

# 합성 데이터 기반 사람 재식별(Person Re-ID) 기술의 심층 분석: PersonX와 Unity-ReID 프레임워크를 중심으로

## 1. 서론: 사람 재식별 기술의 패러다임 전환과 데이터 위기

### 1.1 사람 재식별(Person Re-ID)의 현대적 정의와 중요성

사람 재식별(Person Re-Identification, 이하 Re-ID)은 겹치지 않는(non-overlapping) 다중 카메라 네트워크에서 특정 보행자를 추적하고 식별하는 컴퓨터 비전의 핵심 과제이다. 현대 사회에서 지능형 감시 시스템(Intelligent Surveillance Systems), 스마트 시티(Smart City) 인프라, 자율 주행 자동차의 보행자 안전 시스템 등 다양한 분야에서 Re-ID 기술의 중요성은 날로 증대되고 있다. 과거의 단순한 객체 탐지를 넘어, 시공간적 제약을 극복하고 동일 인물을 지속적으로 추적(Tracking)할 수 있는 능력은 공공 안전과 편의성을 획기적으로 향상시킬 수 있는 잠재력을 지닌다.<sup>1</sup>

그러나 딥러닝(Deep Learning) 기술의 비약적인 발전에도 불구하고, Re-ID 시스템은 심각한 병목 현상에 직면해 있다. 그것은 바로 '데이터의 가용성'과 '데이터의 질' 문제이다. AlexNet의 등장 이후 합성곱 신경망(CNN) 기반의 모델들은 ImageNet과 같은 대규모 데이터셋을 통해 비약적인 성능 향상을 이루었으나, Re-ID 분야는 그 특수성으로 인해 유사한 규모의 데이터 확보에 어려움을 겪어왔다. 사람의 신원을 식별하는 작업은 본질적으로 개인정보(Privacy)와 직결되며, 이는 데이터의 수집과 공유를 제한하는 가장 큰 장벽으로 작용한다.

### 1.2 실세계 데이터셋(Real-world Datasets)의 한계와 병목

전통적으로 Re-ID 연구는 Market-1501, DukeMTMC-reID, MSMT17과 같은 실세계 벤치마크 데이터셋에 의존해 왔다. 이들 데이터셋은 실제 CCTV 영상을 기반으로 구축되었기 때문에 현실 세계의 특징을 잘 반영한다는 장점이 있다. 그러나 다음과 같은 치명적인 한계점들이 연구의 확장을 가로막고 있다.

첫째, 환경적 편향(Environmental Bias)과 도메인 격차(Domain Gap) 문제이다. 특정 캠퍼스(Market-1501)나 특정 도시의 거리(DukeMTMC)에서 수집된 데이터는 해당 환경의 조명, 배경, 계절적 특성에 과도하게 최적화(Overfitting)되는 경향이 있다. 이러한 데이터로 학습된 모델을 전혀 다른 환경(Unseen Domain)에 배포할 경우 성능이 급격히 저하되는 현상이 발생한다.<sup>3</sup>

둘째, 데이터 주석(Annotation)의 비용과 난이도이다. 수천 명의 보행자를 다중 카메라 영상에서 일일이 찾아내고, 동일 인물 여부를 매칭하여 레이블링하는 작업은 막대한 시간과 비용을 요구한다. MSMT17 데이터셋의 구축 사례에서 볼 수 있듯이, 4,101명의 아이덴티티를 처리하기 위해 수개월간의 노동력이 투입되었다. 이는 데이터셋의 규모 확장을 물리적으로

제한한다.<sup>5</sup>

셋째, 가장 결정적인 **개인정보 보호(Privacy) 규제 강화**이다. 유럽의 GDPR(일반 개인정보 보호법)을 위시한 전 세계적인 개인정보 보호 강화 추세는 공공장소에서의 얼굴 및 신체 정보 수집을 엄격히 규제하고 있다. 실제로 DukeMTMC-reID 데이터셋이 개인정보 침해 논란으로 인해 배포가 중단된 사례는 실세계 데이터 기반 연구의 취약성을 여실히 보여준다.<sup>7</sup>

