

AU + cGAN 방안

# 조사 배경

AU(Action Unit) 정보를 얼굴 이미지 생성 또는 디테일 조절을 위한 조건으로 사용한 연구

AU와 알베도 맵 간의 관계, 특히 픽셀 공간 불일치 문제를 해결한 사례

AU 외의 조건 피처(예: 나이, 성별, 표정 강도 등)를 활용하여 GAN 품질을 향상시킨 연구

GAN에서 특정 부위(눈, 입 등)의 디테일을 제어한, 국소적 조건 제어 사례

AU 피처를 추출하고 cGAN 입력으로 사용하는 일반적인 처리 방식

# 조사 배경

- 배경 지식을 넓히기 위해 기존 연구 + arxiv 유명 연구 기반 조사
- google reasearch 에서 "AU", "GAN" 키워드가 동시에 들어가 있는 논문 조사

# AU가 GAN에서 표정, 디테일 생성에 유의미한 조건으로 쓰인 사례가 있나?

- **GANimation** (Pumarola et al., ECCV 2018)
  - AU 벡터(예: AU12=웃음 근육)를 입력 조건으로 사용.
  - 특정 AU를 높이면 그 근육에 해당하는 부위만 자연스럽게 움직이며, *입꼬리 상승, 눈가 주름 등 지역적 디테일이 자동 생성됨.*
  - Discriminator가 출력 이미지의 AU가 입력 AU와 일치하는지 판단하도록 **AU-consistency loss**를 추가.
- **Cascade EF-GAN** (Wu et al., CVPR 2020):
  - 눈, 입, 코 등 **표정이 집중되는 부위별로 Local Branch 설계.**
  - 각 branch가 해당 부위의 세부 디테일(눈가 주름, 입술 굴곡 등)을 집중적으로 재현하도록 학습.
- **AUEditNet** (CVPR 2024):
  - 12개 AU intensity를 조절해 *세밀한 표정 변화* 가능.
  - AU의 연속적 조절로 표정 강도까지 자연스럽게 변화.

# AU가 알베도 맵 = pixel 의 디테일에 영향을 줄 수 있는가?

- 기존 연구들은 대부분 AU → geometry 변화 집중.
  - 예: 웃으면 입 주변 피부가 접히는 주름은 정점 이동(vertex displacement)이나 **normal map**으로 표현.
- 알베도 맵(diffuse texture): 일반적으로 *피부 색상 변화*만 표현.
  - 표정 주름 / 음영 = **쉐이딩 효과**, 알베도에 직접적으로 반영되지 않음.

# AU가 알베도 맵의 디테일에 영향을 줄 수 있는가?

사례는 있나?

- **Disney Research** (2021): 표정 변화 시 혈류 증가로 인한 피부 색 변화를 알베도에 반영 (예: 분노 → 홍조). 하지만 미세 주름은 여전히 geometry/normal map 처리.
- 픽셀 좌표 기반으로 AU를 알베도에 적용하는 방식이 많이 없음.

# AU vs albedo map

- **AU(Action Unit):** 얼굴 근육 움직임에 따른 표정 정보를 담고 있음.  
예: AU12는 입꼬리를 올리는 근육(웃음), AU6은 눈가 주름(눈을 크게 웃음).

→ 주로 **형태(shape)** 변화를 유발 (근육 움직임 → 기하학적 deformation).

- **Albedo Map:** 피부의 고유 색상 정보를 담은 2D 텍스처 맵.
- 빛과 그림자를 제거한 상태로, **순수한 색상만 표현.**  
→ 표정에 따른 주름/음영은 geometry(normal map/displacement map)와 light interaction 결과로 나타남.

# AU가 알베도 맵의 디테일에 영향을 줄 수 있는가?

생각해본 이론적 한계

1. AU는 Geometry 위주의 신호이다.

AU 작동시 주름, 볼륨 변화가 생기지만, 피부 색 자체 변화 X...

AU 12(웃음) 활성화되어도, 알베도 값은 거의 변화 없음.

geometry가 변화.



