

# 컬러 영상에서 추적 기능을 활용한 얼굴 영역 검출 및 차단

장석우  
안양대학교 소프트웨어학과

## Detection and Blocking of a Face Area Using a Tracking Facility in Color Images

Seok-Woo Jang  
Department of Software, Anyang University

**요약** 최근 들어, 동영상의 간편한 촬영 그리고 인터넷을 통한 동영상의 보급 및 시청이 기하급수적으로 늘어남에 따라서 개인 정보의 외부 노출로 인한 피해가 발생하고 있다. 본 논문에서는 연속적으로 들어오는 영상으로부터 사람의 개인 정보가 노출된 목표 객체 영역을 강인하게 추출한 다음, 추출된 객체를 위치 예측 알고리즘을 이용해 빠르게 추적하면서 영상 블러링 기법을 통해 동시에 블로킹하는 새로운 방법을 제안한다. 본 논문에서는 먼저 입력받은 컬러 영상으로부터 개인 정보 영역이 노출된 목표 객체 영역을 인공 신경망 기반의 학습 알고리즘을 이용하여 정확하게 추출한다. 그런 다음, 검출된 객체를 위치 예측 알고리즘을 이용하여 빠르게 추적하면서 영상 블러링을 적용하여 블로킹한다. 실험 결과에서는 제안된 방법이 받아들인 다양한 종류의 컬러 영상 데이터로부터 개인 정보가 노출된 목표 객체를 기존 방법에 비해 2.5% 보다 정확하게 추적하면서 동시에 블러링함으로써 개인 정보 영역을 효과적으로 차단한다는 것을 보여준다. 본 논문에서 제안된 물체 차단 방법은 개인 정보의 보호, 비디오 감시 및 보안, 객체 검출 및 추적 등과 같은 많은 실제적인 응용 분야에서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

**Abstract** In recent years, the rapid increases in video distribution and viewing over the Internet have increased the risk of personal information exposure. In this paper, a method is proposed to robustly identify areas in images where a person's privacy is compromised and simultaneously blocking the object area by blurring it while rapidly tracking it using a prediction algorithm. With this method, the target object area is accurately identified using artificial neural network-based learning. The detected object area is then tracked using a location prediction algorithm and is continuously blocked by blurring it. Experimental results show that the proposed method effectively blocks private areas in images by blurring them, while at the same time tracking the target objects about 2.5% more accurately than another existing method. The proposed blocking method is expected to be useful in many applications, such as protection of personal information, video security, object tracking, etc.

**Keywords** : Neural Network, Evaluation, Privacy Data, Object Tracking, Video Security

---

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

email: swjang@anyang.ac.kr

Received September 2, 2020

Accepted October 5, 2020

Revised September 21, 2020

Published October 31, 2020

## 1. 서론

우수한 성능의 스마트 디바이스가 보급되고 고화질을 제공하는 카메라의 급속한 개발로 인해서 일반인들도 자유롭게 초고속의 유무선 인터넷을 통해서 사진, CCTV 영상, 자동차의 블랙박스 영상, UCC, 동영상과 같은 다양한 종류의 영상 빅 데이터를 쉽게 획득할 수 있게 되었다[1]. 그리고 이와 같이 획득된 영상 빅 데이터는 로봇 비전, 내용기반 검색, 동영상 감시, 얼굴 인식, 자율 주행 등과 같은 연관된 다양한 실제 응용 분야에서 유용하게 사용되고 있다[2].

한편 사람의 나체 영역, 얼굴 영역, 전화번호, 집 주소 등과 같이 개인적인 정보가 노출된 대상 객체들을 포함하고 있는 다양한 종류의 영상 빅 데이터도 인터넷을 통해서 용이하게 획득되고 유통될 수가 있어서 사회적으로 문제가 되고 있다. 다시 말해, 본인의 의사와 무관하게 개인 정보나 노출된 신체의 일부가 포함된 영상들이 인터넷 사이트에 게시되어 있는 현장을 목격한 당사자들이 느끼는 정신적인 피해는 심각한 수준이다.

