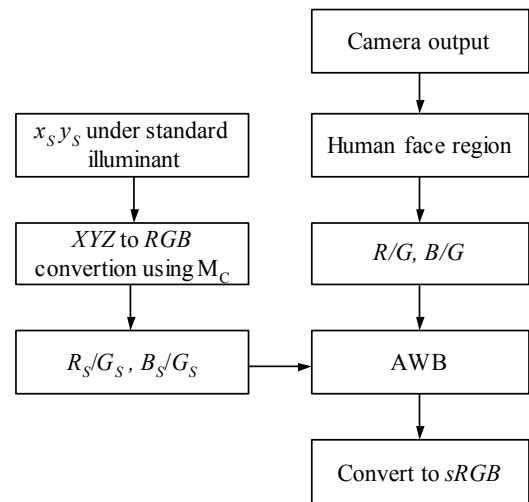


그림 2. 얼굴색을 이용한 자동 톤 균형 알고리즘

호 사이의 변환 관계를 나타내는 카메라 전달 특성을 조사하기 위하여 색 표적을 기초로 한 방법 (color target based method) 방법을 이용하였다⁵⁾. 색 타겟을 기초로 한 방법에서는 임의의 시험색 자극치 XYZ 와 이를 촬영한 카메라 출력 RGB 값과의 변환 행렬을 구한다. 이를 구하는 방법에는 내삽과 외삽을 이용한 3차원 LUT (look-up table) 방법^{6~7)}, 최소 제곱 다항식 모델링 (least squares polynomial modeling) 방법⁸⁾, 그리고 신경망 방법⁹⁾ 등이 있다. 이들 중 다항 회귀법 (polynomial regression)을 이용한 최소 제곱 다항식 모델링은 시험색의 3 자극치와 카메라 출력 RGB 값만으로 간단하게 변환 특성을 구할 수 있기 때문에 일반적으로 많이 사용된다. 따라서 최소 제곱 다항식 모델링 방법을 이용하여 카메라 전달 특성을 3×3 선형 변환 행렬로 나타냈다. N 개 시험색의 3 자극치 XYZ 로 만든 $3N$ 행렬과 이에 대응하는 카메라 출력 RGB 값으로 구성된 $3N$ 행렬 사이의 전달 행렬카메라 전달 행렬을 구하면 다음과 같다.

$$M_c = \left(\begin{bmatrix} R_1 & R_2 & \dots & R_N \\ G_1 & G_2 & \dots & G_N \\ B_1 & B_2 & \dots & B_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 & X_1 & \dots & X_N \\ Y_1 & Y_2 & \dots & Y_N \\ Z_1 & Z_2 & \dots & Z_N \end{bmatrix} \right)^T \times \left(\left(\begin{bmatrix} X_1 & X_2 & \dots & X_N \\ Y_1 & Y_2 & \dots & Y_N \\ Z_1 & Z_2 & \dots & Z_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 & X_1 & \dots & X_N \\ Y_1 & Y_2 & \dots & Y_N \\ Z_1 & Z_2 & \dots & Z_N \end{bmatrix} \right)^{-1} \right)^T \quad (1)$$

구해진 카메라의 전달 행렬 M_c 를 이용하여 기준 얼굴색에 대한 출력 R_s, G_s, B_s 를 구하고 R_s/G_s 및 B_s/G_s 를 계산한다. 최종적으로 알고리즘이 적용될 사진의 얼굴 영역의 카메라 출력비가 기준 얼굴색의 비율이 되도록 카메라 출력 R 과 B 의 이득을 조정한다.

IV. 실험 및 고찰

4.1 카메라 신호 전달 특성

실험에 사용된 카메라의 신호 전달 특성을 조사하기 위해 계측기로 3 자극치 XYZ 를 측정하고, 그에 대한 카메라 출력을 측정하였다. 이 때 이용된 광원의 안정성과 카메라의 렌즈 특성을 조사했다. 그 결과 실험에 사용된 6500K 형광등은 20분이 지나면 충분히 안정됨을 알 수 있었다. 카메라의 집광부인 카메라 렌즈의 광 투과 특성은 일반적으로 렌즈의 외곽으로 갈수록 나빠진다. 그래서 실험에 사

