

필터링 기반의 잡음 제거를 통한 피부 영역의 추출

장석우
안양대학교 소프트웨어학과

Extraction of Skin Regions through Filtering-based Noise Removal

Seok-Woo Jang
Department of Software, Anyang University

요약 최근 들어 초고속의 영상 촬영이 가능한 저가이며 성능이 우수한 카메라가 등장함에 따라서 물체의 미세한 움직임까지 정확하게 묘사한 초고속의 영상들이 보편화되고 있는 실정이다. 본 논문에서는 빠른 속도로 입력되는 초고속의 영상으로부터 예기치 않게 포함된 잡음을 제거한 다음, 잡음이 제거된 영상으로부터 피부 영역과 같이 개인 정보를 대표할 수 있는 관심 영역을 추출하는 방법을 제안한다. 본 논문에서는 먼저 입력받은 초고속의 영상으로부터 비정상적인 전기 신호로 인해 발생한 잡음을 양방향의 필터를 적용하여 제거한다. 그런 다음, 사전 학습을 통해 생성한 색상 분포 모델을 사용하여 영상 내에 포함된 개인 정보를 대표하는 관심 영역인 피부 영역을 정확하게 추출한다. 실험 결과에서는 본 연구에서 소개된 알고리즘이 여러 가지의 초고속 영상으로부터 잡음을 제거한 다음 관심 영역을 강인하게 추출한다는 것을 보여준다. 본 논문에서 제시된 접근 방법은 영상 전처리, 잡음 제거, 목표 영역의 추적 및 감시 등과 같은 컴퓨터 비전 및 패턴인식과 관련된 여러 가지의 응용 분야에서 유용하게 사용될 것으로 예상된다.

Abstract Ultra-high-speed images that accurately depict the minute movements of objects have become common as low-cost and high-performance cameras that can film at high speeds have emerged. In this paper, the proposed method removes unexpected noise contained in images after input at high speed, and then extracts an area of interest that can represent personal information, such as skin areas, from the image in which noise has been removed. In this paper, noise generated by abnormal electrical signals is removed by applying bilateral filters. A color model created through pre-learning is then used to extract the area of interest that represents the personal information contained within the image. Experimental results show that the introduced algorithms remove noise from high-speed images and then extract the area of interest robustly. The approach presented in this paper is expected to be useful in various applications related to computer vision, such as image preprocessing, noise elimination, tracking and monitoring of target areas, etc.

Keywords : Region of Interest, Preprocessing, Noise Removal, Bilateral Filter, High-Speed Image

1. 서론

사람의 눈으로 식별할 수 없는 미세한 움직임까지 정확하게 촬영이 가능한 초고속의 카메라는 그동안 비교적 상당히 고가이고 많이 보편화되지는 않았었다[1]. 따라서

초고속의 카메라를 이용한 실질적인 연구는 그동안 물리적인 또는 역학적인 현상에 대한 모델링과 같이 특정한 학문 분야의 매우 제한된 범위 내에서만 진행되고 있었다[2]. 특히, 960 fps의 초고속 영상 촬영이 가능한 삼성의

*Corresponding Author : Seok-Woo Jang(Anyang Univ.)

email: swjang@anyang.ac.kr

Received October 22, 2020

Accepted December 4, 2020

Revised November 17, 2020

Published December 31, 2020

갤럭시 S9에 장착된 카메라와 같이 비교적 저렴한 초고속의 카메라는 이제 막 등장하기 시작했기 때문에 초고속의 카메라로 촬영된 보편화된 컬러 영상에서 사람의 얼굴 영역과 같이 개인 정보가 포함된 대상 객체의 블로킹을 위한 연구는 현재까지 그 사례를 찾아보기가 어렵다.

그러므로 매우 빠른 속도로 입력되는 여러 가지 유형의 초고속 영상으로부터 노출된 사적인 정보가 들어있는 부분을 추출하기 위한 사전 단계로서 관심 영역(region of interest)을 효과적으로 검출하는 연구가 필요한 실정이다[3]. 본 논문에서 언급하는 관심 영역은 사람의 개인 정보를 가장 잘 대표할 수 있는 피부 색상 영역으로 설정한다.