따라서 이런 문제를 해결하기 위해서 최근 일부 연구자들이 입력되는 컬러 영상으로부터 노출된 개인 정보를 포함하고 있는 객체를 검출한 다음, 검출된 객체를 블록 단위의 모자이크 등을 사용해 강인하게 커버링하는 연구를 수행하고 있다. 즉, 입력되는 영상으로부터 노출되어 있는 개인 정보 영역을 모자이크 처리, 영상 블러링, 캐릭터 삽입 등을 통해 가림으로써 개인 정보의 노출로 인한 사용자의 피해를 효과적으로 차단할 수 있다[3].

받아들이 컬러 영상으로부터 객체 영역을 추출하거나 이를 차단하는 전형적인 방법들은 주변의 참고문헌에서 찾아볼 수 있다. [4]에서는 먼저 후보 얼굴 영역들을 개략적으로 추출하기 위해서 피부 색상이 사용되고, 에이다부스트 기법이 비 후보 얼굴들을 제거하기 위해 채택된다. 그런 다음, 최종적인 얼굴 영역들을 검출하기 위한 주된 필터로서 인공 신경망이 적용된다. 이런 방법들은 모두 계층화된다.

[5]에서는 모자이크 영역을 정확하게 추출하기 위해서 퍼지 군집화 알고리즘을 이용하였다. 이 방법에서는 입력되는 컬러 영상으로부터 에지를 추출하고, 군집화 특징을 획득한 다음, 퍼지 군집화 전략을 사용하여 일반적인 영상의 영역과 모자이크 영역을 확인하였다.

[6]에서는 전역적인 그리고 지역적인 특징을 이용하여 실시간적으로 얼굴을 검출하기 위해서 제안 생성 가속화 프레임워크를 제시하였다. 이 방법에서는 콘볼루션 뉴럴

네트워크 캐스케이드를 베이스 라인으로 채택하고, 추론 시간을 가속화하기 위한 가속 체계를 개발하였다.

[7]에서는 동적으로 변화하는 조명과 환경 조건 하에서 색상 정보를 활용하여 인간의 피부 영역을 검출한다. 그런 다음, 검출된 피부 영역을 보호하기 위한 후속적인 압축화 기법을 적용한다. 이를 위해 다수의 컬러 공간이 고려되고, 임계치 규칙이 채택된다. 위에서 기술한 방법들뿐만 아니라 개인 정보 영역의 추출 및 차단과 관련하여 기존의 문제를 해결하기 위한 방법들이 지속적으로 소개되고 있다[8].

그러나 위에서 제시된 대부분의 방법들은 아직까지 완성도가 그렇게 높지 않으며, 여러 가지의 대내외적인 제약사항들이 존재한다. 특히, 객체 추적 기능이 결합된 블로킹 방법은 영상 보안 분야에서 아직까지 제시되지 않았다. 더욱이 개인 정보를 포함하고 있는 대상 객체의 검출 및 블로킹과 관련되어 현재 진행되고 있는 기존의 연구들은 다른 연구 방법들에 비해 그 수가 상대적으로 많지 않다.

따라서 본 논문에서는 연속적으로 받아들이는 영상으로부터 인공적인 심층 학습을 이용하여 사람의 개인 정보를 나타내는 객체 영역을 강인하게 검출한 다음, 위치 예측 기반의 추적 알고리즘을 사용해 이전 단계에서 검출된 객체를 빠르게 추적하면서 영상 블러링하여 객체 영역을 효과적으로 차단하는 접근 방법을 제안한다. 다음의 Fig. 1은 본 논문에서 제안하는 위치 추적 기능 기반의 객체 차단 접근 방법의 전반적인 개요도를 보여주고 있다.

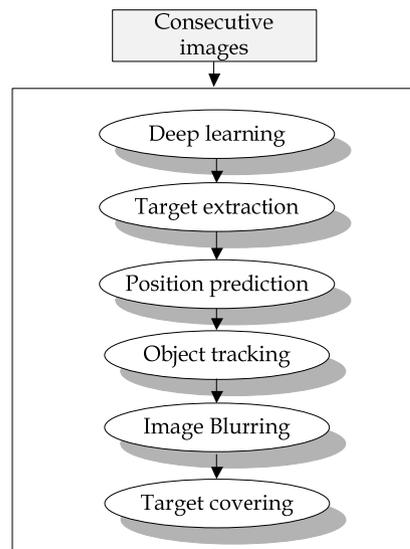


Fig. 1. Flowchart of the suggested algorithm

Fig. 1에서 확인할 수 있듯이 본 논문에서 소개한 알고리즘에서는 우선 입력받은 영상으로부터 심층 학습을 이용하여 개인 정보를 대표하는 객체 영역을 정확하게 추출한다. 다음으로, 이전 단계에서 검출된 객체를 위치 예측 알고리즘을 사용해 빠르게 추적하면서 영상 블러링 기법을 통하여 효과적으로 블로킹하여 개인 정보를 보호한다.

