

인간의 선호 피부색에 기반한 Skin Color Enhancement

김문철, 오재환

(주)삼성전자

전화: 031-200-3244/ 핸드폰: 016-503-9415

Skin Tone Enhancement Based on Human Favorite Skin Color

Moon-Cheol Kim, Jae-Hwan Oh

Samsung Electronics Co. Ltd.

Email: kimmoch@samsung.co.kr, aroma5@samsung.co.kr

Abstract

The paper handles a skin tone enhancement within digitalized images, which is based on human favorite skin color. To archive a human-favorite skin tone area, lots of observers are participated in visual experiments. The statistical result of the visual experiment was reflected in a proposed skin tone enhancement algorithm and gives more reasonable human-friendly skin color reproduction on a display device. This research was accomplished to implement in our DTV related application.

1. 서론

기존의 TV 방송 및 image processing system에 있어서 인간의 피부색이 시청자 및 관찰자에게 주는 visual impact는 대단히 크다. 그러나 기존의 display system에 image reproduction시 흔히 부 자연스러운 피부색으로 재현되는 경우가 있는데, 이는 크게 image pickup system (ex: CCD-camera)들의 근본적인 systematic capturing error나 다양한 조명에 완벽히 대응하지 못하는 color constancy 문제점 및 color image processing system들에 의한 parasitic 영향들을 그 이유로 들 수 있다.

따라서 본 논문은 기존의 발표된 physic-based dichromatic skin model[1,2]에 기반한 skin color correction 및 인간의 선호 피부색에 기반 한 skin

color correction system을 비교 소개하고, 이를 image processing system (DTV related application)에 적용하여 보다 향상된, 즉 인간의 시각 특성에 기반한 skin color reproduction을 이루려 함에 그 목적이 있다.

특히 본 알고리즘은 인간의 선호 피부색을 기반으로 하여 왜곡되어진 부적절한 피부색을 인간이 선호하는 피부색으로 변환하여 주는 방법을 제시한다.

본 알고리즘에서는 인간이 선호하는 피부색 영역을 찾아내기 위하여 인종별로 피부색을 구분하고 또한 각각의 인종별로 물리적 피부색(ideal skin tone)을 기준으로 하여 hue/ luminance/ saturation 각각 5단계의 피부색으로 나누어 총 180종의 피부색에 대한 visual experiment를 진행하였다. Observer test는 모두 30명을 대상으로 하였으며 같은 환경에서 같은 조건으로 테스트하기 위한 표준환경을 구성을 위해 ITU-R BT. 709-4 1250/50Hz YCbCr Coding[3]에 따른 Calibrated CRT-Display (D65 White, P22-Phosphors) 및 standard viewing condition에 따라 진행하였다[4-6]. 산출된 데이터는 observer들의 선호도에 따른 가중치를 적용하여 최종 statistical data(평균값, 표준편차)가 skin tone correction 알고리즘에 반영되었다.

2. 기존 알고리즘의 개요

기존에 제안된 알고리즘들은 크게 두 종류로 대별된다.

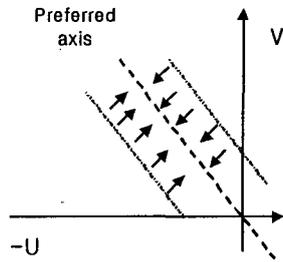


그림1. Skin tone correction (Hue shift method: Philips TDA9178)

첫번째로 영상의 전 화소에 대해 color enhancement를 함에 있어서 인간의 시각 특성상 민감한 skin tone 영역을 detecting하여 그 영역에 대해서는 color enhancement를 하지 않는 방법으로 color correction system에 의한 피부색 열화 방지가 주 목적이다.