표 2. 맥베스 컬러 차트의 6개 무채색에 대한 자극치와 출력 RGB

	Y(cd/m ²)	x	y	R	G	B
White	265.4	0.3254	0.3471	182.53	181.95	185.53
Neutral 8	178.7	0.3207	0.3429	151.02	153.18	160.22
Neutral 6.5	111.4	0.3197	0.3427	113.56	116.29	123.06
Neutral 5	61.81	0.3206	0.3411	77.83	78.53	84.37
Neutral 3.5	27.95	0.3164	0.3377	41.70	43.05	47.82
Black	12.66	0.3175	0.3358	21.23	21.32	23.51

용된 카메라의 렌즈 특성을 조사하기 위해 화이트 보드를 촬영하여 위치 별 출력 신호 레벨을 조사했다. 그 결과 출력 영상의 중앙에서 멀어질수록 광 전달 특성이 떨어지는 것을 확인하였다. 카메라 특성을 구하기 전에 이 특성을 고려하여 위치에 따른 이득을 조정하여 보상했다.

카메라의 감마 특성을 알기 위해 6500K 광원 하에서 맥베스 컬러 차트를 고정시키고 6개 무채색에 대한 자극치 XYZ 와 카메라 출력 RGB 를 구했다. 그 결과는 표 2와 같다. 표 2에서 카메라 출력 RGB 는 패치에 대한 카메라 출력을 200×200 픽셀에 대해 평균한 값이다. 이렇게 구한 카메라 감마 특성을 보정하여 카메라 선형 출력을 계산했다. 시험색으로 맥베스 컬러 차트의 24개 색을 사용하여 6500K 광원 하에서의 3 자극치 XYZ 를 측정하고 그에 대해 앞서 구한 카메라 감마 특성을 보정하여 선형 출력 RGB 를 표 3에서처럼 계산했다.

이렇게 구한 24개의 샘플 색에 대한 정보를 사용하여 계산된 카메라의 선형 3×3 전달 행렬은 다음과 같다.

$$M_c = \begin{bmatrix} 1.6008 & -0.4729 & -0.3626 \\ -0.7407 & 1.3758 & 0.0016 \\ -0.0805 & -0.0264 & 0.8204 \end{bmatrix} \quad (2)$$

카메라 전달 행렬의 정확도를 알아보기 위해 시험색에 대한 측정치와 구해진 카메라 전달 특성 행렬로 계산한 예측치를 xy 좌표계에 나타내면 그림 3과 같다. 시험색에 대해 계측기로 측정한 좌표는 원으로 표시하였고 3×3 전달 행렬을 사용하여 계산한 예측 좌표를 삼각형으로 표시하였다.

그림에서 보는 바와 같이 카메라 전달 행렬로 예측한 자극치와 측정치가 매우 근접함을 확인할 수 있다. 일반적으로 카메라의 기준 백색을 고정시키면 셔터 속도와 노출 정도에 상관없이 카메라의 전달 행렬은 고정된다. 카메라 특성을 조사하기 위해 사

표 3. 기준 광원 하에서의 24 개의 시험색에 대한 측정치와 카메라 출력

	X	Y	Z	R	G	B
Dark skin	51.02	47.11	30.48	51.71	29.89	20.93
Light skin	161.78	149.41	98.81	169.65	90.69	75.80
Blue sky	78.99	84.78	139.34	35.59	61.33	106.65
Foliage	48.70	62.04	30.62	43.09	51.81	19.08
Blue flower	104.79	100.10	170.30	61.47	63.76	129.62
Bluish green	123.26	171.31	162.12	68.96	150.64	124.10
Orange	151.15	122.9	29.34	173.43	60.99	8.00
Purplish blue	60.73	53.78	153.72	0	27.51	110.47
Moderate red	120.39	83.63	57.08	137.45	24.33	37.76
Purple	40.15	32.63	56.04	28.88	12.66	37.34
Yellow green	138.87	184.80	44.97	123.07	151.40	18.32
Orange yellow	171.99	164.51	30.54	184.37	100.39	0
Blue	30.67	25.22	91.85	0	10.21	64.04
Green	56.51	89.02	35.07	42.82	76.90	20.33
Red	76.69	48.30	21.28	96.754	9.757	11.08
Yellow	212.45	228.80	34.03	199.54	154.73	0
Magenta	108.53	72.36	103.44	105.84	18.00	73.22
Cyan	50.62	68.19	120.20	0	57.29	91.14
White	255.94	273.10	254.60	181.46	180.61	184.03
Neutral 8	172.59	184.60	178.81	122.96	123.01	125.54
Neutral 6.5	107.06	114.80	111.66	76.61	76.33	77.87
Neutral 5	59.80	63.66	62.36	42.07	42.05	42.77
Neutral 3.5	27.16	28.99	29.31	41.69	43.05	47.82
Black	12.30	13.02	13.30	8.36	8.41	8.51

