Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 22, No. 3 pp. 439-445, 2021

https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.3.439
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

동영상 데이터에서 조명 보정을 사용한 관심 영역의 획득

장석우
안양대학교 소프트웨어학과

Acquisition of Region of Interest through Illumination Correction in Dynamic Image Data

Seok-Woo Jang
Department of Software, Anyang University

요 약 영상 센서 및 소형 디스플레이의 발달로 가능해진 저가의 고속 카메라는 영상처리 및 패턴인식 분야에서 유용하게 활용될 수 있다. 본 논문에서는 약간의 시차를 두고 연속적으로 입력되는 고속의 영상으로부터 불규칙적인 조명을 보정한 다음, 조명이 보정된 영상으로부터 사람의 관심 영역인 노출된 피부 색상 영역을 획득하는 알고리즘을 소개한다. 본 연구에서는 먼저 받아들인 고속의 영상으로부터 비 균일하게 발생된 조명적인 효과를 프레임 블렌딩 기법을 사용하여 보정한다. 그런 다음, 사전에 반복적인 학습으로 생성된 타원형의 피부 색상 분포 모델을 적용하여 입력된 고속의 컬러 영상으로부터 관심 영역을 강인하게 획득한다. 실험 결과에서는 본 논문에서 제시된 접근 방법이 입력되는 컬러 영상으로부터 조명을 보정한 다음 관심 영역을 정확하게 획득한다는 것을 보여준다. 본 연구에서 제안된 알고리즘은 얼굴 인식 및 추적, 조명 보정 및 제거, 동영상 색인 및 검색 등과 같은 영상 인식과 연관된 다양한 종류의 실제적인 응용 프로그램에서 매우 유용하게 이용될 것으로 추측된다.

Abstract Low-cost, ultra-high-speed cameras, made possible by the development of image sensors and small displays, can be very useful in image processing and pattern recognition. This paper introduces an algorithm that corrects irregular lighting from a high-speed image that is continuously input with a slight time interval, and which then obtains an exposed skin color region that is the area of interest in a person from the corrected image. In this study, the non-uniform lighting effect from a received high-speed image is first corrected using a frame blending technique. Then, the region of interest is robustly obtained from the input high-speed color image by applying an elliptical skin color distribution model generated from iterative learning in advance. Experimental results show that the approach presented in this paper corrects illumination in various types of color images, and then accurately acquires the region of interest. The algorithm proposed in this study is expected to be useful in various types of practical applications related to image recognition, such as face recognition and tracking, lighting correction, and video indexing and retrieval.

Keywords : Color Model, Labeling, Illumination Correction, Binarization Technique, Skin Pixel

*Corresponding Author : Seok-Woo Jang(Anyang Univ.)
email: swjang@anyang.ac.kr
Received January 27, 2021 Revised February 24, 2021
Accepted March 5, 2021 Published March 31, 2021

1. 서론

고성능이며 소형인 영상 촬영 센서(sensor)의 개발로 상대적으로 가격이 저렴해진 초고속 카메라가 보급되기 시작하였다[1]. 이에 따라 스마트 폰이나 디지털 카메라 캠코더 등에서도 준 고속 급의 촬영을 지원하는 기능이 탑재되기 시작했다. 이런 초고속의 카메라는 영상처리를 수행하는 다양한 실제적인 응용 분야에서 객체 인식 및 모델링 등을 위하여 매우 유용하게 활용될 수 있다[2].

일반적으로, 초고속의 카메라는 초당 수백에서 수천 프레임까지도 촬영이 가능하다. 즉, 사람의 눈으로는 분간하기 어려운 장면도 초고속의 카메라로 촬영하면 장면의 미세한 움직임까지도 확인할 수 있다. 반면에 초고속의 카메라는 주변 조명의 너무 미세한 변화까지도 영상으로 캡처하므로 영상처리에 어려움이 발생할 수 있다는 단점도 존재한다.

따라서 일반적인 실내외의 환경 조건에서 빠른 속도로 연속적으로 촬영되는 초고속의 컬러 영상 안에 불규칙적이거나 비 균일하게 포함되는 조명의 효과를 올바르게 보정하고, 조명이 보정된 초고속의 영상으로부터 피부 색상 분포 영역 등과 같이 사람의 주요한 관심 영역[3]들을 강인하게 획득하는 연구가 필요한 실정이다.