한편 Philips Semiconductors사에 나온 TDA9178 칩의 경우 그림 1에서와 같이 skin tone의 물리적 피부색에 근거 preferred axis를 설정하고 주변 영역에 위치하고 있는 color들의 hue값을 preferred axis로 shift 시켜 주는 방법을 사용한다. TDA9178 칩의 skin tone correction 알고리즘은 hue shift만을 고려 함으로서 saturation과 luminance를 correction하지 않는다. 따라서 비정상적으로 왜곡된 피부색의 saturation값과 luminance 성분에 대해서 correction 할 방법을 제공하지 못하고 있다.

3. Favorite Skin Tone Area Detecting

인간이 선호하는 피부색 영역을 조사하기 위해 앞에서 기술한 대로 모두 30명을 대상으로 visual experiment를 진행 하였다. Observer testing은 모두 동등한 환경 및 조건 하에서 인간의 선호 skin tone 영역을 검출하기 위해 ITU-R BT. 709-4 YCbCr Coding에 따른 Calibrated CRT-Display(D65 White, P22-Phosphore) 및 sRGB의 viewing condition을 표준환경으로 구성하여 진행하였다. Observer testing을 하기 위한 skin tone image로는 흑인 3명, 백인 4명, 황인 5명을 선택하였으며 각각의 인종별로 남녀가 섞여

있으며 같은 인종이라도 피부색이 다른 계통의 인종들을 가능한 한 모두 포함시켰다.

각각의 hue, saturation, luminance 성분별로 skin tone의 변화를 주기 위해, 예를 들어 백인 1명의 경우 hue /saturation /luminance 성분을 각각 5단계로 변화시켜 얻은 images pair (그림 2)중에 가장 적합하다고 판단되는 image 한 장을 선택하는 방법으로 observer testing을 실시 하였다.

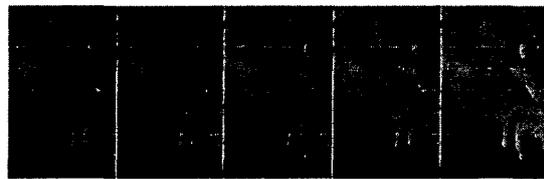


그림2. Test image 예: Hue variation

이로서 총 180장의 image를 observer에게 보여주고 각각의 image를 선택한 observer수에 따라 가중치를 주어 계산 하였다.

한편 선택된 image로부터 skin tone의 color 좌표 YCbCr 값을 추출하기 위해서 먼저 일반적인 skin tone 영역의 range를 설정하고 그 영역 안에서 입술이나 눈동자 같은 불필요한 pixel 값이 검출되지 않도록 range를 조정하면서 적절한 skin tone에 해당하는 pixel의 위치를 선정 하여 동종의 영상들에 동시 적용하고 그 선정된 pixel들에 해당하는 color 좌표 값들을 추출하는 방법을 취하였다. 그림 3는 그러한 pixel의 sampling하는 과정의 한 예를 보여 준다.

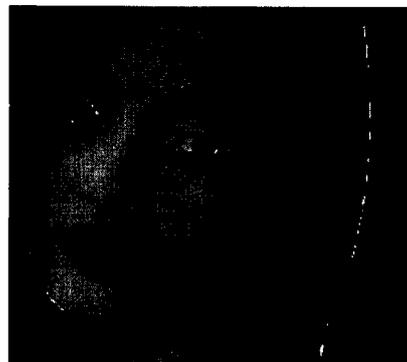


그림3. Skin tone 검출을 위해 선택된 pixel위치 (green)

dots)

검출된 pixel 데이터에 observer weighting 값을 적용하여 Y/Cb/Cr 각각의 평균과 표준편차를 구하며 또한 알고리즘의 적용 방법에 따라 color space conversion을 하여 Y/C/H 각각의 평균과 표준편차를 구하여 알고리즘에 이용될 수 있도록 하였다. 이렇게 하여 산출된 데이터는 표 1에서 기존의 물리적 피부색 좌표 값과 일반 영상에서의 피부색 분포 영역과 비교하였다.