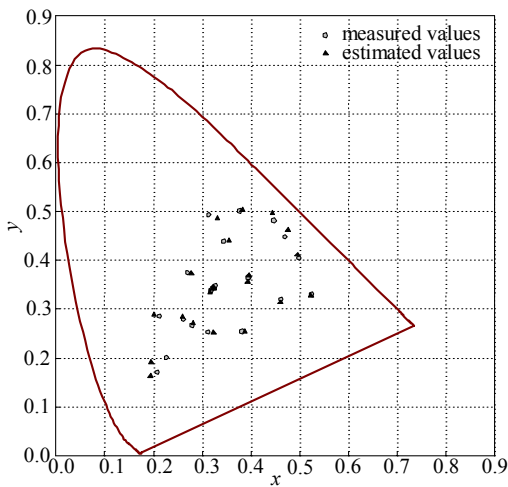


그림 3. 24개 시험색에 대한 측정치와 카메라 전달 행렬로 예측된 색 좌표

용한 형광등의 밝기는 실외의 밝기보다 현저하게 낮다. 카메라가 실제적으로 사용될 때의 밝기 조건은 그 범위가 다양하므로 이를 조절하기 위해 카메라는 셔터 속도와 노출을 조정 한다. 따라서 셔터 속도와 노출에 따른 카메라 출력의 색도 변화의 유무를 확인할 필요가 있다. 이를 위해 광원을 고정시키고 동일한 색 패치에 대해 일정 범위 내에서 셔터 속도와 노출을 변경해가며 카메라 출력을 조사해본 결과 출력 R, G, 그리고 B의 각 채널의 비율이 거의 일정하게 유지됨을 확인할 수 있었다. 따라서 실험에 사용될 영상을 촬영할 때의 카메라 밝기 조절은 셔터 속도와 노출 조절을 자동으로 설정하여 카메라의 출력 값들이 일정한 범위가 되도록 했다.

4.2 얼굴색 기준 설정

본 논문에서 제안하는 백색 조정 방법은 사진의 얼굴색을 기준 조명하에서의 색이 되도록 카메라 출력 RGB를 조정하는 것이다. 이를 위해 기준 조명하에서의 얼굴색을 알아야 한다. Edwards에 의해 D65광원 하에서의 피부색을 기준 피부색으로 설정할 수 있다. 이와 별도로 D65광원 하에서의 여러 사람의 얼굴에 대한 피부색을 측정하여 평균한 것을 기준 피부색으로 설정했다. Edwards의 피부색 측정 결과를 앞서 구한 카메라 전달 특성 행렬을 사용하여 RGB 출력 비를 계산하면 표 4와 같다.

한국인의 피부색은 일본인과 비슷하고 좀 더 밝은 피부색을 선호하므로 White-brunet이나 일본인의 피부색을 기준 얼굴색으로 설정할 수 있다. 이들의 카메라 출력 비율 R/G와 B/G를 계산하면 표 5와 같이 나타난다. 사진 내의 얼굴에 대한 카메라 출력을 이 비율이 되도록 R과 B 채널의 이득을 조정하

표 4. Edwards에 의해 측정된 인종에 따른 피부의 3 자극치와 카메라 전달 행렬을 이용하여 계산된 카메라 출력

Race	Tristimulus values of human skin under D65			Linear camera output		
	X	Y	Z	R	G	B
Reference-white	95.05	100	108.72	178.66	183.87	215.40
White-blond	44.74	43.98	34.30	104.80	74.86	63.81
White-brunet	40.74	39.63	29.47	97.703	66.60	54.19
Japanese	34.73	33.58	22.35	86.31	55.99	40.00
Hindu	22.12	21.17	13.83	55.66	34.84	24.59
Mulatto	13.65	12.73	8.959	34.36	20.25	16.15
Negro	7.40	7.37	6.366	16.52	12.75	12.10

표 5. White-brunet과 일본인 인종에 대한 카메라 출력 비율

	R	G	B	R/G	B/G
White-brunet	97.70	66.60	54.19	1.467	0.81
Japanese	86.31	55.99	40.00	1.541	0.71

표 6. 얼굴에 대한 측정 좌표와 예측된 카메라 출력 비율

Samples	x	y	R/G	B/G
Female1	0.3843	0.3621	1.6454	0.7832
Female2	0.3826	0.3657	1.5820	0.7543
Male1	0.3887	0.3663	1.6641	0.7394
Male2	0.3845	0.3712	1.5528	0.7056
Male3	0.3858	0.3717	1.5658	0.6994
Male4	0.385	0.3785	1.48998	0.6486
Male5	0.3928	0.3776	1.6031	0.6412
Male6	0.3936	0.3845	1.5465	0.5896
Male7	0.3944	0.3745	1.6577	0.6621
Male8	0.3818	0.3783	1.4505	0.65571
Average	0.3874	0.3730	1.5758	0.6879

여 백색 조정을 할 수 있다.