- 알베도 맵 = UV 좌표계로 펼친 2D 공간.
- 사람마다 얼굴 geometry가 다르기 때문에 동일한 AU라도 UV 픽셀 위치 변화.
- 그래서 AU -> UV 매핑은 어려움.
- 또한, GAN이 AU 따른 알베도 변화 패턴 학습 데이터셋이 없음.

# AU 외 다른 조건 피쳐로 GAN 품질을 향상시킨 사례가 있는가?

- 나이 (Age):
  - Face Aging GANs (2020~): 나이를 조건으로 입력 → 노화된 피부 주름, 기미 등 세부 디테일 생성.
  - Ex: Age Embedding Vector 사용하여 연속적 나이 변화 가능.
- 성별 (Gender):
  - StarGAN (2018): 성별 전환 시 남성→수염, 턱선 강화 / 여성→부드러운 피부, 립 메이크업 효과.
- 표정 강도 (Expression intensity):
  - Relative AU GAN (ECCV 2020): AU 변화량만 입력해 표정 강도를 세밀하게 제어.
- 랜드마크 (Facial landmarks):
  - GC-GAN: 얼굴 주요 포인트(눈, 코, 입 위치)를 입력 → 위치 기반으로 표정 변화.

# GAN에서 특정 부위(눈, 입, 이마 등)의 디테일을 제어한 연구가 있는가?

- **SEAN (CVPR 2020):**

- 얼굴을 여러 semantic region(눈, 입, 코 등)으로 분할.
- 각 영역에 **독립적인 style vector**를 할당
- 예: 눈은 파랗게, 입은 웃는 표정으로 개별 조정 가능.

- **Cascade EF-GAN:**

- 눈, 입, 코의 local patch discriminator 추가
- 각 부위 디테일이 진짜처럼 보이도록 훈련.

- **StyleGAN Latent Editing:**

- 특정 layer의 latent code가 눈/입/피부 등 특정 영역에 대응함을 발견.
- Layer-wise 조절로 부분적 디테일 수정 가능.

# AU 피처를 GAN에 입력하는 방식은?

- AU 추출은 대부분 OpenFace 사용해 추출.
  - GAN에 적용:
    - AU intensity 벡터를
      1. 이미지와 채널 단위로 concat
      2. latent vector에 concat
      3. Conditional BatchNorm/InstanceNorm에 입력.
- AU Consistency Loss:** 생성된 이미지의 AU를 다시 추출해 target AU와 일치하도록 강제.

# GAN 공부에 기반한, 우리 코드에서 AU condition -> cGAN 과정

우리 코드에서 AU -> cGAN:

1. generator

D\_detail에서 AU 관련 피쳐 (= **afn**) 을 latent vector에 **concat**함.  
즉 AU vector가 detail map 생성에 영향을 주도록 설계.

2. Discriminator

**ConditionalDiscriminator** 클래스가 **이미지 + AU condition**을 입력으로 받음.

3. AU feature 추출

**AUNet** 으로 입력 이미지에서 AU 추출하고,  
학습 시 loss에 AU feature 일치도 추가 (**au\_feature\_loss**)

# 우리 코드에서 개선할 점이 있다면?

1. GAN이 AU를 잘 반영하지 못하는 이유가 뭘까?

Generator AU condition이 concat 형태로 들어가는데, 이것을 Ganimation처럼 AdaIN으로 바꿔보자.

Albedo map에서 UV 공간에서는 AU와 지역적 연관성이 줄어들니까, 영향이 특히 줄어들 수 있다.

2. Discriminator가 AU와 이미지 간 일치 여부를 잘 학습 못하는가?

Conditional Discriminator가 AU vector를 이미지에 concat해서 입력받지만, AU feature space – 이미지 feature space가 너무 다를 수 있다.

AU-consistency loss 설계 한계

AU feature 일치도를 BCE loss로만 계산하는데, AU가 미묘한 표정 차이를 표현할 정도로 민감한가?

GAN이 AU 조건을 무시하고, identity 보존하는 쪽으로만 수렴?



- Albedo-Driven Detail 한계

AU를 Albedo 맵 생성에 투입하면 피부 색상 변화는 일부 반영되지만,

주름 등 미세 디테일은 geometry(normal map)에 의해 결정되므로 AU 영향력이 약화.