	Y	Cb	Cr	C	H
Physical Range	0.38 ~ 0.7	-0.12 ~ -0.05	0.05 ~ 0.1	0.078 ~ 0.153	123 ~ 152°
Real Image	0.2 ~ 0.95	-0.2 ~ 0	0.03 ~ 0.22	0 ~ 0.3	90 ~ 165°
Human Favorite [m/δ]	0.51 / 0.08	-0.07 / 0.02	0.1 / 0.013	0.124 / 0.018	126° / 8°

표1. 피부색 color 좌표 데이터(m:평균, δ:표준편차)

4. Proposed Algorithm

앞에서 기술된 대로 본 알고리즘은 인간의 선호 피부색을 기반으로 한다. 인간의 선호 피부색 영역을 찾아내기 위한 observer test를 한 결과, favorite skin color 영역의 경우 ideal한 physical 데이터와 거의 유사한 것을 알 수 있었다. 하지만 표준편차 δ를 고려한 경우와 2δ를 고려한 statistical range를 볼 때 saturation의 경우 약간의 상승이 있었고, hue의 경우도 Cr-Axis(red 방향)로 약간 shift 된 것을 알 수 있었다. 이 인간의 선호 피부색의 shift는 제한된 총 30명의 observer를 대상으로 하였으므로 정규분포를 얻기에는 불충분한 observer 수에 따른 영향 및 특정 동양인을 대상으로 하는 visual experiment에서 오는 영향도 포함되어 있다고 볼 수 있다.

그림 4는 본 알고리즘의 개념도를 나타내는 것으로서 Cb-Cr plane 및 Y-Cb plane에서의 skin tone mapping 개념을 보여 준다. 그림에서 보는 바와 같이 본 알고리즘에서는 hue뿐만 아니라 saturation과 luminance 성분

까지 고려하여 왜곡된 피부색 성분을 인간이 선호하는 피부색 영역으로 mapping 시켜 주게 된다.

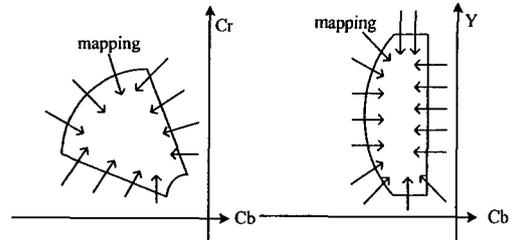


그림4. 본 알고리즘의 개념도

그림 5는 본 알고리즘의 구현 예로 Y/C/H color space 상에서 인간의 선호 피부색에 기반한 피부색 correction 방법의 전체 구성도를 나타낸다. 본 알고리즘은 Color space 변환부, Chroma-, Hue-, Luminance offset Function 생성부, 그리고 Skin tone mapping부로 간략히 구성된다.

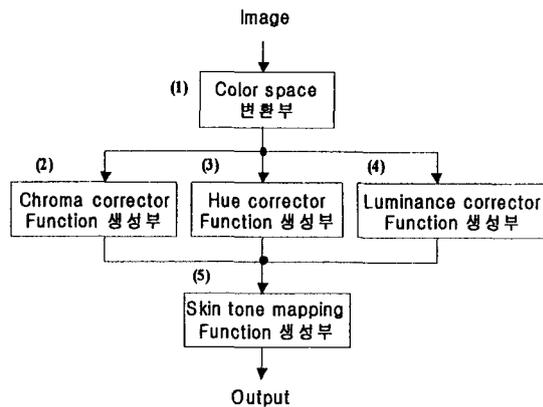


그림5. 알고리즘 전체 구성도

Color space 변환부(1)에서는 입력영상으로부터 받은 Cb/Cr의 color 정보를 Hue와 Chroma 정보로 변환시킨다. 그림6은 Hue Corrector Function을 나타낸다. 그림6과 같이 Hue Corrector Function은 앞에서 산출된 인간의 선호 피부색 데이터로부터 형성되며 δ를 이용한 statistical range는 "kernel gamut"으로, 2δ 및 real skin tone range의 최대/최소치를 포함하는 statistical range를 "boundary gamut"이라 칭하며 이를 Corrector Function의 생성에 이용한다. 그림6에서 H0와 H1는 각각 [δ,2δ]와 [-2δ,-δ] 범위의