촬영된 컬러 영상 데이터로부터 영상 내에 존재하는 조명 효과를 보정하거나 관심 영역을 획득하기 위하여 진행된 기존의 연구는 관련된 참고문헌에서 확인할 수 있다. [4]에서는 심각하게 변화하는 조명을 보다 약하게 변화하는 조명으로 변환하는 조명 복구 모델을 제안한다. 이 조명 복구 모델을 사용하면 조명이 심하게 변화하는 영상을 조명이 약하게 변화하는 참조(reference) 영상으로 변환할 수 있다. 심한 조도 변화 영상에서 얻어진 참조 영상을 생성된 참조 영상(GRI)이라 하며, 이는 심한 조도 변화 영상의 로그 버전의 특이 값을 단위 L2-노름(norm)으로의 정규화를 통해 얻게 된다.

[5]에서는 인간 망막의 시각적 적응 체계에서 영감을 받아, 조명의 변화를 줄이기 위해 망막 처리를 모방한 조명 조정 메커니즘을 제안한다. 그리고 이 방법은 가중화된 이웃 필터링을 기반으로 하는 광류 추정에 에지의 미세 조정 메커니즘을 추가로 도입하였다. 공개 벤치마크에 대한 실험 결과는 제안된 접근 방식이 조명에 강력하고 정확한 동작 세부 정보를 보존함을 보여준다.

[6]에서는 얼굴 인식 시스템에서 화장(makeup)으로 인해 발생되는 변형을 줄이기 위한 조명 정규화 기법의 효과를 연구하였다. 이 방법에서는 먼저 얼굴 인식을 위해 매개변수를 조정하여 조명 정규화 기술을 적용한다. 다음으로, 텍스처 기반의 특징 추출 방법을 사용하여 얼굴의 특징을 추출하고, 서포트 벡터 머신을 사용하여 얼굴 인식을 수행한다. 제한 및 제한되지 않은 데이터베이스 모두에서 수행된 실험은 조명 정규화 기술이 얼굴 인식 결과를 개선한다는 것을 보여주었다.

[7]에서는 조명이 부족하거나 과도하게 조명되는지의 여부에 관계없이 그림의 컬러 영상에서 작동하는 매우 간단한 딥러닝 기반의 영상 조명 보정 아키텍처를 제시하였다. 영상의 조명 보정은 컴퓨터 비전 문제에 대한 연구의 오랜 주제였다. 그러나 이 주제에 대한 이전의 모든 문헌은 조명 정규화의 특정 사례에 접근하기 위해 지정된 알고리즘이 개발되었다는 의미에서 본질적으로 통계적이다. 이 방법에서는 합성 데이터베이스와 다양한 실제 페인팅 이미지를 사용하여 결과를 테스트했다. 앞에서 설명한 접근 방법뿐만 아니라 영상 내의 조명을 보정하거나 관심 영역을 정확하게 획득하기 위한 알고리즘들이 지속적으로 출현하고 있다[8].

그러나 이전에 기술된 기존의 방법들은 주로 일반적인 평속 영상을 대상으로 하고 있으며, 고속의 영상을 대상으로 하고 있지는 않다. 따라서 기존의 방법들은 평속 영상을 대상으로 하는 방법들에 존재하는 여러 가지의 환경 변화에 대한 문제점 및 단점들을 여전히 가지고 있다. 또한, 초고속의 영상처리에 대한 연구는 본격적으로 시작한지 얼마 되지 않았기 때문에 해결해야 할 이슈들이 많이 존재한다.

