

지정 구역 기반 얼굴 보안 해제 시스템

조혜원¹, 조영준²

¹전남대학교 인공지능융합학과 석사과정

²전남대학교 인공지능융합학과 부교수

haewon_jo@jnu.ac.kr, yj.cho@jnu.ac.kr

Location-Based Facial Authentication System

Hae-Won Jo¹, Yeong-Jun Cho²

¹Dept. of Artificial Intelligence Convergence, Chonnam National University

요 약

본 연구는 딥러닝과 영상처리 기술을 활용하여 실시간 얼굴 모자이크 처리의 자동화 시스템을 제안한다. 기존의 수동 모자이크 처리 방식은 작업 시간이 과도하게 소요되며 인적 오류로 인한 누락 위험을 내포하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 시스템은 인공지능 기반의 실시간 영상 분석 기술을 도입하였다. 인체 자세 추정 모델을 활용하여 영상 내 인물의 전신, 손, 얼굴, 발 등의 주요 키포인트를 실시간으로 탐지하고, 모든 인물에 대해 기본적으로 얼굴 모자이크를 적용한다. 모자이크 해제에는 하체 영역의 확장된 경계 박스와 사전 정의된 특정 영역 간의 교집합 비율(Intersection over Union, IoU)을 기준으로 자동 결정된다. 제안하는 시스템은 실시간 모자이크 처리 자동화를 통해 개인정보보호 및 법적 리스크를 효과적으로 관리하며, 방송 콘텐츠 제작의 효율성을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

과거에는 방송에서 일반인들의 얼굴을 모자이크 처리하는 작업이 촬영 이후에 수동으로 이루어졌다. 그러나 이러한 방식은 처리하는 데 시간이 오래 걸리고, 실제로 방송 중에는 미처 확인되지 못한 부분이나 누락된 부분이 발생할 수 있다. 특히, 급박한 상황에서는 모자이크 처리가 미흡할 경우 사생활 침해나 법적 문제로도 이어질 수 있다.

기존의 CCTV 시스템은 특정 지역에 있는 개인의 얼굴이나 식별 가능한 특징들이 그대로 노출되어 개인의 프라이버시 침해 문제를 야기할 수 있다. 또한 영상 데이터가 외부로 유출될 경우 식별 가능한 개인정보가 그대로 노출되면서 시스템의 신뢰도에 영향을 준다. 개인정보 보호를 위해 별도의 데이터 처리가 필요한 경우, 기존 CCTV 시스템은 관리 및 운영이 복잡해지고 추가적인 비용이 발생할 수 있다. 많은 국가에서는 개인정보 보호를 위해 엄격한 법적 규제를 적용하고 있으며, 기존 CCTV 시스템은 이러한 법적 요구사항을 충족시키기 어렵다는 단점이 있다. 여러 장소에서의 무분별한 개인정보 수집은 윤리적으로 민감한 문제를 일으킬 수 있으며,

사회적 불신을 조성할 위험이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 보고서에서는 딥러닝을 이용한 객체 탐지, 인식 모델과 영상처리 기술을 이용한 객체 추적 방식을 사용하여 이와 같은 문제를 해결하고자 한다. 제안하는 시스템은 실시간으로 특정 영역에 진입하는 순간 얼굴 모자이크를 자동으로 해제하는 인공지능 기반의 CCTV 기술에 기반한다. 이러한 실시간 특정 영역 진입 시 얼굴 모자이크 해제 기능을 탑재한 CCTV 시스템은 앞서 언급한 문제점들을 해결하는 데 도움이 될 수 있으며, 향후 CCTV 기술의 발전 방향을 제시한다.

사람의 경우 영상 내에서 여러 사람의 전신, 손, 얼굴, 발의 key point를 실시간으로 탐지할 수 있는 모델 OpenPose[1]를 사용하였다. 영상에 등장하는 사람들에게는 기본적으로 모자이크 효과가 적용된다. 또한 이벤트가 발생하는 기준은 OpenPose 모델을 통하여 얻은 다리 영역을 확장시킨 박스와 특정 영역과의 IoU값을 통해 일정 임계값 이상일 때 발생하는 것으로 설정한다. 모자이크 영역과 다리 영역 모두 OpenPose[1]를 활용하여 특정한다.

2. 제안방법

본 연구에서 제안하는 실시간 얼굴 모자이크 자동 해제 시스템은 크게 세 가지 모듈로 구성된다: (1) 인체 키포인트 검출 모듈, (2) 얼굴 모자이크 처리 모듈, (3) 모자이크 해제 판단 모듈. 전체 시스템은 실시간 비디오 스트림을 입력으로 받아 각 프레임은 순차적으로 처리하며, 특정 조건이 만족될 때 자동으로 모자이크를 해제한다.