값을 가질 수 있으며 이에 따라 입력 이미지의 skin tone 데이터 값이 m 의 평균 값으로 mapping 되는 function이 유도된다. Chroma- 와 Luminance Corrector Function 생성부(4)에서는 그림6의 Hue Corrector Function과 같이 Chroma와 Luminance의 Corrector Function도 같은 방법으로 생성한 function을 이용 가해질 chroma 및 luminance offset을 계산한다.

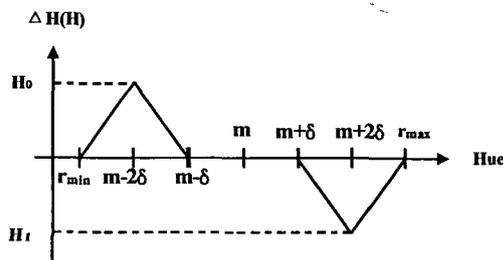
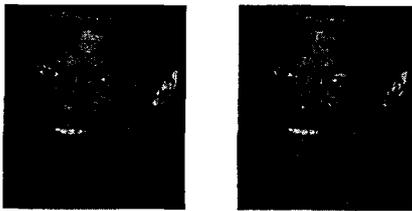


그림6. Hue Corrector Function

Skin Tone Mapping Function 생성부(5)에서는 각 Corrector Function 생성부로부터 계산된 각각의 offset을 이용하여 color space 변환부(1)로부터 입력 받은 원래의 데이터에 더해 줌으로써 최종적으로 인간의 선호 피부색의 영역에 mapping 하여 주게 되며 다음과 같은 식으로 표현될 수 있다.

$$(Y, C, H)_{out} = (Y + \Delta Y(Y), C + \Delta C(C), H + \Delta H(H))$$

5. Experiments and Results



(a)

(b)

그림7. (a) original 영상 (b) favorite skin tone 영역으로 mapping 된 영상

그림 7은 제안된 알고리즘에 의해 왜곡된 피부색이

favorite skin tone 영역으로 mapping된 한 결과를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 지나친 피부색의 과포화 및 hue shift 가 보정되어 향상된 출력 영상을 얻을 수 있다.

6. Conclusion

본 알고리즘은 인간의 눈에 민감한 피부색이 전송오류나 다양한 조명에 의해 카메라 촬영 시 부적절한 색으로 왜곡되었을 경우 이를 인간이 선호하는 적절한 피부색 영역으로 보정해 준다.

본 알고리즘에서는 인간의 피부색을 갖는 배경색을 고려하지 않았다. 따라서 본 algorithm의 완성도를 높이기 위해선 피부색을 갖는 background objects 들로부터 인간의 피부만을 검출하는 algorithm을 개발하여야 한다.

Reference

- [1] E. Marszalec, et al, "Physics-based face database for color research", Journal of Electronic Imaging, Vol. 9, 1, 2000, pp.32-38.
- [2] M. Stoering, H. J. Anderson and E. Granum, "Physic based Modeling of Human Skin Colour under mixed Illuminants", Robotics and Autonomous Systems, 35 (2001) pp. 131-142, Elsevier Science
- [3] Recommendation ITU-R BT. 709-4, "Signal Parameter Values for the 1125/60/2:1 System and the 1250/50/2:1 System", International Telecommunication Union
- [4] R.W.G. Hunt, "Measuring Color", Ellis Horwood Limited, ISBN 0-7458-0125-0, 1987
- [5] R.W.G. Hunt, "Revised Color Appearance Model for Real and Unreal Colours", Color Research and Application Vol. 16, June, 1991, s146-165
- [6] M.D. Fairchild, "Color Appearance Models", Addison-Wesley, ISBN 0-201-63464-3, 1997