받아들이는 정지 또는 동영상으로부터 영상에 포함된 잡음(noise)을 제거하거나 관심 영역을 검출하기 위해 수행한 이전의 연구는 주변의 참고문헌에서 찾아볼 수 있다. [4]에서는 잡음이 많은 데이터를 정제하기 위해서 부분 인스턴스 제거(partial instance reduction) 방법을 제안하였다. 의심스러운 모든 인스턴스를 제거하는 일반적인 인스턴스 제거 방법과 달리 부분 인스턴스 제거 방법은 일부의 속성 값을 제거함으로써 의심스러운 인스턴스를 부분적으로 제거하므로 보다 효과적이다.

[5]에서는 고밀도의 임펄스 잡음 제거를 위한 편중되지 않은 가중적인 평균 필터를 제안하였다. 필터링 윈도우에서 손상된 픽셀의 비대칭적인 분포는 손상되지 않은 화소의 중심을 향한 공간적인 바이어스를 생성한다. 이 방법은 각각의 손상되지 않은 화소의 가중치를 필터링 윈도우의 중앙으로 다시 이동하는 방식으로 재보정하여 이러한 편향을 제거한다.

[6]에서는 입력되는 유방 열화상 영상에서 관심 영역을 추출하는 방법을 제안하였다. 보통 유방 열화상 영상은 향후 유방암으로 이어질 수 있는 이상 징후를 감지하기 위해 최근 몇 년간 분석되어온 새로운 유형의 데이터이다. 이 연구는 컴퓨터를 이용한 검출 시스템에서 유용한 유방 열화상 영상 분류 방법을 제안하였다. 이 연구의 주요한 공헌은 국지적 운영, 국지적 분석, 보간 및 통계적 운영자를 기준으로 관심 영역(ROI)을 세분화하는 자동적인 방식을 제안한 것이다.

[7]에서는 복수의 영상 클러스터링 두드러짐(saliency) 분석과 범색학적 영상 공동 발생 히스토그램 두드러짐 분석을 기반으로 한 새로운 다중 영상 두드러짐 분석 모델을 제시하여 공동의 두드러진 특징을 가진 관심 영역을 추출하였다. 이 방법에서 전체 영상 세트에 K-평균 군집화를 이등분하면 다중 스펙트럼 영상에서 전역 대응

성을 추출한다. 그런 다음, 스펙트럼 대비를 사용한 클러스터 기반 기법은 두드러진 특징을 가진 관심 영역을 효율적으로 할당한다. 위에서 기술한 알고리즘과 더불어 전처리를 통해 잡음을 제거하거나 사용자가 관심 있는 영역을 강인하게 추출하기 위한 새로운 접근 방법들이 계속해서 시도되고 있다[8].

하지만 앞에서 언급된 기존의 알고리즘들은 대부분 초고속의 영상이 아니라 일반적인 영상을 대상으로 하고 있으며, 다수의 단계 및 제약사항들을 포함한다. 그리고 초고속의 영상 처리와 관련된 연구들이 이제 막 시작 단계이므로 초고속 영상에서 잡음 제거 및 관심 영역의 검출과 연관되어 최근에 수행되고 있는 기존의 방법들은 연관된 다른 방법들과 비교했을 때 개수가 상대적으로 적은 편이다.

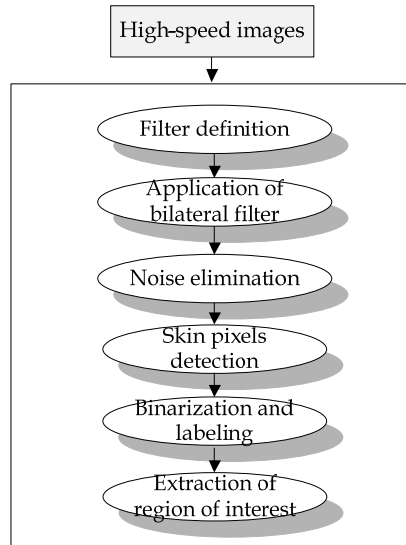


Fig. 1. Flow diagram of the proposed method

그러므로 본 연구에서는 매우 빠른 속도로 입력되는 초고속의 영상으로부터 양방향의 필터를 사용하여 영상 내에 포함된 잡음을 효과적으로 제거한 다음, 피부 색상 분포 모델을 사용하여 잡음이 제거된 영상으로부터 관심 영역인 피부 영역을 강인하게 추출하는 알고리즘을 소개한다. 아래의 Fig. 1은 본 연구에서 소개하고 있는 초고속의 영상에서 잡음 제거를 통한 관심 영역 추출 알고리즘의 전체적인 흐름도를 나타낸다.