1장에서는 본 논문을 시작한 전체적인 개요에 대해 기술하였다. 2장에서는 입력되는 영상으로부터 노출된 개인 정보를 나타내는 대상 객체 영역을 정확하게 검출하는 알고리즘에 대해 설명한다. 3장에서는 위치 예측 알고리즘을 통해 개인 정보 객체를 추적하고 블로킹하는 방법에 대하여 서술한다. 4장에서는 본 연구에서 소개한 추적 기능 기반의 객체 차단 방법의 성능을 비교하기 위하여 진행한 테스트 및 실험에 대해 설명한다. 마지막으로, 5장에서는 결론 및 본 논문의 향후 연구 방향에 대해 설명한다.

## 2. 개인 정보 영역의 검출

본 논문에서는 얼굴 영역을 개인 정보를 표현하는 주요 대상으로 설정한다. 영상으로부터 바로 얼굴 영역을 검출하는 것보다 피부 영역을 먼저 검출한 다음, 검출된 피부 영역으로부터 얼굴 영역을 검출하는 것이 보다 효율적이다. 따라서 제안된 방법에서는 입력 영상으로부터 피부 영역만을 먼저 검출한다. 그런 다음, 검출된 피부 영역으로부터 개인 정보를 대표하는 사람의 얼굴 영역을 추출한다.

본 연구에서는 우선 입력 영상의 색상 공간을 사람의 피부 영역 추출에 보다 적합하다고 널리 알려진  $YCbCr$  공간으로 변환한다. 다음으로, 식 (1)과 같이 정의된 타원형 피부 분포 모델[9]을 생성하고, 이를  $YCbCr$  공간으로 변환된 컬러 영상에 적용하여 다른 영역들은 제외하고 사람의 피부 색상 분포 영역들만을 강인하게 추출한다.

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

다음으로는 이전 단계에서 추출된 피부 색상 영역 안에 불필요하게 포함된 여러 형태의 노이즈를 효과적으로 제거하기 위해서 형태학적인(morphological) 연산을 적용한다. 그런 다음, 노이즈가 제거된 피부 영역들에 레이블링(labeling)을 수행하여 피부 색상 화소들을 영역

단위로 구분한 피부 영역을 최종적으로 추출한다.

본 논문에서 제안된 방법에서는 CNN을 사용한 심층 학습을 사용하여, 바로 직전 단계에서 추출된 피부 영역으로부터 개인 정보를 대표하는 얼굴 영역만을 검출해 낸다. 그리고 연속적인 영상으로부터 빠르게 해당 객체를 추출하기 위해서 학습 단계에서 영상을 피라미드 형태로 변환하여 수행한다. 소개된 심층 학습에서 영상 피라미드는 6레벨로 이루어진다. 또한 마지막으로 객체를 추출할 때에는 피라미드 레벨별로 각 추출 결과를 합하여 최종적인 산출물을 도출한다. 본 논문의 영상 피라미드에서 레벨 0은 원래의 영상을 의미하고, 레벨이 높아질수록 해상도가  $1/2^n$  배로 줄어든다. 본 연구에서 소개하는 심층 학습의 형태는 Fig. 2처럼 제시된다.

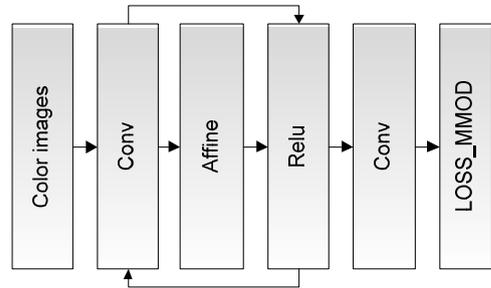


Fig. 2. Deep learning of this study

Fig. 2에서 컨볼루션(convolution) 층은 컨볼루션을 수행해 특징을 획득하는 층이다. 그리고 제안된 심층 학습에서 활성 함수는 ReLU를 사용한다. 어파인(affine) 층은 완전 연결(fully-connected) 층을 의미한다. Fig. 2에 나와 있듯이 어파인 층은 심층 학습의 가장 상위 출력 층에서 최종 결과를 얻기 바로 직전에 추가된다.

