

유치장 내 CCTV를 활용한 폭행 탐지에 관한 연구

김민석^{1,†}, 김아현^{1,†}, 김예지^{1,†}, 정지윤^{1,†}, 정준호^{1,*}

¹동국대학교 컴퓨터정보통신공학부 컴퓨터공학전공
{qmal789, kimahyun132, ashley331, younggy123, yanyenli}@dgu.ac.kr

[†]공동 1 저자, *교신저자

¹동국대학교 컴퓨터정보통신공학부 컴퓨터공학전공, 04620 서울, 대한민국

A Study on the Assault Detection using CCTV in Lockup

Minseok Kim^{1,†}, Ahyun Kim^{1,†}, Yeji Kim^{1,†}, Jiyeon Jeong^{1,†}, Junho Jeong^{1,*}

¹Department of Computer Engineering, Dongguk University-Seoul, 04620 Seoul, South Korea

[†]Minseok Kim, Ahyun Kim, Yeji Kim, Jiyeon Jeong contributed equally to this work.

요 약

유치장은 피의자나 경범죄를 지은 사람 등을 잠시 수감하는 곳으로, 질서가 유지되어야 하는 공간이지만 수감자 간의 폭행과 같은 사건이 발생하는 문제가 있다. 따라서 유치장 내 폭행 사건의 신속한 대응은 질서를 유지하기 위한 핵심 과제 중 하나이다. 이 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 수감자들의 객체를 통합 바운딩박스의 변화율을 통해 격렬한 움직임을 포착하고 스펙트럼 키-포인트의 속도를 측정해 폭행인지 판단한다. 연구 결과, 제안하는 알고리즘의 정확도는 91%로 실시간 폭행 탐지에 유의미하다는 것을 확인할 수 있다.

1. 서론

유치장은 피의자나 경범죄를 지은 사람 등을 잠시 수감하는 곳으로, 질서가 유지되어야 하는 공간이지만 수감자 간의 폭행과 같은 사건이 발생하는 문제가 있다. 폭행 사건은 수감자들의 인권 침해와 함께 유치장 내의 안전 환경 조성을 어렵게 한다. 따라서 유치장 내 폭행 사건의 신속한 대응은 질서를 유지하기 위한 핵심 과제 중 하나이다. 본 연구에서는 유치장 내 CCTV를 활용한 폭행 탐지 기술에 대해 탐구한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서 제안 방법을 소개하고, 3장에서 제안 방법을 분석하고, 4장에서 끝을 맺는다.

2. 제안하는 유치장 내 폭행 탐지 시스템

본 연구에서는 유치장 내 CCTV 영상 분석을 통한 유치인 간의 폭행 상황을 감지하고자 한다. 유치장 내 폭행 탐지는 신속함이 필수적이므로 실시간 폭행 상황 초기의 정확한 인식을 목표로 한다.

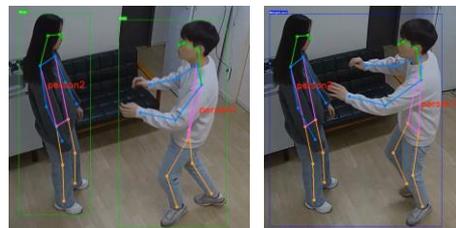
2.1 폭행의 정의 및 연구 환경

본 연구에서는 폭행은 타인의 신체에 대한 불법적인 유형력의 행사로 정의하였다. 그리고, 모든 상황은 유치장 내에서 발생하는 것을 가정하며, CCTV의 영상을 기반으로 폭행을 탐지한다. 또한, 유치장이라는

특수성으로 인해 폭행 상황을 1 대 1 맨손싸움으로 제한하였다.

2.2 통합 바운딩박스를 통한 격렬한 움직임 판단

폭행이 발생할 때, 일반적인 경우 격렬한 움직임을 포함한다. 이를 판단하기 위해 본 연구에서는 ‘통합 바운딩박스’라는 개념을 사용한다. 통합 바운딩박스는, 2명 이상의 객체가 서로 겹치게 될 때, 각 객체의 바운딩박스를 합친 바운딩박스이다. 각 객체의 바운딩박스는 YOLOv7을 이용해 추출해 낸다. 그 후, 각 객체의 영역이 실험을 통해 설정한 임계값 1% 이상 겹치게 되면 두 사람이 가까이 붙어 있다고 판단해 (그림 1)과 같은 통합 바운딩박스를 생성한다.



(그림 1) 통합 바운딩박스 생성

통합 바운딩박스의 너비(W)와 높이(H)를 측정해 이전 프레임의 통합 바운딩박스의 너비(W')와 높이(H')를 비교한다[1]. W 값과 H 값이 W'값과 H'값이 비해 심하게 변동되는 경우 이를 격렬한 움직임이 발생했

다고 판단한다. 심한 변동의 기준은 실험을 통해 결정한다. 5 초 이내의 폭행 영상 10 개를 이용해 격렬한 움직임 시 W 값과 H 값의 변화율을 측정해 결과, 평균인 W 9%, H 5%로 설정한다.

통합 바운딩박스를 통해 격렬한 움직임이 포착되면 유치장 내 폭행 탐지의 첫 번째 조건을 만족한다.