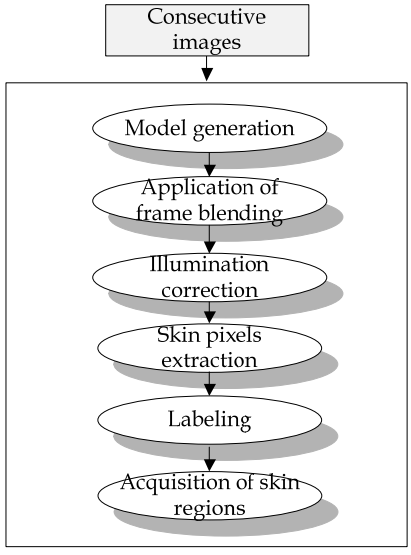

Fig. 1. Flowchart of the suggested approach

따라서 본 논문에서는 약간의 시차를 두고 연속적으로 입력되는 컬러 영상으로부터 프레임 블렌딩 기법을 이용하여 영상 안에 불규칙적으로 반영된 조명을 효과적으로 보정한 다음, 타원형의 색상 분포 모델을 이용하여 조명이 보정된 영상으로부터 관심 영역인 사람의 피부 영역을 정확하게 획득하는 기법을 제안한다. 다음 Fig. 1은 본 논문에서 제시하고 있는 연속적인 영상에서 조명 보정을 이용한 관심 영역 획득 접근방법의 전반적인 개요도를 보여준다.

위의 Fig. 1에서 확인할 수 있듯이 본 논문에서 소개한 기법에서는 우선 연속적으로 입력되는 컬러 영상으로부터 프레임 블렌딩을 통해 영상 안에 불규칙적으로 존재하는 조명 효과를 보정한다. 그런 다음, 조명이 보정된 컬러 영상으로부터 사람의 노출된 개인 정보를 대표적으로 나타내는 피부 색상 영역인 관심 영역을 강건하게 획득한다.

1장에서는 본 연구를 진행하게 된 일반적인 소개 및 개요에 관해 설명하였다. 2장에서는 받아들인 컬러 영상으로부터 프레임 블렌딩을 사용해 조명을 보정하는 기법에 관해 설명한다. 3장에서는 영상에서 노출된 개인 정보를 포함하고 있는 관심 영역인 피부 영역을 획득하는 방법에 관해 설명한다. 그리고 4장에서는 본 논문에서 소개된 조명 보정을 사용한 관심 영역 획득 기법의 성능을 측정하기 위해 수행한 실험 결과를 기술한다. 최종적으로, 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 관해 설명한다.

2. 조명 보정

보통 초고속의 카메라는 충분한 빛을 확보하기 위해서 고출력의 스팟(spot) 조명을 여러 개 배치하여 조도를 충분히 확보하는 것이 바람직하지만, 스팟 조명의 특성 상 대상이 되는 객체 전체에 균일한 강도의 조도를 제공하기는 어렵다는 단점이 있다. 다시 말해, 높은 조도를 가지는 조명 환경을 구성해도 실제적인 촬영 결과물은 조도가 균일하지 못하므로 대상 객체의 형상을 정확하게 확인하기가 어려울 수 있다는 문제가 발생한다. 최근 들어, 초고속 카메라의 소형 영상 센서 소자의 발달로 인해서 조명의 밝기와 방향 등의 환경적인 의존성이 한층 더 좋아지고는 있지만, 보다 선명한 영상을 획득하기 위해서는 효과적인 조명 장치도 상황에 맞게 요구된다.

실내에서 초고속의 카메라를 사용해 영상을 촬영할 경우에는 영상 내에 깜빡임(flickering) 현상이 발생한다. 실제로 실내에서 촬영된 초고속 영상 내부의 화소 값을 확인해 보면 매 프레임마다 거의 동일한 장면인데도 서로 다른 조도 값이 적용되어 있다. 이런 깜빡임 현상의 발생 원인은 전압 및 전류의 사양과 관련이 있다. 대부분의 국가는 보통 110V에서 115V, 230V에서 240V, 그리고 50Hz 또는 60Hz의 전압과 전류를 사용한다. 즉, 1초에 50번에서 60번 사이의 전기적인 파동이 반복되기 때문에 파동의 비율만큼 실내 백열등이나 LED 등의 깜빡임이 발생하게 된다. 그런데 초고속의 카메라는 초당 약 10,000 프레임 이상을 촬영할 수 있어서 반복되는 조명의 파동을 감지할 수 있으므로 깜빡임 현상이 영상 내에 자연스럽게 포함되게 된다. 보통 영상에 깜빡임 현상이 존재하는 경우에는 조명의 값이 달라지기 때문에 대상 객체를 표현하는 색상 값도 일부 변경된다. 따라서 색상 값이 일정하지 않으면 영상을 분석할 때 잘못된 특징 값을 사용하여 원하지 않는 결과가 도출될 가능성이 있기 때문에 영상 내에 포함된 균일하지 못한 조도를 올바르게 보정할 필요가 있다.