제안된 심층 학습에서 MM0D(max-margin object detection)는 부 샘플링을 수행하지 않고 전체 부 윈도우를 최적화한다. 즉, 전체 부 윈도우에 대해 윈도우 점수(score) 함수인  $F(x, y)$ 를 사용하여 개인 정보를 나타내는 영역을 추출한다. 여기에서 검출 점수는 심층 학습의 최종 손실(LOSS) 층에서 부여된다.

## 3. 추적 기반의 블로킹

본 논문에서는 이전 단계에서 피부 색상 학습 모델과 심층 학습을 통해 강인하게 추출한 목표 객체 영역을 영상 블러링 기법을 통하여 차단한다. 그리고 연속적으로

입력되는 영상으로부터 목표 영역을 빠르게 블로킹하고 자 위치 예측 기반의 물체 추적 알고리즘을 적용한다. 따라서 제안된 방법은 동영상에 포함된 개인 정보가 사용자의 의지와 무관하게 인터넷을 통하여 자유롭게 배포되는 것을 효과적으로 방지할 수 있다.

본 논문에서는 먼저 영상 블러링 기법을 적용해 추출된 목표 영역을 블로킹한다. 제안된 방법에서는 가우시안 함수를 사용해 개인 정보 영역을 블러링한다. 보통 가우시안 함수는 해당 픽셀 값과 인접한 픽셀 값들의 가중적인 평균을 사용해 해당 픽셀의 값을 교체한다. 그러므로 해당 객체 영역에 가우시안 함수를 통한 블러링을 사용하면 이질감이 상대적으로 높지 않은 차단을 수행할 수 있다. 본 연구에서는 객체에 적용할 평균이 (0, 0)인 2차원 가우시안 함수는 식 (2)와 같이 표현된다.

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

본 논문에서는 실시간으로 입력되는 동영상으로부터 목표 영역을 연속적으로 추적하기 위해 객체의 추적 모델을 생성하는 연구를 진행한다. 다시 말해, 제안된 방법은 먼저 입력 영상의 검출된 개인 정보 영역으로부터 추적을 위한 모델을 생성한다. 그런 다음, 연속적인 추적을 위해 객체의 형태 변화에 강인한 KCF(Kernelized Correlation Filters) 알고리즘[10]을 이용한다. 이 알고리즘은 순환 행렬과 고속의 푸리에 변화[11]의 속성을 활용하여 목표 영역을 빠르고 정확하게 추적할 수 있다.

대부분의 기존의 연구에서는 추적을 위해 이전 프레임의 객체 위치로부터 일정 크기의 영역에서 임의의 서브 윈도우를 생성하여 특징을 추출하고, 추적을 위한 알고리즘을 적용한다. 본 논문에서는 입력 영상에 대한 특징을 추출하고, 밀집 샘플링을 통해 모든 서브 윈도우를 사용하여 추적을 수행한다. 밀집 샘플링에서, 객체의 이동된 샘플은 순환 행렬(Circulant Matrix) 특성을 이용해 복잡한 과정 없이 FFT(Fast Fourier Transform)를 이용하여 획득될 수 있다.

보통 1차원 벡터  $u=[u_1, u_2, \dots, u_3]^T$ 일 때,  $n \times n$ 의 순환행렬  $C(u)$ 는 식 (3)과 같이 정의된다.

$$C(u)=\begin{bmatrix} u_1 & u_2 & \dots & u_n \\ u_n & u_1 & \dots & u_{n-1} \\ u_{n-1} & u_n & \dots & u_{n-2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_2 & u_3 & \dots & u_1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$C(u)$ 의  $i$ 번째 행은  $P^i u$ 로 주어진다. 여기에서  $P$ 는 순열행렬(permutation matrix)로  $u$ 를 하나의 요소만큼 순환 이동시킨다. 그리고  $C(u)v$ 는 푸리(Fourier)에 영역에서 식 (4)와 같이 계산될 수 있다.

