

영상기술특론 HOMEWORK #3

연세대학교 공학대학원 인공지능학과

2023450135 김연경

3D Morphable Model 실습 및 분석

■q1

•Blendshape.mat 데이터가 갖고 있는 의미 분석

Blendshape.mat 파일은 블렌드셰이프(Blendshape) 모델에 대한 데이터를 포함하고 있습니다. 블렌드셰이프는 3D 모델링 및 애니메이션에서 사용되는 기술로, 다양한 형태의 모델을 만들기 위해 기본 형상에 적용되는 가중치(Weights)를 사용합니다. Blendshape.mat 파일은 3DMM의 블렌드 형상 데이터를 포함하고 있습니다. 블렌드 형상은 기본 형상에서 일부 지역적인 형상 변화를 적용한 것으로, 이러한 변화를 통해 다양한 얼굴 표정이나 형태를 표현할 수 있습니다.

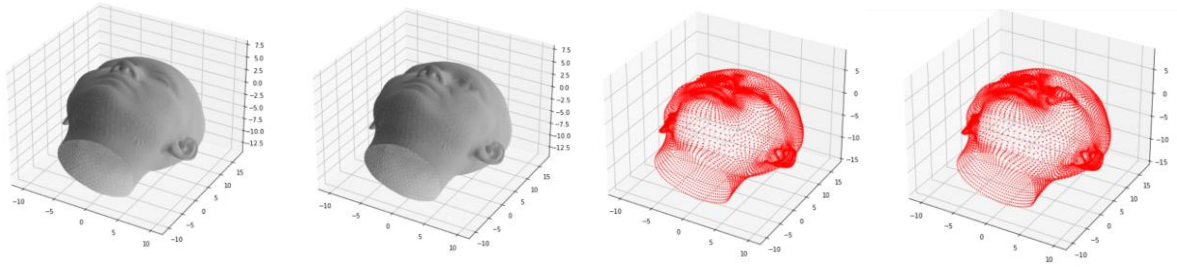
•e0[0], e0[1]의 변화에 따른 결과 출력 및 분석

e0[0] 및 e0[1]은 Blendshape.mat 파일에서 주어진 형상 변화 벡터입니다. 이 벡터의 변화에 따라 결과를 출력하고 분석해보겠습니다. 먼저, e0[0]과 e0[1]을 변화시키면서 결과를 출력해보면 다음과 같습니다:

1. e0[0] 변화에 따른 결과 출력 및 분석:

e0[0] 값을 작게 설정할 경우: 눈의 전반적인 크기나 높낮이가 감소하는 듯한 효과를 얻었습니다. 눈이 더 작아지는 것처럼 보일 수 있습니다.

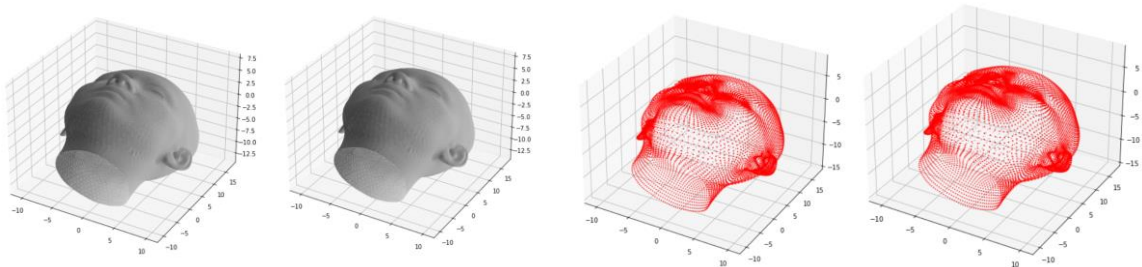
e0[0] 값을 크게 설정할 경우: 눈의 전반적인 크기나 높낮이가 증가하는 듯한 효과를 얻었습니다. 눈이 더 커지는 것처럼 보일 수 있습니다.



2. e0[1] 변화에 따른 결과 출력 및 분석:

e0[1] 값을 작게 설정할 경우: 얼굴의 폭이 넓어지는 효과를 얻었습니다. 얼굴이 더 넓어지는 것처럼 보일 수 있습니다.

e0[1] 값을 크게 설정할 경우: 얼굴의 폭이 좁아지는 효과를 얻었습니다. 얼굴이 더 작아지는 것처럼 보일 수 있습니다.