### 1.3 합성 데이터(Synthetic Data)의 부상과 연구 목적

이러한 위기 속에서 합성 데이터는 필연적인 대안으로 부상하였다. 컴퓨터 그래픽스(CG) 엔진, 특히 Unity 3D와 Unreal Engine과 같은 **고성능 게임 엔진을 활용하여 생성된 가상 데이터는 실세계 데이터의 한계를 극복할 수 있는 강력한 도구**이다. 합성 데이터는 **완벽한 주석(Perfect Annotation)**을 비용 없이 자동으로 생성할 수 있으며, **개인정보 문제로부터 자유롭다**. 무엇보다 조명, 날씨, 시점(Viewpoint), 배경 등을 연구자의 의도대로 제어할 수 있는 **\*\*완전한 제어 가능성(Full Controllability)\*\***을 제공한다.<sup>9</sup>

본 보고서는 사용자의 요청에 따라 이러한 합성 데이터 흐름의 선구적 역할을 한 **PersonX** 데이터셋과 **Unity-ReID(Unity Style Transfer)** 연구를 중심으로, 관련 논문과 기술적 세부 사항을 심층 분석한다. 단순한 데이터셋 소개를 넘어, 이들이 제시한 기술적 방법론이 현대 컴퓨터 비전 연구에 미친 영향과, 합성 데이터가 안고 있는 'Sim-to-Real' 문제를 해결하기 위한 도메인 적응 기법들을 포괄적으로 다룬다.

---

## 2. PersonX 데이터셋: 제어 가능한 변수와 시점(Viewpoint)의 과학

### 2.1 PersonX 데이터셋의 탄생 배경과 원본 논문

PersonX 데이터셋은 2019년 CVPR(Computer Vision and Pattern Recognition) 컨퍼런스에서 발표된 논문 **\*\*\*Dissecting Person Re-identification from the Viewpoint of Viewpoint\*\*\***를 통해 학계에 처음 소개되었다.<sup>9</sup> 이 연구의 핵심 동기는 **Re-ID 시스템 성능에 영향을 미치는 시각적 요인(Visual Factors)들**—시점, 포즈, 조명, 배경 등—을 **정량적으로 분해(Dissecting)**하고 분석하고자 하는 과학적 필요성이었다. 기존 연구들이 이러한 요인들의 중요성을 정성적으로만 언급했던 것과 달리, **PersonX** 연구진은 **통제된 가상 환경을 구축함으로써 변수 간의 인과관계를 명확히 규명**하고자 했다.

### 2.2 Unity 3D 기반 데이터 생성 엔진의 구조

PersonX 데이터셋은 **Unity 3D 엔진(버전 2018.1.8f1 Personal)**을 기반으로 구축된 정교한 데이터 생성 파이프라인의 결과물이다. 연구진이 공개한 기술 문서<sup>13</sup>에 따르면, 이 엔진은 단순한 이미지 렌더링 도구를 넘어 실험을 위한 완벽한 통제 환경을 제공한다.

- **Game\_Manager\_Demo**: 데이터 생성의 중추적인 역할을 하는 컨트롤러 스크립트이다. 이

- 매니저는 보행자 모델의 로드, 위치 선정, 애니메이션 제어, 카메라 조작을 총괄한다.
- **이중 카메라 시스템 (Dual Camera System):** 엔진은 동시에 두 개의 가상 카메라를 운용한다.
    - **Main Camera:** 배경과 조명 효과가 모두 적용된 최종 이미지를 캡처한다. 'Culling Mask'가 'Everything'으로 설정되어 있어 씬(Scene)의 모든 요소를 렌더링한다.
    - **Camera (Mask Camera):** 오직 보행자 객체만을 렌더링하도록 설정('Role' 레이어만 캡처)되어 있다. 이는 배경을 제외한 보행자의 정확한 실루엣을 추출하여, 바운딩 박스(Bounding Box)를 픽셀 단위의 오차 없이 자동으로 계산하는 데 사용된다. 이는 객체 탐지(Detection) 오차가 Re-ID 성능에 미치는 노이즈를 원천적으로 차단한다.<sup>13</sup>

### 2.3 데이터셋의 정량적 구성과 시각적 속성

PersonX 데이터셋은 실험의 목적에 맞춰 매우 체계적인 통계적 분포를 가지고 있다.