$$C(u)v=F^{-1}(F^*(u)\odot F(v)) \quad (4)$$

식 (4)에서  $\odot$ 는 요소별 곱셈(element-wise product)이고,  $F$ 와  $F^{-1}$ 는 푸리에 변환과 역변환,  $*$ 은 쥘레 복소수(complex conjugate)를 의미한다. 제안된 방법에서  $n \times n$  크기의 입력 영상( $x^{raw}$ )은 식 (5)를 사용하여 전처리를 수행함으로써 푸리에 변환으로 발생할 수 있는 잡음 문제를 해결한다.

$$x_{i,j}=(x_{i,j}^{raw}-0.5)\sin(\pi i/n)\sin(\pi j/n) \quad (5)$$

본 논문에서는 연속적으로 입력되는 영상에서 개인 정보가 검출되면 해당 영상과 개인 정보의 위치를 사용해 추적을 위한 객체의 학습을 진행한다. 학습은 식 (6)과 같이 진행되며,  $x$ 는 학습 영상 즉, 현재 프레임이고  $y$ 는 목표 객체를 나타낸다. 그리고  $\lambda$ 는 오버피팅을 방지하기 위한 매개변수를 의미한다.

$$\alpha=F^{-1}\left(\frac{F(y)}{F(k(x,x,\sigma))+\lambda}\right) \quad (6)$$

$$k(x_1,x_2,\sigma)=\exp\left(-\frac{1}{\sigma^2}(\|x_1\|^2+\|x_2\|^2)\right)\left(-2F^{-1}(F(x_1)\odot F^*(x_2))\right)$$

제안된 알고리즘에서는 학습으로 획득한 대상 객체의 모델  $\alpha$ 를 이용해 다음으로 입력되는 영상에서 대상 객체를 추적한다. 식 (7)에서  $\bar{k}$ 는 요소  $\bar{k}_i=k(z, P^i x)$ 의 벡터이며, 학습 영상  $x$ 와 입력 영상  $z$  사이의 커널 상관관계이다.  $\hat{y}$ 는 모든 위치에서의 응답(response) 벡터이다. 그리고 최종 응답 맵에서 최대 값을 가지는 위치가 다음 객체가 위치하는 추적 좌표가 된다.

$$\hat{y}=F^{-1}(F(\bar{k})\odot F(\alpha)) \quad (7)$$

제안된 방법은 목표 객체를 추적하면서 해당 영역을 블러링하여 개인 정보 영역이 외부에 노출되지 않도록 블로킹한다. 다시 말해, 노출된 사람의 얼굴 영역 위에 가

우시안 블러링을 수행함으로써 개인 정보의 노출로 인한 피해를 막을 수 있다.

#### 4. 실험 결과

본 논문에서 데이터를 이용한 실험을 진행하기 위해 이용한 개인용 컴퓨터는 Intel Core(TM) i7-6700 3.4 GHz의 CPU, 16GB의 메모리, 256GB인 SSD, NVIDIA GPU GP104가 설치된 갤럭시 Geforce GTX 1080 Ti 그래픽 카드로 구성되었다. 개인용 컴퓨터에서 사용된 운영체제는 마이크로소프트의 윈도우 10이다. 그리고 제안된 알고리즘을 개발하기 위한 통합개발 환경(IDE)으로는 마이크로소프트의 비주얼 스튜디오 버전 2017가 사용되었다. 또한 본 논문에서 제안된 방법을 개발하기 위해서 OpenCV 영상처리 라이브러리 및 Dlib C++가 이용되었다.

Fig. 3 (a)는 사람의 개인 정보에 해당하는 노출된 얼굴을 포함하고 있는 입력된 컬러 영상의 예를 나타낸다. Fig. 3 (b)는 t+1 시점에 영상으로부터 개인 정보 영역을 검출한 다음, 위치 추적 기능을 기반으로 빠르게 객체를 검출하고 블러링을 이용해 효율적으로 차단한 결과를 보여준다. 그리고 Fig. 3 (c)와 Fig. 3 (d)는 t+2 시점과 t+3 시점에 연속적으로 개인 정보 영역을 추적하면서 블러링 기반으로 블로킹한 결과를 제시한다.