본 연구에서는 초고속 영상 내에 포함된 이런 비 균일한 조도 변화를 효과적으로 보정하기 위해서 프레임 블렌딩(blending) 기법을 사용한다[9]. 보통 프레임 블렌딩은 크기가 동일한 두 영상에서 동일한 위치의 화소 값에 일정한 비율을 곱한 다음 더하여 새로운 영상을 생성해 내는 연산으로서 식 (1)과 같이 정의된다. 식 (1)에서 α와 β는 영상을 블렌딩하는데 사용되는 가중치 요소(weighting factor)로서, 0에서 1사이의 값을 가질 수 있으며, 두 가중화 요소 값의 합은 1이다. 본 논문에서는 α와 β를 일반적으로 많이 사용하는 0.5로 동일하게 설정하였다. 이 가중치는 보통 촬영되는 영상의 주변에 위치한 실내외의 상황에 따라서 반복적인 학습을 통하여 적응적으로 조정될 수 있다. 그리고 $f_a(x, y)$와 $f_b(x, y)$는 서로 다른 두 개의 입력 영상을 의미하며, $f_r(x, y)$는 프레임 블렌딩을 통해서 생성되는 결과 영상을 나타낸다.

$$f_r(x,y) = \alpha \times f_a(x,y) + \beta \times f_b(x,y) \qquad (1)$$
$$where \quad 0 \le \alpha,\ \beta \le 1,\ \ \alpha + \beta = 1$$

본 논문에서는 먼저 입력되는 초고속 영상의 RGB 색상 공간을 YC_bC_r 색상 공간[10]으로 변환한 다음, 변환된 YC_bC_r 색상 공간에서 밝기 값에 해당하는 Y 채널에만 프레임 블렌딩을 적용하여 조명의 변화를 보정한다. 그리고 YC_bC_r 색상 공간에서 C_b와 C_r은 색상 값을 의미한다. 식 (2)는 RGB 색상 공간을 YC_bC_r 색상 공간으로 변환하는 수식을 보여준다.

$$Y = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B \quad (2)$$
$$C_b = -0.16874 \times R - 0.33126 \times G + 0.5 \times B$$
$$C_r = 0.5 \times R - 0.41869 \times G - 0.08131 \times B$$

결과적으로, 본 논문에서는 식 (2)의 색상 모델 변환 식을 사용해 입력 영상의 (R, G, B) 색상 값을 (Y, C_b, C_r) 값으로 변경한다. 그런 다음, 조명에 해당하는 Y 값만을 식 (1)에 대입하여 입력 영상의 조명이 보정된 새로운 Y'을 획득한다. 마지막으로, 조명이 보정된 (Y', C_b, C_r) 값을 식 (3)에 적용하여, 원래의 RGB 색상 모델 기반의 영상을 역으로 얻어낼 수 있다.

$$R = Y + 1.402 \times C_r \quad (3)$$
$$C_b = -0.16874 \times R - 0.33126 \times G + 0.5 \times B$$
$$C_r = 0.5 \times R - 0.41869 \times G - 0.08131 \times B$$

본 논문에서 사용하는 프레임 블렌딩이 적용된 결과 영상을 보면 명암적인 대비가 프레임 블렌딩을 적용하기 전보다 명확하게 표시되는 것을 확인할 수 있으며, 이는 히스토그램을 통해 가시적으로도 확인될 수 있다. 즉, 프레임 블렌딩을 적용한 영상에 대한 명암 히스토그램은 프레임 블렌딩을 적용하기 전에는 깜빡임 현상으로 인해 명암 값이 전체적으로 비 균일하게 표현된다. 그러나 프레임 블렌딩을 적용하여 프레임 사이의 조명 값의 차이를 적정하게 보정하면 영상 내에 조명 값이 상대적으로 균일해지므로 히스토그램이 정상적으로 표출되는 것을 확인할 수 있다.