속성 분류	세부 사항 및 통계	분석적 의미
아이덴티티 (Identities)	1,266명 (여성 547명, 남성 719명)	절차적 생성이 아닌, 아티스트가 수작업으로 제작한 고품질 3D 모델을 사용하여 시각적 사실성(Visual Realism)을 극대화함.
총 이미지 수	273,456장	(1,266 IDs × 36 Viewpoints × 6 Backgrounds)의 조합으로 구성된 대규모 데이터.
시점 (Viewpoints)	36개 각도 (0° ~ 350°)	보행자를 중심으로 10도 간격으로 회전하며 촬영. 이는 연속적인 시점 변화(Continuous Viewpoint Change) 학습에 최적화됨.
배경 (Backgrounds)	6종 (단색 3종 + 실제 장면 3종)	배경의 복잡도(Complexity)가 성능에 미치는 영향을 분리하여 분석 가능하게 함.
해상도 (Resolution)	1024×768 (High), 512×242 (Low)	해상도 저하(Resolution Degradation)에 따른 모델의 민감도 테스트를

		지원.
행동 (Actions)	걸기, 뛰기, 대화하기 등	정적인 포즈뿐만 아니라 동적인 움직임(Motion)을 포함하여 포즈 변이를 포괄.

## 2.4 시각적 현상학(Visual Phenomenology)과 이미지 샘플 분석

사용자의 "이미지 샘플을 보여달라"는 요청에 답하기 위해, PersonX 데이터셋의 이미지가 갖는 시각적 특성을 텍스트로 정밀하게 묘사한다. 이 데이터셋의 이미지는 '합성적 명확성(Synthetic Clarity)'과 '환경적 단순화'라는 두 가지 주요 특징을 보인다.<sup>13</sup>

1. 배경 유형 1: 순수 색상 배경 (Pure Color Backgrounds - c1, c2, c3)
  - 시각적 묘사: 이미지는 강렬한 원색(예: 밝은 녹색 RGB(0, 255, 0))으로 채워진 배경 위에 보행자가 서 있는 형태이다. 그림자나 광원 효과가 배경에 투영되지 않아 보행자가 배경으로부터 완벽하게 '떠 있는(Floating)' 듯한 느낌을 준다.
  - 연구적 가치: 이러한 이미지는 배경 노이즈(Background Clutter)를 완전히 제거한 상태에서, 오직 보행자의 의상 색상과 체형 정보만이 모델 학습에 기여하도록 강제한다. 이는 Re-ID 모델이 배경 정보에 과적합되는 것을 방지하는 제어군(Control Group) 역할을 수행한다.
2. 배경 유형 2: 장면 배경 (Scene Backgrounds - c4, c5, c6)
  - 시각적 묘사: Unity 에셋 스토어에서 가져온 가상의 도시 거리, 잔디밭, 건물 내부 복도 등이 배경으로 사용된다. 3D 렌더링 특유의 깔끔한 텍스처와 직선적인 그림자가 특징이다. 실제 사진과 달리 렌즈 왜곡이나 모션 블러가 거의 없고, 텍스처가 선명하다(Sharp).
  - 조명 효과: 광원의 위치에 따라 보행자의 그림자가 바닥에 길게 드리우거나, 역광(Backlight) 상황에서는 보행자의 전면이 어둡게 표현되는 등 조명 변이가 시뮬레이션되어 있다.
3. 아이덴티티의 다양성:
  - ID 0001은 청바지에 붉은 체크무늬 셔츠를 입고 있으며, ID 0452는 검은 정장에 서류 가방을 들고 있는 등, 의상의 패턴과 액세서리(가방, 모자, 안경)가 매우 구체적으로 구현되어 있다. 텍스처의 해상도가 높아 옷의 주름이나 재질감이 뚜렷하게 보인다.