앞의 Fig. 1에 나와 있듯이 본 연구에서 제시한 방법에서는 먼저 빠르게 입력되는 초고속의 영상으로부터 양방향의 필터를 사용해 영상 내에 포함된 잡음을 효과적

으로 제거한다. 그런 다음, 잡음이 제거된 영상으로부터 노출된 개인 정보를 가장 잘 대표할 수 있는 관심 영역인 사람의 피부 색상 분포 영역을 강건하게 추출한다.

1장에서는 본 연구를 진행하게 된 전체적인 개요와 배경에 대해 기술하였다. 2장에서는 입력되는 초고속의 영상으로부터 양방향의 필터를 이용해 잡음을 제거하는 방법에 대해 기술한다. 3장에서는 개인 정보를 포함한 목표 영역을 검출하기 위한 전 단계인 관심 영역을 추출하는 기법에 대해 서술한다. 그리고 4장에서는 본 연구에서 제안된 잡음 제거를 이용한 관심 영역 추출 방법의 성능을 비교 및 평가하기 위하여 진행한 실험 결과를 설명한다. 마지막으로, 5장에서는 결론 및 향후 연구 계획에 대해 서술한다.

2. 잡음 제거

초고속의 카메라를 이용하여 장면을 촬영하면 영상 안에 예기치 않은 잡음이 발생할 수 있다. 다시 말해, 카메라의 센서가 받아들이는 빛의 강도가 전기적인 신호로 인해 발생하는 신호보다 약할 때 잡음이 발생한다. 그리고 초고속 카메라 내부의 영상 센서의 크기와 해상도에 따라서 잡음이 발생하는데, 센서의 크기가 작고 해상도가 높은 경우에 잡음이 빈번하게 발생한다. 보통 잡음은 신호 대비 잡음(signal to noise) 비율로 측정된다.

일반적으로 영상 안에 포함된 잡음을 제거하기 위해 많이 사용되는 가우시안(Gaussian) 필터는 관심 위치를 중심으로 2차원의 정규 분포를 이루고 있는 마스크(mask)를 사용하여 해당 위치의 화소 값과 마스크의 값을 컨볼루션(convolution)한다[9]. 식 (1)은 영상에 적용할 수 있는 평균이 (0, 0)인 2차원의 가우시안 함수의 식을 나타내고 있다.

$$G_{\sigma}(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

가우시안 필터링은 대상 화소와 가까울수록 큰 영향을 주게 되고, 대상 화소에서 멀어질수록 작은 영향을 주기 때문에 원래의 영상과 유사하면서도 잡음을 제거해 준다는 장점을 가진다. 그러나 가우시안 필터링은 영상이 블러링(blurring)되는 효과가 발생하므로 객체 경계 영역의 붕괴를 발생시키면서 잡음을 제거해 준다는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 초고속의 영상 내에 포함된 잡음을 효과적으로 제거하기 위해서 식 (2)와 같이 정의되는 양방향(bilateral)의 필터를 적용한다[10].

$$I^{filter}(x) = \frac{1}{W_p} \sum_{x_i \in \Omega} I(x_i) f_r(\|I(x_i) - I(x)\|) g_s(\|x_i - x\|) \quad (2)$$

식 (2)에서 $I^{filter}(x)$ 는 필터링된 결과 영상을 나타내고, $I(x)$ 는 필터링될 원래의 입력 영상을 나타낸다. x 는 필터링될 현재 화소의 위치를 의미하고, Ω 는 x 를 중심으로 위치하고 있는 윈도우이다. 따라서 x_i 는 다른 화소를 의미한다. f_r 은 화소 값들의 차이를 평활화하기 위한 범위(ragne) 커널이고, g_s 는 좌표들의 차이를 평활화하기 위한 공간 커널이다. 본 논문에서 f_r 과 g_s 는 가우시안 함수를 사용한다.

$$W_p = \sum_{x_i \in \Omega} f_r(\|I(x_i) - I(x)\|) g_s(\|x_i - x\|) \quad (3)$$