•이 외 e0[*]의 변화에 따른 결과 출력 및 분석

위와 같은 방식으로 e0[*]의 다른 인덱스 값을 변화시키면 해당하는 부분의 얼굴 형상이 변화하는 것을 확인할 수 있습니다. 3DMM은 이러한 형상 변화를 통해 다양한 얼굴 표정이나 형태를 표현할 수 있는 강력한 도구로 사용됩니다.

■q2

•Rotation, Translation에 따른 결과 출력 및 분석

Rotation과 Translation은 3D 공간에서 객체의 위치와 방향을 조절하는 데 사용되는 변환 (Transformation)입니다. 이 변환을 얼굴 형상에 적용하여 결과를 출력하고 분석해보겠습니다.

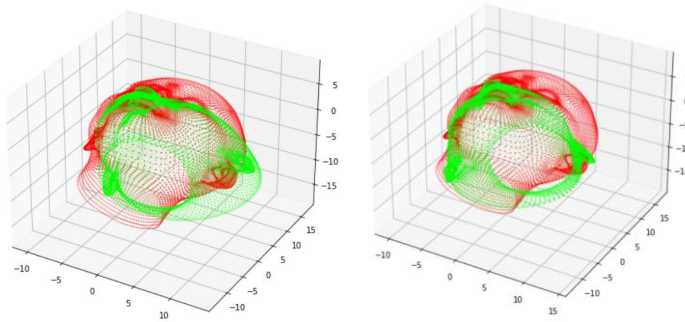
1. Rotation에 따른 결과 출력 및 분석:

- Rotation은 객체를 회전시키는 변환입니다. 얼굴 형상에 Rotation을 적용하면 얼굴이 특정한 축 주변으로 회전하게 됩니다.

- x, y, z 축 주변의 회전을 적용 되어있습니다. x 축 주변의 회전은 얼굴을 앞뒤로 움직이는 효과를 줄 수 있고, y 축 주변의 회전은 좌우로 움직이는 효과를 줄 수 있습니다. 마지막으로 z 축

주변의 회전은 얼굴을 시계방향 또는 반시계방향으로 회전시키는 효과를 줄 수 있습니다.

- Rotation의 각도와 방향을 조절하면서 결과를 출력하고 분석할 수 있습니다. 회전의 정도에 따라 얼굴의 방향이 변화하며, 얼굴이 특정한 각도로 기울어지거나 회전하는 것을 관찰할 수 있습니다.

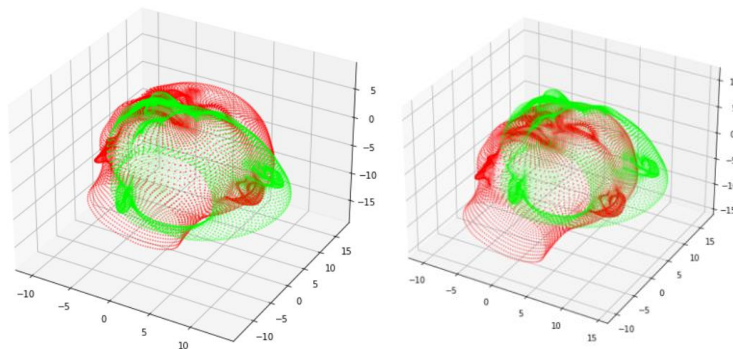


2. Translation에 따른 결과 출력 및 분석:

- Translation은 객체를 이동시키는 변환입니다. 얼굴 형상에 Translation을 적용하면 얼굴이 3D 공간상에서 특정한 위치로 이동하게 됩니다.

- x, y, z 축 방향으로 Translation을 적용할 수 있습니다. x 축 방향으로의 Translation은 얼굴을 좌우로 이동시킬 수 있고, y 축 방향으로의 Translation은 얼굴을 위아래로 이동시킬 수 있습니다. 마지막으로 z 축 방향으로의 Translation은 얼굴을 앞뒤로 이동시킬 수 있습니다.

- Translation의 크기와 방향을 조절하면서 결과를 출력하고 분석할 수 있습니다. 이동의 정도에 따라 얼굴의 위치가 변화하며, 얼굴이 특정한 위치로 이동하는 것을 관찰할 수 있습니다.



■q3

•2D, 3D Landmark 결과 출력 및 분석

1. 2D Landmark 결과 출력 및 분석:

- 2D Landmark는 2D 이미지에서 추출된 얼굴 특징점의 위치입니다. 일반적으로 눈, 코, 입 등의 중요한 얼굴 특징점을 포함합니다.