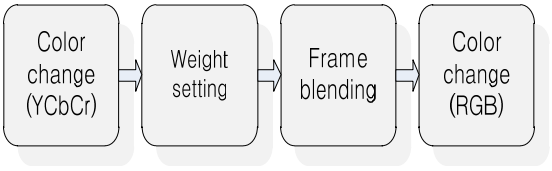

Fig. 2. Overall flow of the illumination adjustment

그림 2는 본 논문에서 수행하는 프레임 블렌딩을 활용한 조명 보정 과정의 흐름도를 보여주고 있다.

3. 피부 영역의 획득

본 논문에서는 앞의 단계에서 얻은, 프레임 블렌딩을 사용하여 비 균일한 조명을 보정한 입력 영상으로부터 노출된 사람의 개인 정보를 대표하는 관심 영역인 피부 색상 분포 영역을 추출한다.

일반적으로, 피부 색상 특징은 영상으로부터 사람의 얼굴, 목, 팔, 다리 등과 같이 노출된 신체의 구성요소를 간단하면서도 효과적으로 검출하는데 매우 유용한 정보를 제공한다. 그러나 영상이 촬영되는 주변의 환경, 서로 다른 인종 사이에 존재하는 근본적인 피부 색상의 차이, 잡음, 색조 화장 등에 따라서 피부 색상 영역을 정확히 검출하는 작업은 여전히 해결하기 어려운 문제 중의 하나이다.

관련된 참고문헌을 검색해 보면 사람의 피부 색상 추출에 관한 기존의 많은 알고리즘들이 제시되어 있다. 그런데 이런 방법들은 대부분 일정 크기의 영상 데이터베이스를 대상으로 학습을 통해 생성한 고정적인 하나의 피부 색상 분포 모델을 사용하여 입력되는 모든 컬러 영상으로부터 피부 색상 화소를 검출하므로 많은 오 검출이 발생한다. 이에 비해 본 논문에서는 입력되는 각 영상마다 피부 샘플을 획득하여 피부 모델을 생성한 다음, 피부 화소 추출을 시도하므로 보다 강인한 피부 영역 추출이 가능하다. 본 논문에서는 입력 영상으로부터 눈을 추출하고, 추출된 눈 주변의 샘플 화소를 자동으로 추출하여 피부 색상 분포 모델을 적응적으로 생성한다.

본 논문에서는 먼저 입력되는 컬러 영상을 피부 화소 검출에 보다 적합하다고 널리 알려진 YC_bC_r 컬러 모델로 변경한다. 그리고 피부 샘플을 추출하고 학습을 통해 식 (4)와 같이 정형화되는 타원형의 피부 색상 모델[11]을 생성한다. 그런 다음, 생성된 피부 모델을 입력되는 영상에 적용하여 사람의 피부 색상 화소와 비 피부 색상 화소를 분리한다.

$$\frac{(x - ec_x)^2}{a^2} + \frac{(y - ec_y)^2}{b^2} \leqq 1 \quad (4)$$

식 (4)에서 x와 y는 2차원의 타원형 방정식의 대응하는 x와 y 좌표를 나타낸다. 그리고 a와 b는 타원의 장축과 단축의 길이를 의미한다. 또한, ec_x와 ec_y는 타원의 회전 오차를 보정하는 파라미터이다. 본 논문에서 사용되는 파라미터들은 반복적인 실험을 통해서 경험적으로 조정된다.

본 논문에서는 받아들인 테스트 컬러 영상으로부터 사람의 피부 화소를 검출한 후에는, 잘못 검출된 비교적 소규모의 잡음 화소들을 간편하게 없애기 위해서 열림(opening) 형태학적인 연산(morphological operation)

을 채택한다. 보통 열림 형태학적 연산자는 침식(erosion) 연산을 수행한 다음, 팽창(dilation) 연산을 수행하는 연산이다. 구조화 요소(structuring element) S에 의한 이진 영상 B의 열림 연산 $B \circ S$은 식 (5)와 같이 표현된다.