가중치 W_p 는 공간적인 근접성(공간 커널 g_s)과 화소 값 차이(범위 커널 f_r)를 사용하여 식 (3)과 같이 할당된다. 인접한 화소를 사용하여 영상에서 잡음을 제거해야 하는 (i, j)에 위치한 화소를 고려해보자. 그리고 인접한 화소 중의 하나가 (k, l)에 위치한다고 생각해 보자. 그러면 범위와 공간 커널을 가우스 커널로 가정하고, 화소 (i, j)의 잡음을 제거하기 위해 화소 (k, l)에 할당되는 가중치는 식 (4)와 같이 정의된다.

$$w(i, j, k, l) = \exp\left(-\frac{(i-k)^2 + (j-l)^2}{2\sigma_d^2} - \frac{\|I(i, j) - I(k, l)\|^2}{2\sigma_r^2}\right) \quad (4)$$

식 (4)에서 σ_d 와 σ_r 은 평활화 인수이고, $I(i, j)$ 와 $I(k, l)$ 은 각각 (i, j)와 (k, l) 위치에 있는 화소의 명암값이다. 본 논문에서는 가중치를 계산한 다음 정규화를 하면 식 (5)와 같이 (i, j) 위치에서의 잡음이 제거된 화소의 명암 값 $I_D(x, y)$ 를 얻을 수 있다.

$$I_D(i, j) = \frac{\sum_{k,l} I(k, l) w(i, j, k, l)}{\sum_{k,l} w(i, j, k, l)} \quad (5)$$

범위 매개변수 σ_r 이 증가하면 가우시안 콘볼루션의 범위가 넓어지고 평탄해지기 때문에 양방향의 필터는 점차 가우시안 콘볼루션에 더 가깝게 접근하게 되는데, 이것은 양방향 필터의 값이 영상의 명암값 간격에 걸쳐서 거의 일정하게 유지된다는 것을 의미한다. 그리고 공간 매개변수 σ_d 가 증가할수록 큰 특징들이 평탄해진다.

일반적으로 양방향의 필터는 가우시안 필터처럼 이웃 화소들과의 관계를 고려하고, 관심 영역 화소들의 색상 값의 차이를 계산하여 영상 내의 잡음을 제거한다. 그리고 양방향 필터는 영상 내에 원하지 않는 잡음이 발생했을 때 객체 영역에 대한 경계를 유지하면서 잡음을 제거한다는 장점이 있지만, 계산량의 증가로 인해 가우시안 필터보다는 다소 느리다는 단점을 가지고 있다. 다시 말해, 가우시안 필터는 영상의 전체적인 블러링(blurring) 효과를 통하여 잡음을 제거하므로 객체 경계 영역의 붕괴를 발생시킨다. 반면에 양방향 필터는 비선형적(non-linear)이며, 영상에서 에지를 보존하면서 잡음을 줄이는 스무딩(smoothing) 필터이다.

양방향 필터에서 각 픽셀의 화소 값은 인근 픽셀의 화소 값의 가중 평균으로 대체된다. 이 가중치는 가우시안 분포에 기초할 수 있다. 결정적으로 가중치는 픽셀의 유클리드(Euclidean) 거리뿐만 아니라 방사선량의 차이, 예를 들어 색의 강도나 깊이 정보 등의 범위 차이에 따라서 달라진다. 따라서 양방향의 필터는 중요한(sharp) 에지를 보존한다.

3. 관심영역 추출

본 논문에서는 이전 단계에서 획득한, 양방향의 필터를 적용하여 잡음을 필터링한 초고속의 영상으로부터 사람의 노출된 사적인 정보를 대표하는 주요한 관심 영역인 사람의 피부 색상 분포 영역을 강인하게 추출하고자 한다.

일반적으로 피부 영역은 얼굴, 손, 다리 등과 같이 사람의 노출된 신체 부위를 나타낸다. 그리고 사람의 피부 영역을 추출하는 것은 인종 사이의 색상 값의 차이, 조명과 같은 외부 환경의 변화, 불규칙적인 잡음 등으로 인해 매우 어려운 작업으로 인식되고 있다. 보통 피부 추출은 얼굴 인식, 비디오 감시, 제스처 인식 등과 같이 영상처리와 관련된 응용 프로그램에서 첫 번째의 과정으로 수행된다. 기존에 피부 영역 추출과 관련된 많은 방법들이 소개되었는데, 본 논문에서는 입력되는 영상에 적응적인 피

부 추출 기법을 사용한다. 다시 말해, Fig. 2와 같이 사전에 설정된 하나의 피부 모델을 고정적으로 사용하지 않고, 입력되는 영상으로부터 피부 샘플을 직접 추출하여 피부 색상 모델을 생성한다. 즉, 입력되는 영상으로부터 눈을 검출한 다음[11], 눈 주변의 피부 화소들을 선택하여 피부 모델을 생성한다. 그런 다음, 각 영상에 대해 생성된 모델을 활용해 피부 화소들을 추출한다.