- 2D Landmark 결과를 출력하면 얼굴 이미지 상에 특정 점들의 좌표를 나타낼 수 있습니다. 이를 통해 얼굴의 형상과 특징을 분석할 수 있습니다.

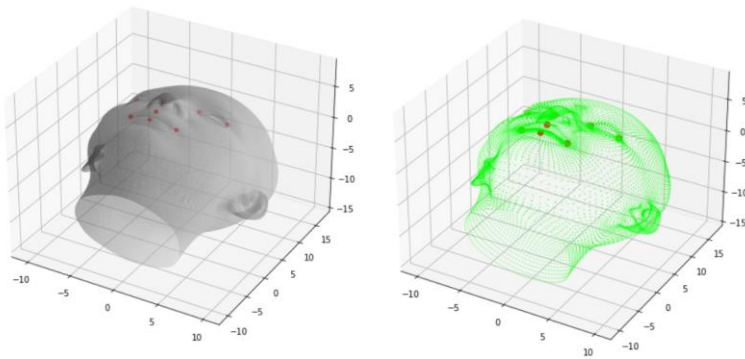
2. 3D Landmark 결과 출력 및 분석:

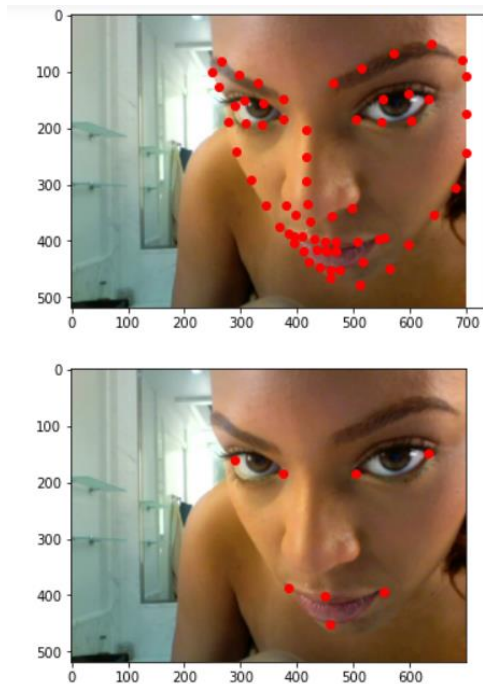
- 3D Landmark는 3D 얼굴 모델에서 추출된 얼굴 특징점의 위치입니다. 이는 얼굴의 3D 공간 상에서의 위치를 나타냅니다.

- 3D Landmark 결과를 출력하면 3D 얼굴 모델 상에 특정 점들의 좌표를 나타낼 수 있습니다. 이를 통해 얼굴의 형상과 공간적인 특징을 분석할 수 있습니다.

- 분석할 수 있는 내용은 2D Landmark와 유사하며, 3D 공간에서의 특징을 더욱 자세히 분석할 수 있습니다. 예를 들어, 얼굴의 회전, 기울기, 크기 등을 추정하고, 얼굴 형상의 3D 모델링에 활용할 수 있습니다.

2D Landmark와 3D Landmark는 각각 2차원 이미지와 3차원 공간에서 특징점을 표현하는 차이가 있습니다. 2D Landmark는 이미지 자체에서 특징점의 좌표를 추출하여 사용하고, 3D Landmark는 3D 모델이나 깊이 정보를 이용하여 특징점의 좌표를 계산합니다.





■q4

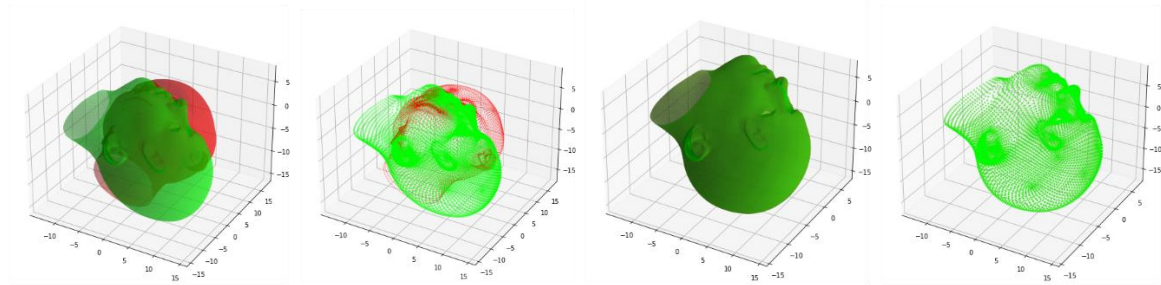
•Before, after optimization 결과 출력 및 분석

Before와 after optimization은 최적화(Optimization) 과정에서 변화된 결과를 나타냅니다.