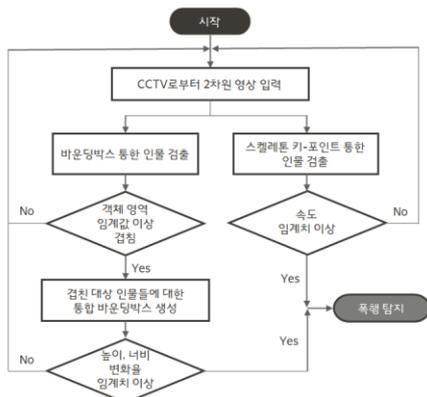
2.3 스켈레톤 키-포인트의 속도를 통한 폭행 판단

우리의 목표는 폭행 중 맨손으로 싸우는 경우를 탐지하는 것이다. 기존 연구에서는 스켈레톤 키-포인트 간의 각도를 측정해 폭행을 판단한다[2]. 그러나 본 연구에서는 폭행을 탐지하기 위해 손목 부분의 스켈레톤 키-포인트가 일정한 방향으로 이동 중이고 일정 속도 이상이며, 손목과 실제 타격 대상의 거리가 가까운지를 판단하는 방법을 사용한다.

YOLOv7 을 통해 추출된 각 객체의 스켈레톤 키-포인트 중 오른쪽 손목, 왼쪽 손목을 이용한다. 매 프레임마다 한 객체의 모든 손목에 대한 좌표를 저장한다. 그 후 다음 프레임에서 모든 손목에 대한 좌표와 이전 프레임에서의 좌표를 비교해 일정한 방향으로 이동 중인지 판단한다. 만약 일정한 방향으로 이동하다 손목의 방향이 틀어질 경우 현재까지 이동한 좌표상의 거리를 이동한 프레임 수로 나누어 속도를 추출한다. 상대방을 타격하기에 충분한 속도는 실험을 통해 결정한다. 5 초 이내의 폭행 영상 10 개를 이용해 폭행 시 손의 속도를 측정해 결과, 평균인 53.6 를 넘겼을 경우, 상대방을 타격하기에 충분한 속도라고 판단한다. 또, 속도만으로 폭행인지 판단하면 정확도가 떨어질 수 있다. 그렇기에 속도가 충분하고 공격을 하는 객체의 손목과 피격을 당하는 객체의 몸 중심의 좌표상 거리가 300 이하일 때 유치장 내 폭행 탐지의 두 번째 조건을 만족한다.

2.4 최종 폭행 탐지

제안하는 폭행 탐지 시스템의 수행 과정은 (그림 2)와 같다.



(그림 2) 제안하는 시스템의 플로우차트

통합 바운딩박스의 변화율로부터 격렬한 움직임을 포착하고 스켈레톤 키-포인트의 속도를 측정해 폭행을 탐지한다. 폭행 탐지의 정확도를 높이기 위해 두 가지 조건을 모두 만족해야 현재 상황을 폭행이라고 감지한다.

3. 실험 결과 분석

본 연구에서는 10 여 초의 폭행 영상 70 개와 비폭행 영상 70 개를 직접 촬영하여 테스트 데이터셋으로 사용하였다. 제안하는 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 실험 결과를 <표 1>과 같이 Confusion Matrix 로 나타냈다.

<표 1> 제안하는 알고리즘의 Confusion Matrix

구분	Actually Positive	Actually Negative
Predicted Positive	63 개(TP)	6 개(FP)
Predicted Negative	7 개(FN)	64 개(TN)

유치장 내 폭행의 정확한 탐지를 위해서는 폭행 (Positive)을 비폭행(Negative)로 예측하는 False Negative(FN)가 높으면 안 된다. 따라서 성능 평가 방식으로는 알고리즘의 정답률을 측정하기 위한 Accuracy 와 FN을 낮추는 데 초점을 두고 있는 Recall 을 사용하였고, (식 1)과 (식 2)에 기반하여 0.91 의 Accuracy 값과 0.9 의 Recall 값을 도출할 수 있었다.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN} \quad (\text{식 1})$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (\text{식 2})$$

4. 결론

본 연구에서는 유치장 내 CCTV 를 활용해 실시간으로 사용할 수 있는 폭행 탐지 시스템을 제안하였다. 위의 연구 결과에서 알 수 있듯이 실제 CCTV 환경에서 정확도 91%로 유의미한 결과를 도출해 냈다고 할 수 있다. 다만, 다수의 인물이 폭행을 일으키는 상황에 대한 탐지는 추가적인 연구가 필요하다. 향후 위 문제를 보완하고 손 외의 다른 신체 부위를 사용한 폭행도 탐지할 수 있게 된다면 다양한 공공장소에서 폭행을 탐지하는 데 활용할 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] Shim, Y.-B. and Park, H.-J., "A Study on a Violence Recognition System with CCTV," *Journal of Digital Contents Society.*, 2015

[2] Konkuk University Industrial Cooperation Corp, CCTV Camera Device Having Assault Detection Function and Method for Detecting Assault Based on CCTV Image Performed, KR Patent 1020190140799, filed November 6, 2019, and issued April 4, 2022