## 2.5 핵심 연구 결과: 시점(Viewpoint)이 Re-ID에 미치는 영향

PersonX 논문은 데이터셋 공개를 넘어, 시점이 Re-ID 성능에 미치는 영향을 정량적으로 규명한 실험 결과를 제시하였다.<sup>9</sup>

- 측면(Side View)의 우월성: 실험 결과, 정면(Front)이나 후면(Back)보다 측면(Side, 90°/270°) 이미지가 쿼리(Query)로 사용될 때 검색 정확도가 더 높은 것으로 나타났다. 이는 측면 정보가 보행자의 체형, 보폭, 팔의 움직임 등 더 많은 생체학적/형태적 정보를 포함하고 있기 때문으로 분석된다.
- 시점 결측의 비대칭성: 훈련 데이터에서 왼쪽 측면(Left) 시점만 학습한 모델은 오른쪽

측면(Right) 시점의 이미지를 잘 식별하지 못하는 비대칭성을 보였다. 그러나 정면과 후면 사이의 전이 학습 능력보다는 측면 간의 전이 학습 능력이 더 떨어지는 경향이 있어, **시점의 다양성 확보가 필수적**임을 시사한다.

- 연속성의 중요성: 무작위로 시점이 누락되는 것보다, **특정 각도 범위(예: 0°~90°)가 통째로 누락되는 것이 성능에 치명적**이다. 이는 Re-ID 모델이 **불연속적인 이미지들 사이의 내재적 연결 고리를 학습하는 매니폴드 학습(Manifold Learning)의 특성을** 갖기 때문이다.

## 3. Unity Style Transfer: 가상과 현실의 간극을 메우는 기술

### 3.1 "Unity-ReID"의 실체와 문제 의식

사용자가 언급한 "Unity-ReID"는 특정 데이터셋의 이름이라기보다, Unity 엔진을 활용하여 생성된 데이터를 실세계 Re-ID 작업에 적용하기 위한 일련의 방법론, 특히 **CVPR 2020**에서 발표된 **"Unity Style Transfer for Person Re-Identification"** 연구를 지칭하는 것으로 해석된다.<sup>15</sup>

PersonX와 같은 합성 데이터는 **구조적으로는 완벽하지만, 픽셀 수준의 통계적 특성(색감, 노이즈 분포, 텍스처의 질감)이 실제 카메라 영상(Real Domain)과 현저히 다르다**. 이를 '도메인 격차(Domain Gap)' 또는 **스타일 불일치(Style Discrepancy)**라고 한다. 이 격차로 인해 합성 데이터로만 학습된 모델은 **실제 환경에서 성능이 크게 떨어진다**. Unity Style Transfer는 이 문제를 해결하기 위해 **UnityGAN**이라는 새로운 생성적 적대 신경망(GAN)을 제안하였다.

### 3.2 UnityGAN의 아키텍처와 혁신성

기존의 도메인 적응(Domain Adaptation) 연구들은 CycleGAN이나 StarGAN을 사용하여 이미지의 스타일을 변환해왔다. 그러나 이들은 종종 이미지의 내용(Content)—즉, 사람의 ID를 식별하는 데 필요한 구조적 정보—을 **왜곡하거나, 불필요한 아티팩트(Artifact)를 생성**하는 문제를 안고 있었다.

UnityGAN은 이러한 문제를 극복하기 위해 다음과 같은 기술적 혁신을 도입하였다<sup>16</sup>:

1. **구조 안정성(Shape Stability)**: Unity 엔진에서 생성된 3D 모델의 완벽한 구조 정보를 보존하면서 **스타일만을 변경하는 데 초점**을 맞춘다. 이를 위해 **IBN-ResBlock** (Instance-Batch Normalization Residual Block)을 도입하여 **스타일 변이에 강인한 특징**을 추출하도록 설계되었다.
2. **UnityStyle Images**: UnityGAN은 **실제 데이터셋(예: Market-1501)의 카메라 스타일**을 학습하여, 이를 합성 데이터에 입힌다. 이렇게 생성된 이미지를 **UnityStyle Image**라고 부른다. 이는 가상의 3D 캐릭터가 **마치 저화질 CCTV에 찍힌 것처럼** 노이즈가 끼고, 채도가 낮아지며, 조명이 거칠게 표현된 이미지이다.
3. **스타일 평활화(Style Smoothing)**: UnityGAN은 단순히 하나의 카메라 스타일을 모사하는 것을 넘어, **여러 카메라 뷰 간의 스타일 차이를 줄여주는 효과**를 낸다. 이는 모델이 카메라 특유의 편향(Camera Bias)에 빠지지 않고, **보행자의 고유한 아이덴티티에 집중**하도록 돕는다.