$$B \circ S = (B \ominus S) \oplus S \tag{5}$$

식 (5)에서 $\oplus$는 팽창 연산을 의미하고, $\ominus$는 침식연산을 나타낸다. 보통 팽창 연산은 식 (6)과 같이 구조화 요소인 S를 가지고 이진 영상을 스캔하면서 적어도 S의 한 요소가 이진 영상의 물체 영역인 B와 겹치게 될 때 구조화 요소의 원점에 위치하는 화소 값을 1로 변경하고, 그렇지 않으면 0으로 할당한다.

$$B \oplus S = \begin{cases} 1 & \text{if } S \text{ overlaps } B \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \tag{6}$$

한편, 침식 연산은 식 (7)과 같이 구조화 요소 S를 가지고 이진 영상을 스캔하면서 S의 모든 화소가 이진 영상의 물체 영역 B에 포함될 때에는 구조화 요소 S의 원점에 위치하는 화소의 값을 1로 할당정하고, 그 이외의 경우에는 화소의 값을 0으로 할당한다.

$$B \ominus S = \begin{cases} 1 & \text{if } S \in B \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \tag{7}$$

열림 연산은 침식 연산에 의해 대상 객체가 작아지게 되고, 다시 팽창 연산에 의해 객체가 확대되므로 원래의 영상과 동일한 결과를 산출할 것으로 생각될 수 있으나, 사실은 그렇지 않다. 다시 말해, 침식 연산에 의해 대상 객체가 줄어들고 볼록하게 튀어나온 영역은 없어진다. 그리고 잡음이 있는 경우 잡음이 없어지지만 팽창 연산을 수행하면 객체는 원래의 상태로 커지게 되나 없어진 볼록한 영역이 원래대로 볼록하게 튀어 나온다든지 또는 없어진 잡음이 다시 나타나지는 않는다.

마지막으로, 열림 형태학적인 연산을 적용한 다음에는 인접한 화소들을 서로 연결하는 레이블링(labeling)을 적용하여 검출된 개별적인 화소들을 분리된 영역 단위의 피부 영역으로 획득한다.

4. 실험 결과

본 논문에서 제안된 알고리즘의 개발을 목적으로 이용된 컴퓨터는 Intel Core(TM) i7-6700 3.4 GHz의 CPU, 16GB의 주 메모리, 256GB의 SSD, Galaxy Geforce GTX 1080 Ti 그래픽 카드로 구성되어 있다. 그리고 시스템 개발용 컴퓨터에서 마이크로소프트 Windows 10 이 운영체제(OS)로 사용되었다. 또한, 소개된 조명 보정 기반의 피부 검출 방법의 개발 도구로는 마이크로소프트의 비주얼 스튜디오 2017이 이용되었다. 본 연구에서 제안된 알고리즘을 효율적으로 구현하기 위해 OpenCV 컴퓨터 비전 라이브러리도 이용되었다.

다음의 Fig. 3 (a)는 노출된 피부 영역을 포함하고 있으며 조명이 보정되지 않은 받아들인 컬러 영상의 예를 보여준다. Fig. 3 (b)는 받아들인 컬러 영상으로부터 프레임 블렌딩을 적용해 조명을 보정한 결과 영상을 나타낸다. Fig. 3 (c)는 조명이 보정된 컬러 영상으로부터 사람의 피부 색상 화소를 획득한 결과를 보여준다. 그리고 Fig. 3 (d)는 형태학적인 연산과 레이블링을 적용하여 검출한 최종적인 관심 영역인 사람의 피부 색상 분포 영역을 나타낸다.

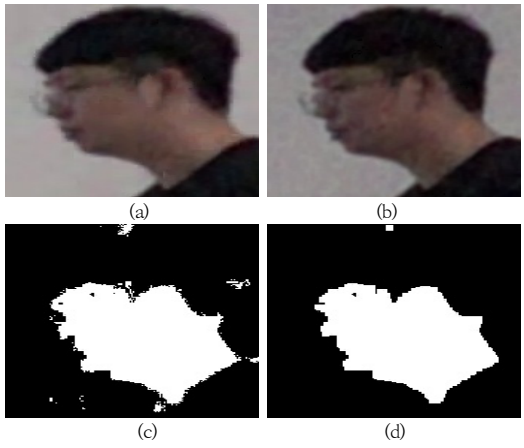

Fig. 3. Human skin region
(a) Input image (b) Illumination adjustment (c) Skin region (d) Morphological operation and labeling