제안한 알고리즘에서 직접적으로 사용될 얼굴 피부에 대한 색을 측정하기 위해 D65 광원 하에서의 얼굴색을 측정하였다. 10명의 얼굴 피부에 대해 각

각 3회 측정하였다. 이들의 3 자크치 XYZ를 앞서 구한 카메라 전달 특성을 이용하여 카메라 출력 RGB의 평균값을 계산했다. 최종적으로 R/G와 B/G를 계산하여 기준 얼굴색에 대한 카메라 출력 비율을 계산했다. 그 결과를 표 6에 나타냈다.

4.3 얼굴색 기준 설정

사진 내의 얼굴 부분에 대해 표 5와 표 6의 카메라 출력 비율 R/G와 B/G가 되도록 채널 이득을 조정하여 자동 백색 조정을 하였다. 감마 보정된 카메라 출력을 앞서 계산한 카메라의 감마의 역 감마를 취하여 선형 카메라 출력 RGB를 계산하였다. 이렇게 계산된 선형 카메라 출력의 얼굴 부분에 대해 R/G와 B/G의 값이 기준 광원 하에서의 비율이 되도록 R과 B 채널의 이득을 조정했다. 이런 과정을 거쳐 채널 이득이 조정된 사진과 촬영시의 조명에 백색 조정된 사진을 전자 영상 장치의 표준으로 정한 sRGB 색 공간으로 변환하여 그 출력을 비교하였다. 그 결과를 그림 4에 나타냈다. (a), (e), 및 (i) 그림이 촬영시의 조명에 백색 조정되었을 때의 카메라 출력이고 (b), (f), 및 (j) 그림이 GWA 방법을 기준으로 채널 이득을 조정한 결과이며 (c), (g),