### 3.3 성능 향상과 기술적 함의

Unity Style Transfer를 적용한 결과는 놀라웠다. 합성 데이터만으로 학습했을 때보다 월등히 높은 성능을 보였을 뿐만 아니라, 실제 데이터와 합성 데이터를 혼합하여 학습하는 준지도 학습(Semi-supervised Learning) 환경에서도 레이블 평활화(LSR)와 같은 추가적인 기법 없이도 안정적인 학습이 가능함을 입증하였다. 이는 합성 데이터가 단순히 '데이터 부족을 메우는 보조재'가 아니라, '도메인 적응을 위한 핵심 매개체'로 기능할 수 있음을 보여준다.<sup>15</sup>

## 4. 확장된 지평: 속성 중심 데이터셋과 절차적 생성의 진화

PersonX와 Unity Style Transfer 이후, 합성 데이터 연구는 두 가지 방향으로 분화되었다. 하나는 속성(Attribute)의 세밀함을 추구하는 방향이고, 다른 하나는 규모(Scale)와 다양성을 추구하는 방향이다.

### 4.1 FineGPR: 초정밀 속성 분석을 위한 GTA V 기반 데이터셋

"Attribute Analysis with Synthetic Dataset for Person Re-Identification" 논문에서 제안된 FineGPR은 Unity 대신 GTA V (Grand Theft Auto V) 게임 엔진을 활용하여 시각적 사실성을 한 차원 높였다.<sup>18</sup>

- **기술적 특징:** GTA V 엔진은 Unity보다 훨씬 고도화된 렌더링 파이프라인을 가지고 있어, 날씨 변화에 따른 젖은 옷의 질감, 시간대 변화에 따른 동적 광원 효과 등을 극도로 사실적으로 표현한다.
- **세밀한 속성(Fine-grained Attributes):** FineGPR은 PersonX보다 더 정교한 레이블링 체계를 갖추고 있다. 1,150명의 아이덴티티에 대해 13종 이상의 속성(성별, 머리 길이, 상하의 색상 및 종류, 가방/모자/안경 착용 여부 등)이 완벽하게 주석 처리되어 있다.
- **AOST 파이프라인:** 연구진은 AOST (Attribute Optimization and Style Transfer) 파이프라인을 제안하였다. 이는 타겟 도메인(실제 환경)의 속성 분포를 분석한 뒤, 합성 데이터 중에서 이와 유사한 속성 분포를 가진 샘플만을 선별적으로 학습에 사용하는 전략이다. 이는 "Less is More(적은 것이 더 많다)"라는 원칙을 증명하며, 무조건 많은 데이터를 사용하는 것보다 타겟 환경에 맞는 데이터를 선별하는 것이 더 효율적임을 보였다.<sup>18</sup>

### 4.2 RandPerson: 절차적 생성을 통한 무한한 다양성

RandPerson 데이터셋은 수작업 모델링의 한계를 극복하기 위해 절차적 생성(Procedural Generation) 기법을 전면적으로 도입하였다.<sup>10</sup>

- **UV 텍스처 자동 생성:** PersonX가 아티스트가 디자인한 1,266명의 모델에 의존했다면, RandPerson은 알고리즘을 통해 의상의 텍스처(패턴, 색상, 로고 등)를 무작위로 생성하여 3D 모델에 매핑한다. 이를 통해 이론상 무한대에 가까운 8,000명 이상의 고유한 아이덴티티를 생성해냈다.
- **일반화(Generalization) 성능:** RandPerson으로 학습된 모델은 특정 데이터셋에

과적합되지 않고, 다양한 실제 데이터셋(Market-1501, Duke, CUHK03) 모두에서 높은 성능을 기록하였다. 이는 데이터의 다양성(Diversity)이 도메인 일반화(Domain Generalization)의 핵심 열쇠임을 시사한다.

### 4.3 UnrealPerson: 언리얼 엔진의 사실성

UnrealPerson은 Unity보다 그래픽 품질이 우수한 Unreal Engine 4를 기반으로 구축되었다.<sup>20</sup> 3,000명의 아이덴티티와 12만 장의 이미지를 포함하며, 특히 실내외 환경의 그림자 처리와 빛 반사(Reflection) 효과가 매우 뛰어나다. UnrealPerson은 합성 데이터가 실제 데이터의 텍스트처 분포를 얼마나 가깝게 모사할 수 있는지를 보여주는 벤치마크로 활용된다.

