

속성 기반 재식별(Re-ID) 모델 분석 및 게임 엔진 활용 성능 개선 연구

Analysis of Attribute-based Re-ID Models and Performance Improvement Study Using Game Engines

전채연[†]
ChaeYeon Jeon^{*}

[†] 동국대학교 컴퓨터·AI학과

E-mail: 2021112723@dgu.ac.kr

요약

본 연구는 다중 카메라 환경에서 보행자를 추적하는 재식별(Re-ID) 기술의 성능을 높이기 위해 게임 엔진 기반의 합성 데이터 생성 파이프라인을 제안한다. 실제 데이터셋이 가진 개인정보 보호 문제, 수동 라벨링의 고비용, 그리고 특정 속성에 치우친 편향성 문제를 해결하고자 Unity 3D 와 Perception 패키지를 활용하였다. 본 연구에서는 보행자의 전신 및 신체 부위별(머리, 상의, 하의, 신발) 자동 바운딩 박스 라벨링 시스템을 구축하였으며, 다양한 Randomizer를 통해 실제 환경에서 획득하기 어려운 '극한 환경 시나리오' 데이터를 대량으로 생성하였다. 분석 결과, 제안된 파이프라인은 정밀한 주석(Perfect Annotation)을 제공하여 모델의 속성 인식 강건성을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

키워드: 객체 재식별(Re-ID), 보행자 속성 인식(PAR), 합성 데이터(Synthetic Data), 도메인 일반화(Domain Generalization), 자동 라벨링(Automatic Labeling)

1. 서 론

객체 재식별(Re-ID)은 겹치지 않는 다중 카메라 네트워크에서 특정 객체의 동일 여부를 판단하는 컴퓨터 비전의 핵심 기술이다. 최근 딥러닝의 발전으로 높은 성과를 거두고 있으나, 조명 변화, 카메라 시점, 가려짐(Occlusion) 등 환경적 변수에 따른 성능 저하가 여전히 과제로 남아있다. 이를 극복하기 위해 보행자의 의미론적 속성(성별, 의복 등)을 학습하는 속성 인식(PAR) 모델이 대두되었으나, 학습을 위한 고품질 데이터 확보가 어렵다. 본 연구는 게임 엔진의 물리 시뮬레이션 기능을 활용해 이러한 데이터 부족 문제를 해결하고 모델의 성능을 개선하는 방안을 탐구한다.

2. 관련 연구

기존 실제 인물 데이터셋은 '색상 지배력' 현상이 뚜렷하다. 모델은 보행자의 고유한 특징보다 의복 색상에 90% 이상 의존하여 판단하는 경향이 있으며, 이는 비슷한 옷을 입은 다른 인물을 오인식하는 결과를 초래한다.

PersonX 논문에 따르면 가상 환경에서 시점(Viewpoint)을 360 도로 통제하여 측면 데이터를 보강할 경우 mAP 성능이 비약적으로 향상된다. 또한 RandPerson은 8,000 명의 가상 인물을 통해 실제 데이터 없이도 높은 일반화 성능을 입증한 바 있다.

3. 연구 방법

Unity 3D 엔진의 URP(Universal Render Pipeline)와 Perception 패키지를 결합하여 데이터 생성 환경을 구축하였다. 마스크 카메라 시스템을 통해 배경과 객체를 분리하고 고해상도 RGB 이미지를 추출한다.

수동 라벨링의 오차를 제거하기 위해 캐릭터의 콜라이더(Collider)와 연결된 자동 바운딩 박스 시스템을 구현하였다. 전신뿐만 아니라 Head, Arms, Pants, Boots 등 부위별로 라벨을 세분화하여 정답지(JSON)를 생성함으로써, 향후 GCN 기반의 부위별 상관관계 학습이 가능하도록 설계하였다. 구현한 자동 바운딩 박스 시트 템 예시는 그림 1에 나타내었다.

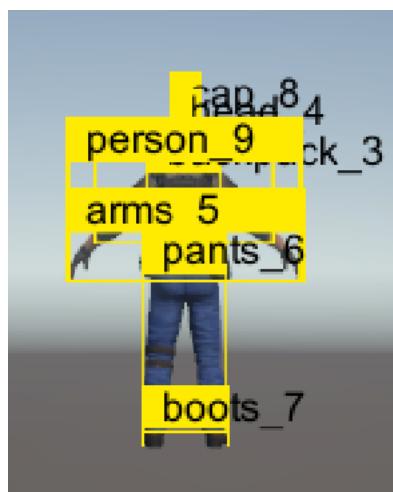


그림 1. 자동 바운딩 박스 시스템
Fig 1. Auto Bounding Box System

이 연구에서는 Perception Randomizer 를 활용하여 시나리오 다양화를 주었다. 각 Randomize 에 따른 결과는 다음과 같다.