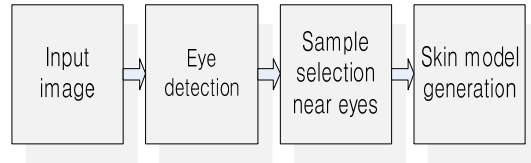


Fig. 2. Overall flow of skin detection

본 논문에서는 먼저 받아들인 RGB 색상 공간 기반의 초고속의 영상 데이터를 사람의 피부 색상 분포 영역의 추출에 보다 적합하다고 알려진 $YCbCr$ 색상 공간으로 식 (6)을 이용하여 비선형적으로 변환한다.

$$\begin{aligned}
 Y' &= K_R \cdot R' + K_G \cdot G' + K_B \cdot B' & (6) \\
 C_B &= \frac{1}{2} \cdot \frac{B' - Y'}{1 - K_B} \\
 C_R &= \frac{1}{2} \cdot \frac{R' - Y'}{1 - K_R} \\
 K_R + K_G + K_B &= 1
 \end{aligned}$$

식 (6)에서 Y 는 휘도로서 단위 면적당 밝기의 정도이다. 그리고 C_b 와 C_r 은 채널 색도 위도로서 색상과 포화도를 나타낸다. 즉, C_b 는 파랑색에서 밝기를 차감한 요소이고, C_r 은 빨강색에서 밝기를 차감한 요소이다. 본 논문에서 K_R 은 0.299, K_G 는 0.587, 그리고 K_B 는 0.144를 사용하였다. 또한 식 (6)에서 기호 프라임(')은 해당 신호가 비선형적으로 변형되는 감마 보정이 이루어졌음을 나타낸다. 식 (6)에서 색상 공간 변환이 완료되면 Y 는 16에서 255, 그리고 C_b 와 C_r 은 16에서 240 사이의 범위를 가진다.

초고속 영상의 색상 공간을 $YCbCr$ 로 변환한 다음에는 학습을 통해 식 (7)과 같이 정의된 피부 색상 분포 모델 [11]을 적용하여 영상으로부터 배경과 다른 색상을 가지는 영역을 제외하고, 피부 색상에 대응하는 화소들만을 추출한다.

$$\frac{(x-ec_x)^2}{a^2} + \frac{(y-ec_y)^2}{b^2} \leq 1 \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C'_b - c_x \\ C'_r - c_y \end{bmatrix}$$

본 연구에서는 $C_b C_r$ 색상 공간에서 피부 색상 모델을 생성하지 않고, 색상이 밝기 값에 되도록 독립적으로도 변경된 $C'_b C'_r$ 색상 공간에서 모델을 생성한다. 식 (7)에서 이용되는 인수인 $a, b, ec_x, ec_y, c_x, c_y, \theta$ 등은 반복적인 실험을 통해 설정된다.

본 논문에서는 입력되는 초고속의 영상으로부터 피부 색상 화소들만을 추출한 다음에는, 오 검출된 작은 피부 영역을 효과적으로 제거하기 위해서 열림 형태학적인 (opening morphological) 연산을 적용한다. 마지막으로, 레이블링(labeling)을 수행하여 추출된 영역들을 개별적인 피부 영역 단위로 분할한다.

4. 실험 결과

본 연구에서 구현을 위해 사용한 개인용 컴퓨터는 Intel Core(TM) i7-6700 3.4 GHz의 중앙처리장치, 16GB의 메인 메모리, 256GB인 솔리드 스테이트 드라이브(SSD), 갤럭시 Geforce GTX 1080 Ti 그래픽 카드로 구성되었다. 그리고 사용된 개인용 컴퓨터의 운영체제는 마이크로소프트의 윈도우 10이다. 또한, 제안된 관심 영역 추출 알고리즘의 구현 툴로는 비주얼 스튜디오 2017이 사용되었으며, 본 논문에서 소개된 접근 방법을 개발하기 위하여 컴퓨터 비전 라이브러리인 OpenCV가 활용되었다.