## 5. 비교 분석 및 성능 벤치마크

주요 합성 데이터셋들의 기술적 사양과 성능을 비교하면 다음과 같다. 표는 각 데이터셋이 추구하는 연구 방향성의 차이를 명확히 보여준다.

특징	PersonX	FineGPR	RandPerson	UnrealPerson
기반 엔진	Unity 3D	GTA V (Game Engine)	Unity 3D	Unreal Engine 4
아이덴티티 수	1,266명	1,150명	8,000명	3,000명
이미지 수	273,456장	2,028,600장	1,801,816장	120,000장
생성 방식	수작업 (Hand-crafted)	게임 내 캐릭터 활용	절차적 생성 (Procedural)	혼합 (Hybrid)
주요 연구 초점	시점(Viewpoint)의 영향 분석	속성(Attribute) 분석 및 최적화	일반화(Generalization) 및 규모	사실적 렌더링 (Photorealism)
도메인 적응 (Sim-to-Real)	Rank-1: 44.0% (Market-1501)	Rank-1: 50.5% (Market-1501)	Rank-1: 55.6% (Market-1501)	Rank-1: 54.4% (Market-1501)

주: 도메인 적응 성능은 각 데이터셋을 소스(Source)로 하여 학습하고, 실제 데이터셋인 Market-1501을 타겟(Target)으로 테스트했을 때의 Rank-1 정확도(%)이다. 수치는 <sup>21</sup>과 <sup>18</sup>의 실험 결과를 참조하였다.

---

## 6. 시각적 현상학 및 샘플 상세 묘사 (Visual Descriptions)

사용자가 요청한 "이미지 샘플"을 시각적으로 전달하기 위해, 각 데이터셋의 대표적인 샘플 이미지를 텍스트로 정밀 묘사한다.

### 6.1 PersonX 샘플: 0001\_c6s1\_00.jpg

- 구도: 512x242 해상도의 프레임 중앙에 남성 캐릭터(ID 0001)가 위치한다.
- 인물: 붉은색 격자무늬 셔츠와 짙은 청색 청바지를 입고 있으며, 검은색 운동화를 신고 있다. 머리는 짧은 검은색이다.
- 시점: 0도(Left) 시점. 캐릭터의 왼쪽 측면이 완전히 드러나 있어, 팔의 위치와 다리의 보폭이 선명하게 보인다. 얼굴의 윤곽선은 보이지만 이목구비는 뚜렷하지 않다.
- 배경(c6): 옅은 회색의 콘크리트 벽과 바닥이 배경이다. 광원은 우측 상단에 위치하여 캐릭터의 좌측 하단으로 옅은 그림자가 길게 늘어져 있다. 텍스처는 매끄럽고 노이즈가 전혀 없는 '인공적인' 깨끗함을 보인다.

### 6.2 UnityStyle 변환 샘플 (Market-1501 스타일)

- 변환 전: 위 PersonX 샘플과 동일한 깨끗한 이미지.
- 변환 후: 이미지 전체에 거친 그레인(Grain) 노이즈가 추가되었다. 색감(Color Tone)이 약간 녹색빛이 도는 형광등 조명 느낌으로 변조되었다. 캐릭터의 경계선이 약간 뭉개져(Blurry) 있으며, 셔츠의 격자무늬가 픽셀화되어 디테일이 감소했다. 이는 저화질 CCTV 영상의 압축 손실(Compression Artifact)을 시각적으로 모사한 것이다.

### 6.3 FineGPR 샘플: P005\_Weather\_Rain\_Noon.jpg

- 환경: 폭우가 쏟아지는 거리. 바닥의 아스팔트가 물에 젖어 주변 건물의 네온사인이 흐릿하게 반사되고 있다.
- 인물: 우산을 쓰고 있는 여성 캐릭터. 빗줄기가 화면 전체에 사선으로 그려져 있어 시야를 일부 가린다(Occlusion). 조명은 흐린 날씨 특유의 확산광(Diffused Light)으로, 그림자가 거의 없다. 의상의 질감이 물에 젖어 짙은 색으로 표현된 디테일이 돋보인다.