2.1 인체 키포인트 검출

실시간 인체 자세 추정을 위해 Convolutional Neural Network 기반의 키포인트 검출 모델인 Openpose[1]를 활용한다. 이 모델은 Multi-Person Human Pose Dataset(MPII)[2]으로 학습된 사전 훈련 모델을 사용하여 최대 15개의 주요 신체 부위 키포인트를 검출한다. 입력 이미지로부터 blob을 생성하여 신경망에 전달하고, 네트워크의 출력으로부터 각 신체 부위의 2차원 좌표를 획득한다. 검출된 키포인트 중 머리(Head)와 목(Neck) 위치는 얼굴 모자이크 영역 결정에 사용되며, 무릎(Knee) 위치는 침입 판단을 위한 기준점으로 활용된다.

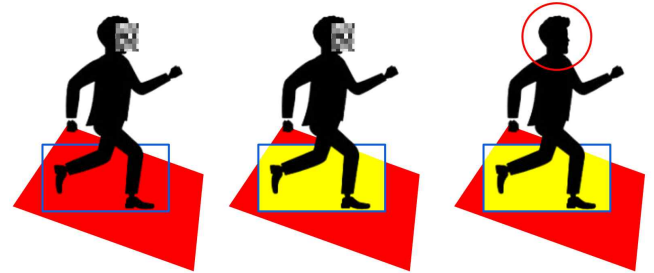
2.2 얼굴 모자이크 처리

얼굴 모자이크 영역은 검출된 머리와 목 키포인트 사이의 유클리디안 거리를 기준으로 정사각형 형태로 정의된다. 모자이크 효과는 해당 영역을 저해상도로 축소한 후 다시 원본 크기로 확대하는 방식으로 구현된다. 이러한 처리 과정은 영역 내 세부 정보를 흐리게 만들어 개인 식별을 방지하는 효과를 제공한다. 기본적으로 영상에 등장하는 모든 인물에 대해 얼굴 모자이크가 적용되며, 원본 프레임은 별도로 저장되어 모자이크 해제 시 활용된다. 초기 연구에서는 객체 검출 모델을 활용한 사람 감지와 얼굴 검출 알고리즘을 사용하는 방식을 시도하였으나, 오검출 문제와 측면 또는 후면 얼굴에 대한 검출 실패 등의 한계가 발견되었다. 제안하는 방법은 키포인트 기반 접근을 통해 보다 안정적인 얼굴 영역 추정과 침입 판단을 가능하게 하여 이러한 문제를 해결하였다.

2.3 모자이크 해제 판단

모자이크 해제 여부는 사전 정의된 특정 영역과 인체 하체 부위 간의 교집합 비율을 기준으로 결정된다. 무릎 키포인트를 중심으로 확장된 경계 박스를 하체 영역으로 설정하고, 이 영역과 특정 침입 영역 간의 교집합을 계산한다. 기존 IoU(Intersection over Union) 계산 방식과 달리, 본 시스템에서는 하

체 영역 대비 교집합 영역의 비율을 사용한다. 이는 침입 영역과 하체 영역의 크기 차이로 인한 IoU 값 왜곡을 방지하기 위함이다. 계산된 비율이 설정된 임계값(0.6) 이상일 경우 모자이크 해제 이벤트로 판단하여 해당 인물의 얼굴 영역을 원본 이미지로 복원한다.



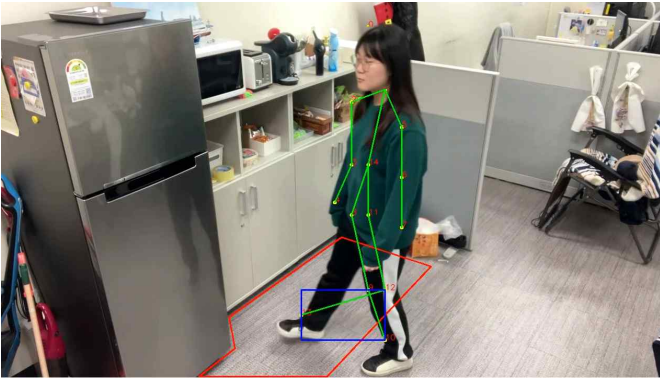
(그림 1) 모자이크 해제 시스템.