본 연구에서는 소개된 고속으로 입력되는 컬러 영상의 조명 보정을 활용한 피부 화소 획득 방법의 성능을 정확도 측면에서 정량적으로 비교 및 측정하였다. 본 연구에서는 받아들인 고속의 영상에서 올바르게 획득된 피부 영역들의 개수, 그리고 전체 고속 영상들에 원래부터 포함되어 있는 피부 영역의 개수와의 상대적인 비율로 기술된 식 (8)과 같은 측도를 이용하였다. 식 (8)에서 $SKIN_{acquisition}$은 제안된 알고리즘을 이용하여 올바르게

획득된 피부 영역의 개수를 의미한다. 그리고 $SKIN_{total}$은 테스트에 이용된 전체 고속 영상에 들어있는 피부 영역의 총 개수를 의미한다. 본 연구에서 사용하는 정량적인 정확도 수식은 백분율로 표현된다.

$$\Psi_{accuracy} = \frac{SKIN_{acquisition}}{SKIN_{total}} \times 100 \ (\%) \qquad (8)$$

Fig. 4는 정확성 측면에서 조명 보정을 통한 사람의 피부 영역 획득 방법의 성능을 막대 그래프로 비교하여 보여주고 있다. Fig. 4에서 확인할 수 있듯이, 본 논문에서 소개한 알고리즘이 프레임 블렌딩 기법을 사용하여 관심 영역인 노출된 피부 영역인 보다 정확하게 획득한다.

기존의 접근 방법은 고속의 영상에서 불규칙적인 조명을 보정하는 과정이 정상적으로 수행되지 않았다. 또한, 고정적으로 생성된 피부 색상 분포 모델을 사용하므로 정확하게 피부 화소를 추출하는 작업에 어려움이 발생하였다.

반면에 본 논문에서 소개된 알고리즘은 고속의 영상 내에 반영된 균일하지 못한 조명적인 효과를 연속적인 영상 사이의 프레임 블렌딩을 통하여 효과적으로 보정한 다음, 관심 영역을 획득하므로 기존의 접근 방법에 비해서 보다 강건하게 사람의 피부 색상 분포 영역을 획득할 수 있었다.

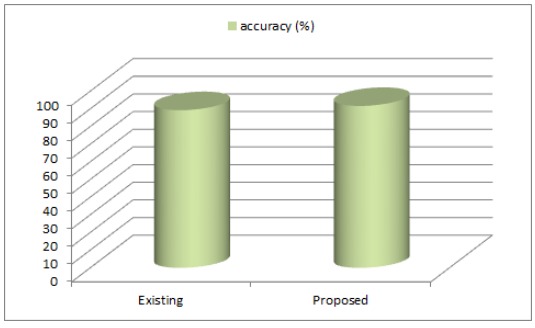

Fig. 4. Performance comparison

5. 결론

매우 빠른 속도로 영상 촬영이 가능한 초고속의 카메라는 최근 들어 가격이 상대적으로 저렴해짐에 따라 점점 더 보편화되고 있지만, 관련된 연구는 이제 막 시작 단계에 접어들었다. 특히, 초당 많은 수의 프레임을 연속적으로 받아들이는 초고속의 카메라는 주변의 환경 변화에 따라 촬영된 컬러 영상 안에 조명 효과가 비 균일하게 반영되기가 쉽다. 따라서 초고속 영상의 불규칙적인 조명을 효과적으로 보정하는 연구가 필요하다.

본 논문에서는 약간의 시차를 두고 연속적으로 입력되는 초고속의 컬러 영상으로부터 조명을 보정하고, 조명이 보정된 영상으로부터 관심 영역인 피부 영역을 강건하게 획득하는 알고리즘을 제시하였다. 제시된 알고리즘에서는 먼저 받아들인 초고속의 컬러 영상으로부터 프레임 블렌딩 기법을 사용하여 비 균일한 조명을 효과적으로 보정하였다. 그런 다음, 학습을 통해 생성된 타원형의 색상 분포 모델을 사용하여 조명이 보정된 컬러 영상으로부터 관심 영역인 노출된 피부 영역을 강건하게 획득하였다. 실험 결과에서는 본 연구에서 소개된 알고리즘이 입력받은 초고속의 컬러 영상으로부터 조명을 보정한 다음, 조명이 보정된 영상 데이터로부터 피부 색상 영역을 강인하게 획득한다는 것을 제시하였다.