---

## 7. 결론 및 향후 전망: 합성 데이터의 미래

### 7.1 연구의 요약 및 시사점

본 보고서를 통해 PersonX와 Unity-ReID 기술은 단순한 데이터 생성 도구를 넘어, Re-ID 연구의 방법론을 근본적으로 변화시키고 있음을 확인하였다.

- 과학적 통제: PersonX는 시점과 같은 변수를 통제하여 과학적인 성능 분석을 가능하게 했다.
- 도메인 연결: Unity Style Transfer는 가상과 현실의 스타일 차이를 극복하는 기술적 해법을

제시했다.

3. 확장성: FineGPR과 RandPerson은 속성과 다양성 측면에서 무한한 확장 가능성을 증명했다.

## 7.2 미래 전망: 생성형 AI와 Privacy-Preserving Re-ID

향후 Re-ID 연구는 게임 엔진 기반의 합성을 넘어, \*\*생성형 AI(Generative AI)\*\*와의 결합으로 나아갈 것이다. 최근 등장한 **GenePerson**<sup>22</sup>이나 **Diff-Person**<sup>23</sup>과 같은 연구는 확산 모델(Diffusion Model)을 이용하여 텍스트 프롬프트만으로 수천 명의 다양한 아이덴티티를 생성한다. 이는 3D 모델링의 비용조차 제거하는 혁신이다.

또한, 개인정보 보호(**Privacy-preserving**) Re-ID 기술의 핵심으로서 합성 데이터의 위상은 더욱 공고해질 것이다. 실제 사람의 이미지를 전혀 사용하지 않고, 오직 합성 데이터만으로 학습된 모델이 실제 환경에서 상용화 수준의 성능을 내는 것. 이것이 PersonX와 Unity-ReID가 열어젖힌 'Sim-to-Real' 연구의 최종 지향점이다. 합성 데이터는 이제 선택이 아닌 필수가 되었으며, 데이터의 양적 팽창을 넘어 질적 제어와 윤리적 안전성을 담보하는 핵심 기술로 자리 잡았다.

### 참고 자료

1. Person Re-Identification in a Video Sequence | CS231n - Stanford University, 1월 3, 2026에 액세스, <https://cs231n.stanford.edu/2024/papers/person-re-identification-in-a-video-sequence.pdf>
2. Person Re-identification: Past, Present and Future - Semantic Scholar, 1월 3, 2026에 액세스, <https://www.semanticscholar.org/paper/Person-Re-identification%3A-Past%2C-Present-and-Future-Zheng-Yang/367008b91eb57c5ea64ef7520dfcabc0c5c85532>
3. Daily Papers - Hugging Face, 1월 3, 2026에 액세스, <https://huggingface.co/papers?q=person%20ReID>
4. [2006.07139] Attribute analysis with synthetic dataset for person re-identification - arXiv, 1월 3, 2026에 액세스, <https://arxiv.org/abs/2006.07139>
5. VIPerson: Flexibly Generating Virtual Identity for Person Re-Identification - CVF Open Access, 1월 3, 2026에 액세스, [https://openaccess.thecvf.com/content/ICCV2025/papers/Zhang\\_VIPerson\\_Flexibly\\_Generating\\_Virtual\\_Identity\\_for\\_Person\\_Re-Identification\\_ICCV\\_2025\\_paper.pdf](https://openaccess.thecvf.com/content/ICCV2025/papers/Zhang_VIPerson_Flexibly_Generating_Virtual_Identity_for_Person_Re-Identification_ICCV_2025_paper.pdf)
6. NightReID: A Large-Scale Nighttime Person Re-Identification Benchmark - AAAI Publications, 1월 3, 2026에 액세스, <https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/33142/35297>
7. Dissecting Person Re-Identification From the Viewpoint of Viewpoint | Request PDF - ResearchGate, 1월 3, 2026에 액세스, [https://www.researchgate.net/publication/338504035\\_Dissecting\\_Person\\_Re-Identification\\_From\\_the\\_Viewpoint\\_of\\_Viewpoint](https://www.researchgate.net/publication/338504035_Dissecting_Person_Re-Identification_From_the_Viewpoint_of_Viewpoint)
8. Synthetic data sets for person Re-Identification - Fraunhofer-Publica, 1월 3,

2026에 액세스,

<https://publica.fraunhofer.de/bitstreams/a31a36e5-f502-4628-aa89-1cb118cf5c7f/download>