3. 실험결과

제안된 모자이크 해제 시스템의 성능 검증을 위해 실내 환경에서 실험을 수행하였다. 실험은 개인(1명)과 그룹(2명)의 두 가지 시나리오로 구성되었으며, 특정 영역은 바닥의 지정된 구역으로 설정하였다. 시스템은 GPU 기반 환경에서 구동되어 실시간 처리 성능을 보장하였다. 단일 인물이 존재하는 상황에서 시스템은 우수한 성능을 보였다. 인체 포즈 추정 모듈이 정확하게 키포인트를 검출하였으며, 이를 기반으로 한 얼굴 모자이크 처리와 해제 기능이 안정적으로 작동하였다. 특정 영역 진입 시 모자이크 해제 조건 판단의 정확도가 높게 나타났으며, 이는 시스템이 기본적인 개인정보 보호 기능을 효과적으로 수행할 수 있음을 입증한다. 복수의 인물이 존재하는 상황에서는 시스템 성능에 일부 한계가 관찰되었다. 다수 인물의 키포인트를 동시에 감지하고 추적하는 과정에서 정확도가 저하되는 현상이 발생하였다. 이로 인해 개별 인물에 대한 모자이크 처리가 일관성 있게 이루어지지 않았으며, 모자이크 해제 조건 판단에서도 오류가 발생하였다. 실험 결과, 시스템은 단일 인물 환경에서는 효과적으로 작동하나 다중 인물 상황에서는 추가적인 개선이 필요함을 확인하였다. 주요 개선 과제로는 다수 인물 간 키포인트 구분 알고리즘의 정확도 향상, 개별 인물 추적 성능 개선, 그리고 모자이크 해제 로직의 최적화가 제시된다. 이 개선을 통해 시스템의 다양한 환경에서의 적용 가능성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.



(그림 2) 특정 구역 미진입, 모자이크 해제 전 결과.



(그림 3) 특정 구역 진입, 모자이크 해제 결과.



(그림 4) 다수의 인물일 때 감지에 실패한 결과.

4. 결론

본 연구에서는 딥러닝 기반의 인체 키포인트 검출 기술을 활용한 실시간 얼굴 모자이크 자동 해제 시스템을 제안하였다. 기존의 수동적 모자이크 처리 방식의 한계를 극복하기 위해 CNN 기반의 포즈 추정 모델과 영상처리 기술을 결합하여 실시간으로 개인정보를 보호하면서도 특정 조건에서 식별이 가능한 적응적 시스템을 개발하였다.

제안된 시스템은 학습된 사전 훈련 모델을 활용하여 15개의 주요 키포인트를 실시간으로 검출하고, 머리

와 목 키포인트 간의 거리 기반으로 얼굴 영역을 자동으로 정의한다. 모자이크 해제 판단을 위해 무릎 키포인트 기반의 하체 영역과 사전 정의된 침입 영역 간의 개선된 IoU 계산 방식을 도입하여, 영역 크기 차이로 인한 판단 오류를 최소화하였다.

실험 결과, 단일 인물 환경에서는 안정적인 성능을 보였으나, 다중 인물 상황에서는 키포인트 추적 정확도 저하와 모자이크 처리 일관성 문제가 관찰되었다. 이는 복잡한 다중 객체 환경에서의 개별 인물 구분과 추적 알고리즘의 개선 필요성을 시사한다.

본 연구의 기여도는 다음과 같다. 첫째, 기존 정적 모자이크 처리 방식을 동적이고 조건부 처리가 가능한 지능형 시스템으로 발전시켰다. 둘째, 키포인트 기반 접근을 통해 기존 객체 검출 방식의 오검출 문제를 해결하였다. 셋째, 개선된 IoU 계산 방식을 제안하여 영역 기반 판단의 정확도를 향상시켰다.

향후 연구에서는 다중 인물 환경에서의 개별 추적 성능 향상을 위한 고도화된 알고리즘 개발과 다양한 환경 조건에서의 강건성 확보가 필요하다. 또한 실제 방송 환경에서의 대규모 검증을 통해 시스템의 실용성을 입증하고, 윤리적 요구사항을 만족하는 개인정보 보호 기술로의 발전이 기대된다.

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 인공지능융합혁신인재양성사업 연구 결과로 수행되었음(IITP-2023-RS-2023-00256629). 또한 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 지역지능화혁신인재양성사업임(IITP-2024-RS-2022-00156287). 그리고 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-대학ICT연구센터(ITRC)의 지원을 받아 수행된 연구임(IITP-2025-RS-2024-00437718).

참고문헌

- [1] Cao, Zhe, et al. "Realtime multi-person 2d pose estimation using part affinity fields." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2017.
- [2] Guo, Yuliang, et al. "Pop-net: Pose over parts network for multi-person 3d pose estimation from a depth image." Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision. 2022.