Fig. 3. Privacy area blocking  
 (a) Original image (b) Blocking(t+1)  
 (c) Blocking(t+2) (d) Blocking(t+3)

본 논문에서는 제안된 위치 추적 기능 기반의 개인 정보 영역 차단 알고리즘의 성능을 정확성 관점에서 수량

적으로 비교하였다. 본 논문에서는 테스트한 컬러 영상에서 검출되고 차단된 개인 정보 영역들의 개수, 그리고 입력된 영상에 원래부터 들어있는 개인 정보 영역들의 전체적인 총 개수와의 비율을 사용하여 표현된 식 (8)과 같은 측정 기준을 적용하였다. 식 (8)에서 Privacy<sub>cover</sub>은 소개된 알고리즘을 통해 정확하게 차단된 사람의 개인 정보 영역들의 개수를 나타낸다. 그리고 Privacy<sub>total</sub>은 실험하는 전체 영상에 원래 포함되어 있는 개인 정보를 나타내는 대상 영역들의 총체적인 개수를 표현한다. 본 논문에서 표현한 정확도 측정 기준의 단위는 백분율이다.

$$R_{accuracy} = \frac{Privacy_{cover}}{Privacy_{total}} \times 100 \quad (8)$$

다음의 Fig. 4는 식 (8)에서 정의한 정확도 관점에서 개인 정보 영역 차단 알고리즘의 성능을 비교한 결과를 그래프로 제시하고 있다. Fig. 4에서 파악할 수 있듯이 본 연구에서 제안된 위치 추적 기능 기반의 접근 방법이 기존의 방법에 비해 보다 강인하게 사람의 개인 정보를 나타내는 영역들을 차단한다.

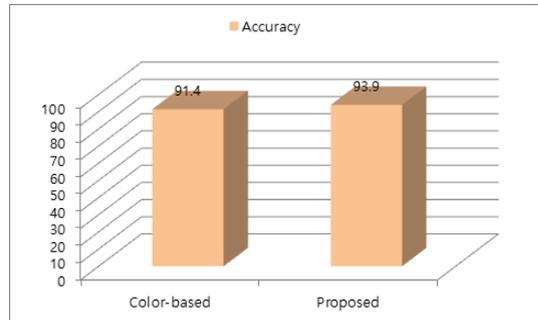


Fig. 4. Performance comparison

다시 말해, 고정적인 피부 색상 분포만을 이용하여 단순 반복적으로 블로킹하는 기존의 알고리즘은 단순히 색상만을 주요 특징으로 사용하여 여러 가지 환경에서 객체 검출을 시도하기에는 제약이 존재하였다. 즉, 사전에 정의된 피부 모델만을 사용하여 다양한 실내외에서 획득된 목표 객체들을 정확하게 추출하기에는 어느 정도 한계가 존재하였다.

반면에 본 논문에서 제안된 방법은 심층 학습을 통하여 대상 객체를 검출하므로 목표 영역 검출의 오류를 상대적으로 줄여주므로 보다 정확하게 개인 정보를 검출한다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 제안된 알고리즘이 위

치 예측 기반의 추적 기능을 활용하므로 다른 방법들보다 효율적으로 사람의 개인 정보 영역을 차단할 수 있다.

## 5. 결론

최근 들어, 사람의 얼굴 영역이나 노출된 신체의 특정한 부위와 같이 개인 정보가 노출된 대상 객체를 포함하고 있는 영상 콘텐츠가 널리 유통되고 있어서 사회적으로 문제가 되고 있는 실정이다. 따라서 개인 정보를 포함하고 있는 영상 콘텐츠를 검출한 다음, 검출된 대상 객체를 효과적으로 차단하는 연구들이 진행되고 있다.