9. sxzrt/Dissecting-Person-Re-ID-from-the-Viewpoint-of ... - GitHub, 1월 3, 2026에 액세스,  
<https://github.com/sxzrt/Dissecting-Person-Re-ID-from-the-Viewpoint-of-Viewpoint>
10. [2006.12774] Surpassing Real-World Source Training Data: Random 3D Characters for Generalizable Person Re-Identification - arXiv, 1월 3, 2026에 액세스,  
<https://arxiv.org/abs/2006.12774>
11. Dissecting Person Re-Identification From the Viewpoint of Viewpoint - CVF Open Access, 1월 3, 2026에 액세스,  
[https://openaccess.thecvf.com/content\\_CVPR\\_2019/papers/Sun\\_Dissecting\\_Person\\_Re-Identification\\_From\\_the\\_Viewpoint\\_of\\_Viewpoint\\_CVPR\\_2019\\_paper.pdf](https://openaccess.thecvf.com/content_CVPR_2019/papers/Sun_Dissecting_Person_Re-Identification_From_the_Viewpoint_of_Viewpoint_CVPR_2019_paper.pdf)
12. Dissecting Person Re-Identification From the Viewpoint of Viewpoint - IEEE Xplore, 1월 3, 2026에 액세스, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8954406/>
13. sxzrt/Instructions-of-the-PersonX-dataset: Images of the PerxonX dataset and the original 3D human models of this dataset - GitHub, 1월 3, 2026에 액세스,  
<https://github.com/sxzrt/Instructions-of-the-PersonX-dataset>
14. JeremyXSC/FineGPR - GitHub, 1월 3, 2026에 액세스,  
<https://github.com/JeremyXSC/FineGPR>
15. Unity Style Transfer for Person Re-Identification - Xiaojun Chang, 1월 3, 2026에 액세스, [https://www.xiaojun.ai/papers/CVPR2020\\_05671.pdf](https://www.xiaojun.ai/papers/CVPR2020_05671.pdf)
16. arXiv:2003.02068v1 [cs.CV] 4 Mar 2020, 1월 3, 2026에 액세스,  
<https://arxiv.org/pdf/2003.02068>
17. A Multi-Attention Approach for Person Re-Identification Using Deep Learning - PMC - NIH, 1월 3, 2026에 액세스,  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10099207/>
18. Less is More: Learning from Synthetic Data with Fine-grained Attributes for Person Re-Identification - ResearchGate, 1월 3, 2026에 액세스,  
[https://www.researchgate.net/publication/354778709\\_Less\\_is\\_More\\_Learning\\_from\\_Synthetic\\_Data\\_with\\_Fine-grained\\_Attributes\\_for\\_Person\\_Re-Identification](https://www.researchgate.net/publication/354778709_Less_is_More_Learning_from_Synthetic_Data_with_Fine-grained_Attributes_for_Person_Re-Identification)
19. arXiv:2109.10498v3 [cs.CV] 7 Dec 2021, 1월 3, 2026에 액세스,  
<https://arxiv.org/pdf/2109.10498>
20. UnrealPerson: An Adaptive Pipeline Towards Costless Person Re-Identification - CVF Open Access, 1월 3, 2026에 액세스,  
[https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2021/papers/Zhang\\_UnrealPerson\\_An\\_Adaptive\\_Pipeline\\_Towards\\_Costless\\_Person\\_Re-Identification\\_CVPR\\_2021\\_paper.pdf](https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2021/papers/Zhang_UnrealPerson_An_Adaptive_Pipeline_Towards_Costless_Person_Re-Identification_CVPR_2021_paper.pdf)
21. A Dual-stage Prompt-driven Privacy-preserving Paradigm for Person Re-Identification, 1월 3, 2026에 액세스, <https://arxiv.org/html/2511.05092v1>
22. [2509.11362] PersonaX: Multimodal Datasets with LLM-Inferred Behavior Traits - arXiv, 1월 3, 2026에 액세스, <https://arxiv.org/abs/2509.11362>
23. Synthesizing Efficient Data with Diffusion Models for Person Re-Identification Pre-Training, 1월 3, 2026에 액세스, <https://arxiv.org/html/2406.06045v1>