Fig. 3 (a)는 관심 영역을 포함하고 있으며 잡음이 제거되지 않은 입력된 초고속 영상의 한 예를 나타낸다. Fig. 3 (b)는 입력된 초고속 영상으로부터 양방향의 필터를 사용하여 잡음을 필터링한 후의 영상을 보여준다. Fig. 3 (c)는 잡음이 제거된 초고속 영상으로부터 관심 영역인 피부 색상 분포 화소를 추출한 결과 영상을 나타낸다. 마지막으로 Fig. 3 (d)는 열림(opening) 형태학적인 연산을 추출된 피부 색상 영역에 적용하여 획득한 최종적인 결과 영상을 보여준다.

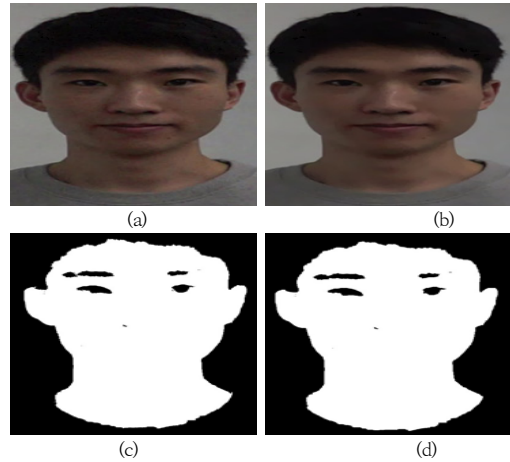


Fig. 3. Region of interest
(a) Input image (b) Noise elimination (c) Skin pixels (d) Morphological operator application

본 논문에서는 제안된 초고속 영상의 잡음 제거를 통한 관심 영역 추출 알고리즘의 성능을 정확성 관점에서 수량적으로 평가하였다. 본 논문에서는 입력받은 컬러 영상에서 정확하게 검출된 관심 영역들의 개수와, 초고속 영상의 전체 데이터에 원래 들어있는 관심 영역과의 개수와의 비율로 표현된 식 (8)과 같은 수식을 사용하였다. 식 (8)에서 $ROI_{extracted}$ 은 소개된 방법을 사용하여 정확하게 검출된 관심 영역의 개수를 나타낸다. 그리고 ROI_{all} 은 실험에 사용되는 초고속 영상 데이터에 포함되어 있는 관심 영역들의 전체적인 개수를 나타낸다. 본 논문에서 정의된 수량적인 정확성 척도는 백분율로 표시된다.

$$R_{accurate} = \frac{ROI_{extracted}}{ROI_{all}} \times 100 (\%) \quad (8)$$

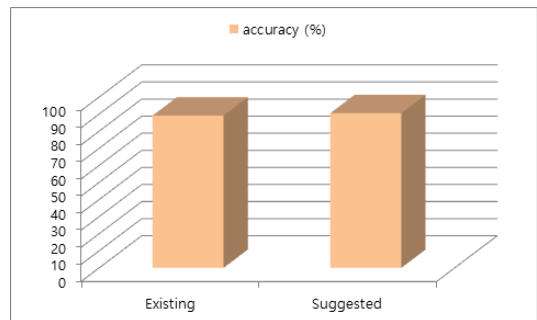


Fig. 4. Performance evaluation

Fig. 4는 정확도 관점에서 사람의 개인 정보를 대표하는 관심 영역 검출 알고리즘의 성능적인 비교 결과를 3 차원의 막대그래프의 형태로 표시하고 있다. Fig. 4에 나와 있듯이 본 연구에서 제안한 접근 방법이 잡음 필터링을 통하여 사용자의 관심 영역을 보다 강인하게 검출함을 확인할 수 있다.

다시 말해, 기존의 방법은 초고속의 영상에서 잡음을 제거하는 전처리가 체계적으로 수행되지 않아서 관심 영역의 검출에 상대적으로 오류가 많이 발생하였다. 그리고 사전에 정의된 임계치에 의존적인 피부 색상 화소 모델을 사용하므로 주변의 상황에 다소 적응적이지 못한 결과를 도출하였다.

한편 본 연구에서 제안된 방법은 양방향의 필터를 사용하여 영상 내에 포함된 잡음 화소들을 효과적으로 제거한 다음, 입력 영상에 적응적인 피부 모델을 사용하여 입력된 초고속의 영상으로부터 관심 영역인 피부 영역을 강인하게 검출하므로 기존의 방법에 비해 보다 강인한 성능을 나타내었다.