본 연구에서는 입력되는 여러 가지 종류의 컬러 영상으로부터 개인 정보가 노출된 대상 객체를 딥러닝 알고리즘을 사용하여 정확하게 검출하고, 검출된 대상 객체를 위치 예측 기반의 추적 알고리즘을 사용해 효율적으로 커버링하는 전략을 제안하였다. 제안된 방법에서는 먼저 입력 영상에 적응적인 피부 모델을 사용해 영상으로부터 사람의 피부 영역만을 검출하였다. 그런 다음, 딥러닝 알고리즘을 사용해 이전 단계에서 검출된 피부 영역으로부터 개인 정보가 포함된 객체만을 정확하게 검출하였다. 마지막으로, 대상 객체를 위치 예측 방법을 사용해 빠르게 추적하면서 객체 영역을 모자이크를 이용해 효과적으로 차단하였다. 실험 결과에서는 본 논문에서 제안된 접근 방법이 기존의 방법에 비해서 입력된 영상으로부터 개인 정보 영역을 보다 강인하게 검출하고 블로킹한다는 것을 증명해 보였다.

향후에는 본 연구에서 소개한 추적 기능을 활용한 개인 정보 영역의 블로킹 방법을 보다 다양한 종류의 컬러 영상들에 적용하여 소개된 방법의 안정성을 체계적으로 검증할 예정이다. 또한 모든 얼굴이 아니라 사용자가 원하는 대상 얼굴 영역만을 정확하게 검출하고 블로킹하기 위해서 사람의 얼굴 인식 알고리즘을 추가할 계획이다.

## References

- [1] Y. Liu, Y. Wang, K. Zhou, Y. Yang, and Yifei Liu, "Semantic-aware Data Quality Assessment for Image Big Data," *Future Generation Computer Systems*, Vol.102, pp.53-85, January 2020.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.07.06>
- [2] D.-S. Hong, H.-H. Chen, P.-Y. Hsiao, L.-C. Fu, and S.-M. Siao, "CrossFusion Net: Deep 3D Object Detection Based on RGB Images and Point Clouds in Autonomous Driving," *Image and Vision Computing*, Vol.100, pp.1-13, August, 2020.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2020.101766>
- [3] R. Dahl, M. Norouzi, and J. Shlens, "Pixel Recursive Super Resolution," *In Proc. of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pp. 5449-5458, Oct. 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/ICCV.2017.581>
- [4] Z. Zakaria, S. A. Suandi, and J. Mohamad-Saleh, "Hierarchical Skin-AdaBoost-Neural Network (H-SKANN) for Multi-Face Detection," *Applied Soft Computing*, Vol.68, pp.172-190, July 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.03.030>
- [5] J. Liu, L. Huang, and J. Lin, "An Image Mosaic Block Detection Method Based on Fuzzy C-Means Clustering," *In Proc. of the IEEE International Conference on Computer Research and Development (ICCRD)*, Vol.1, pp. 237-240, Mar. 2011.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/ICCRD.2011.5764011>
- [6] H. Zhang, X. Wang, J. Zhu, C.-C. Jay Kuo, "Fast Face Detection on Mobile Devices by Leveraging Global and Local Facial Characteristics," *Signal Processing: Image Communication*, Vol.78, pp.1-8, October 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.image.2019.05.016>
- [7] A. Shifa, M. B. Imtiaz, M. N. Asghar, and M. Fleury, "Skin Detection and Lightweight Encryption for Privacy Protection in Real-Time Surveillance Applications," *Image and Vision Computing*, Vol.94, Article 103859, February 2020.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2019.103859>
- [8] L. Wang, X. Yu, T. Bourlai, and D. N. Metaxas, "A Coupled Encoder-Decoder Network for Joint Face Detection and Landmark Localization," *Image and Vision Computing*, Vol.87, pp.37-46, July 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2018.09.008>
- [9] 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/10.1109/34.100024>
- [10] L. Gong, Z. Mo, S. Zhao, and Y. Song, "An Improved Kernelized Correlation Filter Tracking Algorithm Based on Multi-Channel Memory Model," *Signal Processing: Image Communication*, Vol.78, pp.200-205, October 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.image.2019.05.011>
- [11] L. You, J. Man, K. Yan, D. Wang, and H. Li, "Combined Fourier-Wavelet Transforms for Studying Dynamic Response of Anisotropic Multi-Layered Flexible Pavement with Linear-Gradual Interlayers," *Applied Mathematical Modelling*, Vol.81, pp.559-581, May 2020.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2020.01.03>

장 석 우(Seok-Woo Jang)

[종신회원]



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

〈관심분야〉

로봇비전, 증강현실, HCI, 비디오 색인 및 검색, 등