추후에는 본 논문에서 소개한 조명의 보정을 통한 관심 영역 획득 접근 방법을 보다 다양한 종류의 테스트 영상들에 반복적으로 적용하여 현재까지 구축된 알고리즘의 안정성을 한층 더 강화할 계획이다. 그리고 제안된 방법을 낮 시간대의 일반적인 조명 환경에서 뿐만 아니라 새벽, 저녁, 그리고 짙은 안개 상황 등과 같이 보다 열악한 환경에서도 테스트하여 시스템의 확장성을 높일 계획이다.

References

[1] J. Javh, J. Slavic, and M. Boltezar, "High Frequency Modal Identification on Noisy High-Speed Camera Data," Mechanical Systems and Signal Processing, Vol.98, pp. 344-351, January 2018.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.05.008

[2] W. Jung, C. Hurth, and F. Zenhausern, "Real-Time Monitoring of Viscosity Changes Triggered by Chemical Reactions Using a High-Speed Imaging Method," Sensing and Bio-Sensing Research, Vol.5, pp. 8-12, September 2015.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2015.05.003

[3] M. H. Yap, M. Goyal, F. Osman, R. Marti, E. Denton, A. Juette, and R. Zwiggelaar, "Breast Ultrasound Region of Interest Detection and Lesion Localisation," *Artificial Intelligence in Medicine*, Vol.107, pp. 1-8, July 2020.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.artmed.2020.101880

[4] C.-H. Hu, J. Yu, F. Wu, Y. Zhang, X.-Y. Jing, X.-B. Lu,

P. Liu, "Face Illumination Recovery for the Deep Learning Feature under Severe Illumination Variations," *Pattern Recognition*, Vol. 111, pp. 1-13, March 2021.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.patcog.2020.107724

[5] B. Liao, J. Hu, and R. O. Gilmore, "Optical Flow Estimation Combining with Illumination Adjustment and Edge Refinement in Livestock UAV Videos," *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 180, pp. 1-12, December 2020.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.10591

[6] U. Saeed, K. Masood, and H. Dawood, "Illumination Normalization Techniques for Makeup-Invariant Face Recognition," *Computers and Electrical Engineering*, Vol. 89, pp. 1-14, November 2020.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2020.106921

[7] S. Goswami and S. K. Singh, "A Simple Deep Learning-Based Image Illumination Correction Method for Paintings," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 138, pp. 392-396, August 2020.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.patrec.2020.08.013

[8] P. Mishra, S. Lohumi, H. A. Khand, and A. Nordon, "Close-Range Hyperspectral Imaging of Whole Plants for Digital Phenotyping: Recent Applications and Illumination Correction Approaches," *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 178, pp. 1-11, September 2020.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105780

[9] Z. Zhu, H. Liu, J. Lu, and S.-M. Hu, "A Metric for Video Blending Quality Assessment," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol.29, pp. 3014-3022, November 2019.
DOI: https://doi.org/10.1109/TIP.2019.2955294

[10] K. Muhammad, M. Sajjad, I. Mehmood, S. Rho, and S. W. Baik, "Image Steganography Using Uncorrelated Color Space and Its Application for Security of Visual Contents in Online Social Networks," *Future Generation Computer Systems*, Vol.86, pp. 951-960, November 2016.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.future.2016.11.029

[11] R.-L. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, and A. K. Jain, "Face Detection in Color Images," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.24, No.5, pp.696-706, May 2002.
DOI: https://doi.org/10.1109/34.1000242

장 석 우(Seok-Woo Jang) [종신회원]

- 1995년 2월 : 숭실대학교 전자계산학과 (공학사)
- 1997년 2월 : 숭실대학교 일반대학원 컴퓨터학과 (공학석사)
- 2000년 8월 : 숭실대학교 일반대학원 컴퓨터학과 (공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 안양대학교 소프트웨어학과 교수

〈관심분야〉
로봇비전, 증강현실, HCI, 비디오 색인 및 검색, 등