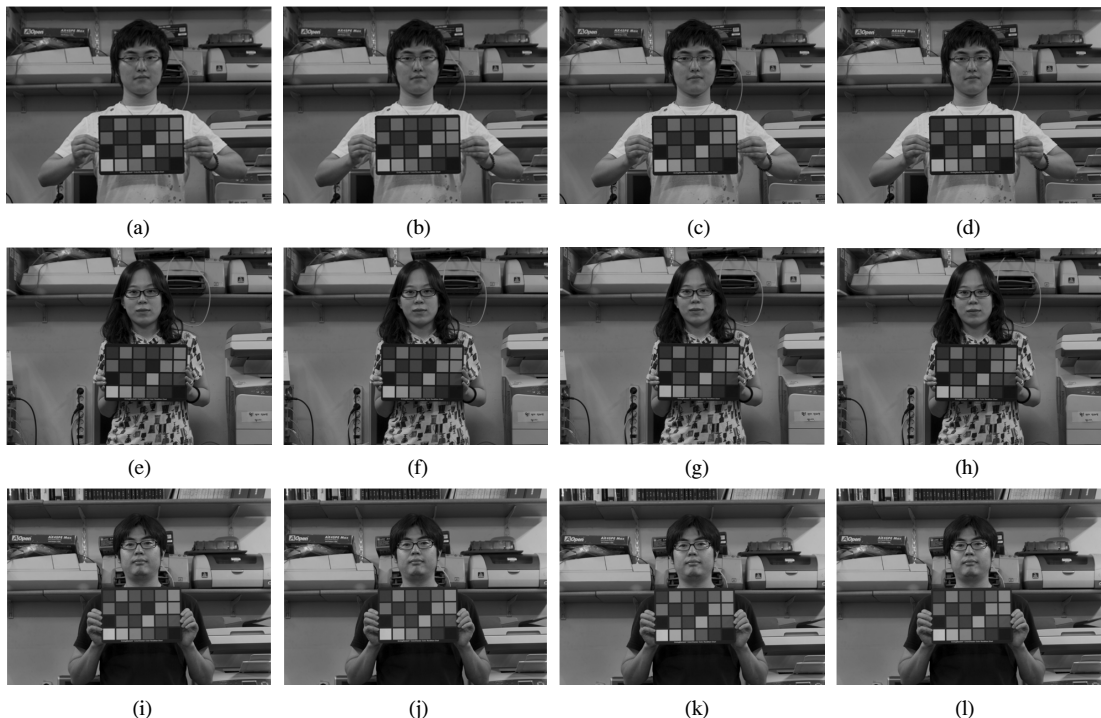


그림 4. 채널 이득 조정 결과 사진: (a), (e), (i) 원영상; (b), (f), (j) GWA 결과 영상; (c), (g), (k) 측정된 얼굴색을 이용한 채널 이득 조정 결과 영상; (d), (h), (l) Edward의 white-brunet 피부색을 이용한 채널 이득 조정 결과 영상

표 7. 맥베스 컬러 차트의 무채색에 대한 카메라 출력 비율.

	Raw images		GWA method		Images using measured human face color		Images using skin color of white-brunet	
	R/G	B/G	R/G	B/G	R/G	B/G	R/G	B/G
Fig. (a)-(d)	1	0.9708	0.9875	0.9578	1.0588	0.9191	1.0147	1.0074
Fig. (e)-(h)	1.0072	0.9856	1.0432	0.9645	1.0647	0.9137	1.0217	0.9755
Fig. (i)-(l)	0.9578	1.0060	0.9521	1.0642	1.0185	0.9321	0.9816	1.0184

및 (k) 그림이 D65 광원 하에서의 피부색을 직접 측정된 데이터를 기준으로 채널 이득을 조정할 결과이다. 마지막으로 (d), (h), 및 (l) 그림이 Edward의 피부색 측정 결과 중 White-brunet에 대한 결과를 기준으로 채널 이득을 조정할 결과이다. 사진의 색도 변화를 알아보기 위해 사진 내의 맥베스 컬러 차트의 회색 패치에 대한 선형 카메라 출력 RGB 값을 평균하여 그 비율을 계산했다.

GWA 방법은 수많은 화소의 평균을 이용하기 때문에 최대 화소값을 이용하는 WRE 방법보다 우수한 성능을 보인다. 하지만 GWA 방법은 단일 광원에서만 제대로 동작하고, 여러 광원이 함께 있는 경우에는 정확한 동작을 하지 못한다. 또한 GWA 방법은 영상에서 충분히 수많은 다른 색이 필요하며, 그렇지 않을 경우 정확한 결과를 얻지 못한다. 그림 4에서의 인물 사진의 경우 GWA 방법은 원 영상과 비슷한 결과를 보여주며, 이는 인물 사진의 백색 균형 보정에는 적합하지 않음을 보여준다. 실제로 인물 사진의 경우 여러 광원이 존재하는 경우가 많으며, 다양한 컬러가 포함된다. 이런 영상의 경우 GWA 방법에 의한 백색 균형 결과는 원 영상과 거의 흡사하여 사용자가 원하는 얼굴색을 얻지 못함을 알 수 있다.

무채색에 대한 카메라 출력의 비율이 1에 가까울수록, 다시 말해 RGB 각 출력이 동일한 값을 가질수록 정확한 백색 조정이 된 것을 의미한다. 표 7의 결과를 보면 촬영시의 조명에 백색 조정된 영상에서 채널의 비율이 1에 근접함을 알 수 있다. 또한 제안한 방법으로 채널 이득을 조정된 사진의 결과도 비슷한 결과를 가짐을 알 수 있다. 세 가지의 사진들 중 D65 광원 하에서의 평균 얼굴색을 이용하여 채널 이득을 조정된 사진의 색도가 가장 큰 오차를 보인다.