5. 결론

가격이 비교적 저렴한 초고속의 카메라가 보편화되지 않지 않았기 때문에 초고속의 영상처리와 관련된 연구가 아직까지는 많이 진행되지 않았다. 특히 매우 빠른 속도로 입력되는 초고속 영상의 경우에는 입력 영상 내에 많은 잡음이 포함되기 쉽기 때문에 전처리를 통하여 잡음을 효과적으로 제거하는 연구가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 아주 빠른 속도로 입력되는 초고속의 영상 데이터로부터 잡음을 제거하고, 잡음이 제거된 영상으로부터 사람의 피부 색상 영역을 강인하게 추출하는 새로운 접근 방법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 우선 입력받은 초고속의 영상으로부터 양방향의 필터를 적용하여 잡음을 효과적으로 제거하였다. 그런 다음, 사전에 정의된 적응적인 피부 색상 모델을 적용하여 잡음이 제거된 영상으로부터 관심 영역인 사람의 피부 영역을 강인하게 추출하였다. 실험 결과에서는 본 논문에서 제안된 방법이 받아들인 초고속의 영상으로부터 잡음을 제거한 다음, 잡음이 제거된 영상으로부터 관심 영역을 비교적 정확하게 추출한다는 것을 보여주었다.

향후에는 본 연구에서 제시한 잡음 제거를 통한 사용자의 관심 영역 추출 알고리즘을 보다 다양한 종류의 초고속 영상들에 적용하여 그 안정성을 한층 더 검증할 계

획이다. 그리고 현재까지 구현한 잡음 제거 방법의 고도화를 진행하여 안개, 눈, 비가 오는 상황과 같이 여러 가지의 극한 상황에서도 안정적으로 관심 영역을 검출할 수 있도록 수행할 계획이다.

References

- [1] L. Yu and B. Pan, "Full-Frame, High-Speed 3D Shape and Deformation Measurements Using Stereo-Digital Image Correlation and a Single Color High-Speed Camera," *Optics and Lasers in Engineering*, Vol.95, pp. 17-25, August 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2017.03.009>
- [2] C. Li, H. Huang, J. Zhao, and S. Ruan, "A High Strength Magnesium Alloy-based Rotating Mirror for an Ultra-High Speed Camera," *Optik*, Vol.157, pp. 85-92, March 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2017.09.007>
- [3] M. H. Yap, M. Goyal, F. Osman, R. Marti, E. Denton, A. Juette, and R. Zwigglelaar, "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] M. Jamjoom and K. E. Hindi, "Partial Instance Reduction for Noise Elimination," *Pattern Recognition Letters*, Vol.15, pp. 30-37, April 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2016.01.021>
- [5] C. Kandemir, C. Kalyoncu, and O. Toygar, "A Weighted Mean Filter with Spatial-Bias Elimination for Impulse Noise Removal," *Digital Signal Processing*, Vol.46, pp. 164-174, November 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2015.08.012>
- [6] D. Sanchez-Ruiz, I. Olmos-Pineda, and J. A. Olvera-Lopez, "Automatic Region of Interest Segmentation for Breast Thermogram Image Classification," *Pattern Recognition Letters*, Vol.135, pp. 72-81, July 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2020.03.025>
- [7] L. Zhang and Q. Sun, "Saliency Detection and Region of Interest Extraction Based on Multi-Image Common Saliency Analysis in Satellite Images," *Neurocomputing*, Vol.283, pp. 150-165, March 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.12.039>
- [8] F. Liu, Shujian, Gao, Huawei Han, Zhe Tian, and Peng Liu, "Interference Reduction of High-Energy Noise for Modal Parameter Identification of Offshore Wind Turbines Based on Iterative Signal Extraction," *Ocean Engineering*, Vol.183, pp. 372-383, July 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.05.009>
- [9] G. Wang, C. Lopez-Molina, and B. D. Baets, "Automated Blob Detection Using Iterative Laplacian of Gaussian Filtering and Unilateral Second-Order

Gaussian Kernels,” *Digital Signal Processing*, Vol.96, pp. 1-13, January 2020.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2019.102592>

- [10] J. Geng, W. Jiang, and X. Deng, “Multi-Scale Deep Feature Learning Network with Bilateral Filtering for SAR Image Classification,” *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol.167, pp. 201-213, September 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.07.007>
- [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)

[중신회원]



- 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