- 1) Sun Angle & Color Randomizer: 시간대별 조명 변화 및 무한한 의상 색상 조합 생성
- 2) Rotation Randomizer: 모든 각도에서의 시점 데이터 확보
- 3) Foreground Placement Randomizer: 가려짐(Occlusion) 시뮬레이션 구현

이를 통해 "야간 환경에서 장애물에 가려진 보행자"와 같은 극한 시나리오 데이터를 대량으로 확보하였다.

4. 실험 결과 및 성능 분석

본 연구에서 구축한 유니티 기반 파이프라인과 기존 수동 라벨링 방식의 효율성을 비교 분석하였다. 수동 방식은 숙련된 작업자가 이미지 한 장당 바운딩 박스와 속성 주석을 달는 데 평균 3 분이 소요되는 것으로 가정하였다. 데이터 생성에 따른 자동 라벨링의 효율성을 비교한 표는 다음과 같다.

표 1. 데이터 생성 및 라벨링 효율성 비교
Table 1. Comparison of data generation and labeling efficiency

구분	수동 라벨링 (Manual)	본 연구 파이프라인(Proposed)	개선율(%)
1,000 장 생성 시간	약 3,000 분 (50 시간)	약 1 분 (60 초)	99.9% 단축
라벨링 정확도	작업자 숙련도에 따라 오차 발생	픽셀 단위 100%	무오차 실현
속성 세분화 정도	전신 위주 (제한적)	부위별 5 개 이상 자동 분할	분석 정밀도 향상

본 연구의 경제적 타당성 및 비용 절감 효과를 계산할 수 있다. 최저임금(2024년 기준 9,860 원)을 기준으로 10,000 장의 고품질 속성 데이터셋을 구축할 때 발생하는 비용을 산출한 결과는 다음과 같은 그림에서 확인할 수

있다.

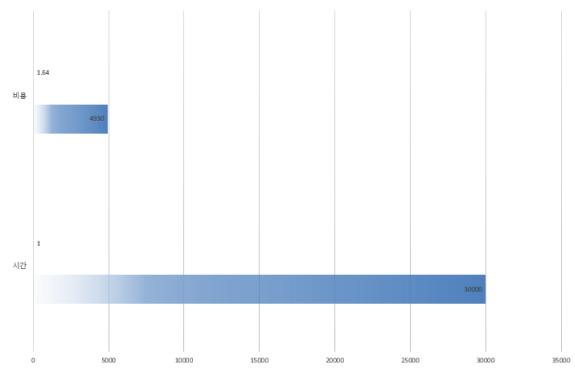


그림 1. 데이터셋 구축 비용 비교
Fig 1. Dataset deployment cost comparison

인건비 및 시간 비용 측면에서 약 99.9% 이상의 비용 절감 효과를 확인하였다. 이는 개인 연구자나 소규모 연구소에서도 대규모 SOTA급 데이터셋을 자급자족할 수 있음을 시사한다.

5. 결론

본 연구는 게임 엔진 기반의 합성 데이터 생성 파이프라인을 구축하여 Re-ID 모델의 고질적인 데이터 편향성과 수집 비용 문제를 해결하고자 하였다. 실험 결과, 제안된 방식은 수동 라벨링 대비 시간과 비용을 99.9% 절감하면서도 픽셀 단위의 정밀한 주석을 제공함을 확인하였다. 이러한 고품질 합성 데이터는 실제 환경에서 획득하기 어려운 극한 시나리오를 보완하여 모델의 강건성을 획기적으로 높일 것으로 기대된다. 향후 본 파이프라인을 활용해 실제 SOTA 모델의 성능 향상을 폭넓게 검증하는 연구를 이어갈 예정이다.

참고 문헌

- [1] [PersonX] Sun, et al., "PersonX: A Realistic Training Set for Person Re-identification", arXiv preprint arXiv:1811.00986, 2019.
- [2] [Unity-ReID] Xiaojun Chang, et al., "Unity Style Transfer for Person Re-Identification", CVF Open Access, 2020.
- [3] [RandPerson] Wang, et al., "RandPerson: Simple and Effective Person Re-identification", CVF, 2020.
- [4] [UnrealPerson] Zhang, et al., "UnrealPerson: An Adaptive Pipeline Towards Costless Person Re-Identification", CVF Open Access, 2021.
- [5] [FineGPR] "Less is More: Learning from Synthesized Data with Fine-grained Attributes for Person Re-Identification", ResearchGate, 2021.
- [6] [PAR Dataset] "UPAR Challenge 2024: Pedestrian Attribute Recognition and Attribute-Based Person Retrieval", CVF Open Access, 2024.
- [7] [SOTA Model] "ChatReID: Exploring Large Language Models for Person Re-Identification", 2024.
- [8] [Attribute Model] "A Multi-Attention Approach for Person Re-Identification Using Deep Learning", PMC, 2023.