V. 결론

본 논문에서는 카메라에 입력되는 얼굴색의 색도

를 기준 조명하에서의 색도가 되도록 카메라 출력 이득을 조정하는 자동 백색 균형 기법을 제시하였다. 이를 위해 먼저 기준 조명하에서의 얼굴에 대한 색도를 측정 하였고, 여러 사람에 대한 얼굴색을 측정 한 결과를 평균하여 카메라 채널 이득 조정을 위한 기준 얼굴색으로 사용하였다. 먼저, 실험에 사용될 카메라의 특성을 구하기 위해 카메라의 감마 특성을 구하고, 다음으로 카메라의 선형 출력을 이용하여 최소 제곱 다항식 모델링 방법으로 입력 XYZ에 대한 출력 RGB의 카메라 전달 특성을 선형 3×3 행렬로 구하였다. 이렇게 구한 카메라 전달 특성을 이용하여 기준 얼굴색에 대한 카메라 출력을 계산하여 R 채널과 G 채널의 비율과 B 채널과 G 채널의 비율을 계산하였다. 마지막으로 임의의 조명 하에서 촬영된 인물 영상에 대해 얼굴 부분의 출력 비율이 기준 얼굴색에 대한 비율이 되도록 R 채널과 B 채널의 이득을 조정하여 백색 균형 보정을 했다. 보정한 실험 사진을 보았을 때 사람들마다 다른 얼굴색의 차이에 따른 알고리즘 적용 결과의 수치적 차이는 나타나지만 자연스러운 백색 균형 보정이 됨을 확인하였다. 제안된 알고리즘의 가장 큰 장점은 전체 사진의 색 분포와 독립적이므로 임의의 사진에 대해 비교적 균일한 결과 영상을 나타내는 것이다. 또한 기준 얼굴색을 설정함으로써 사용자가 원하는 얼굴색으로 카메라 출력을 조정할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서 제시하는 영상의 색 조정 방법은 카메라의 얼굴 인식 기능으로 찾아진 얼굴 영역의 정보를 이용하는 것이므로 제안한 알고리즘이 정확하게 동작하기 위해서는 사진에서 정확하게 얼굴 부분을 찾는 것이 선행되어야 한다. 실험을 위해 한국인의 피부색만을 사용하였지만, 블랙 감마, 니 보정 (knee control), 및 감마 특성 등 카메라의 특성을 정확하게 알고 있다면 어두운 피부의 인종을 포함한 모든 인간에 대해 적용이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] K. Barnard, V. Cardei, and B. Funt, "A comparison of computational color constancy algorithms-part I: methodology and experiments with synthesized data," *IEEE Trans, Image Processing*, Vol.11, No.9, pp.972-983, Sep., 2002.
- [2] K. Barnard, V. Cardei, and B. Funt, "A comparison of computational color constancy algorithms-part II: experiments with image data," *IEEE Trans, Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.23, No.11, pp.1209-1221, Nov. 2001.
- [3] E. A. Edwards and S. Q. Duntley, "Pigment and color in living human skin," *American Journal of Anatomy*, Vol.65, pp.1-33, 1939.
- [4] H. C. Lee, *Introduction to Color Imaging Science*, Cambridge, pp. 181-184, 2005.
- [5] G. Hong, M. R. Luo, and P. A. Rhodes, "A study of digital camera colorimetric characterization based on polynomial modeling," *J. of Color Research and Application*, Vol.26, No.1, pp.76-84, Feb., 2001.
- [6] P. C. Hung, "Colorimetric calibration in electronic imaging devices using a look-up tables model and interpolations," *Journal of Electronic Imaging*, Vol.2, pp.53-61, 1993.
- [7] P. C. Hung, "Colorimetric calibration for scanners and media," *Proc. SPIE*, Vol.1448, pp.164-174, 1991.
- [8] H. R. Kang, "Colour scanner calibration," *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol.36, pp.162-170, 1992.
- [9] H. R. Kang and P. G. Anderson, "Neural network application to the colour scanner and printer calibration," *Journal of Electronic Imaging*, Vol.1, pp.125-134, 1992.

배 태 옥 (Tae-Wuk Bae)

준회원



2004년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 2006년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 2006년 9월~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정
 <관심분야> 적외선 영상처리, 신호처리, 영상처리

호처리, 영상처리

이 성 학 (Sung-Hak Lee)

정회원



1997년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 1999년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 1999년 2월~2004년 6월 LG전자 영상제품연구소 선임연구원
 2008년 2월 경북대학교 전자공학과 박사

2008년 2월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 기금교수
 <관심분야> Color Image Processing, Color Management, HDR, DTV 신호처리

이 정 옥 (Jung-Wook Lee)

정회원



2007년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 2009년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 2009년 3월~현재 LG전자 Digital Display 사업부

<관심분야> Audio 및 Video 공학, DTV 신호처리, 색채현 공학

송 규 익 (Kyu-Ik Sohng)

정회원



1975년 2월 경북대학교 전자공
학과 학사

1977년 2월 경북대학교 전자공
학과 석사

1990년 2월 TOHOKU UNIV.
전자공학과 박사

1995년 3월~현재 경북대학교
전자전기컴퓨터학부 교수

<관심분야> Audio 및 Video 공학, DTV 신호처리,
색재현 공학