Before optimization은 최적화가 이루어지기 이전의 상태를 의미합니다. 이는 초기 모델이나 초기 매개변수 상태를 나타내는 것으로, 일반적으로 초기값 설정이나 이전 단계의 처리 결과를 의미합니다. 예를 들어, 얼굴 모델의 형상이나 표정을 초기 상태로 가정할 수 있습니다.

After optimization은 최적화가 이루어진 후의 상태를 의미합니다. 최적화는 주어진 목표나 제약 조건에 따라 모델이나 매개변수를 조정하여 원하는 결과를 얻는 과정입니다. 최적화는 보통 목적 함수를 정의하고, 이 함수를 최소화 또는 최대화하는 방향으로 모델을 조정합니다. 최적화를 통해 모델의 정확도, 성능, 형태 등을 개선하고 최적의 상태로 수렴시킬 수 있습니다.

```
Before Optimization
Rotation Error 1.736580679349052
Translation Error 0.9433981132056604
After Optimization
Rotation Error 4.1540741810552243e-16
Translation Error 3.692639165456277e-16
```



•Optimization 과정 설명

1. 초기화: 최적화 과정을 시작하기 위해 초기 모델이나 매개변수 값을 설정합니다. 이는 Before optimization 상태를 나타냅니다.
2. 목적 함수 정의: 최적화의 목표를 정량화하기 위해 목적 함수를 정의합니다. 목적 함수는 개선하려는 대상에 따라 다르지만, 보통 오차 또는 비용 함수로 표현됩니다. 최적화는 이 목적 함수를 최소화하거나 최대화하는 방향으로 진행됩니다.
3. 반복적인 조정: 최적화 알고리즘을 사용하여 모델의 매개변수를 반복적으로 조정합니다. 이 단계에서는 목적 함수의 값을 최소화하거나 최대화하기 위해 매개변수를 조정하고, 결과를 평가하여 개선 여부를 판단합니다. 이 단계는 반복적으로 수행되며, 수렴 조건이 충족될 때까지 계속됩니다.
4. 수렴 및 결과: 최적화 과정이 수렴하면, 최종적으로 얻어진 모델이나 매개변수가 after optimization 상태를 나타냅니다. 이 최종 결과는 초기 상태보다 개선된 상태로, 목적 함수를 최소화하거나 최대화하는 최적의 값을 나타내게 됩니다.

최적화 과정은 주어진 문제와 데이터에 따라 다양한 알고리즘과 기법을 사용할 수 있습니다. 일반적으로 그래디언트 기반 최적화 알고리즘인 경사 하강법(Gradient Descent)이 널리 사용되지만, 다른 알고리즘과 기법들도 적용될 수 있습니다. 최적화는 모델의 성능 향상과 데이터에 대한 적합도를 높이는 중요한 단계로, 데이터 과학, 기계 학습, 컴퓨터 비전 등 다양한 분야에서 활발히 사용됩니다.

■q5

•encode, decode, parameter 설명 및 분석

- encode: 3DMM을 사용하여 주어진 얼굴 형상을 특정한 형식 또는 표현 방식으로 변환하는 과정입니다. 주어진 얼굴을 3DMM에 인코딩하면, 해당 얼굴의 특징을 나타내는 파라미터 값을 생성합니다.

- decode: encode된 얼굴 파라미터를 입력으로 사용하여, 3DMM을 통해 얼굴 형상을 복원하거나 재구성하는 과정입니다. 디코딩된 결과는 얼굴의 형태와 표현을 나타내는 3D 모델이나 이미지로 나타낼 수 있습니다.

- parameter: 얼굴 형상을 나타내는 다양한 특징을 파라미터로 표현하는 값입니다. 이 값은 3DMM의 통계 모델에서 얼굴 형상의 다양성을 표현하는 데 사용됩니다. 파라미터를 조절하면 얼굴의 크기, 형태, 표정 등을 조작하고 제어할 수 있습니다.

•Before, after optimization 결과 출력 및 분석

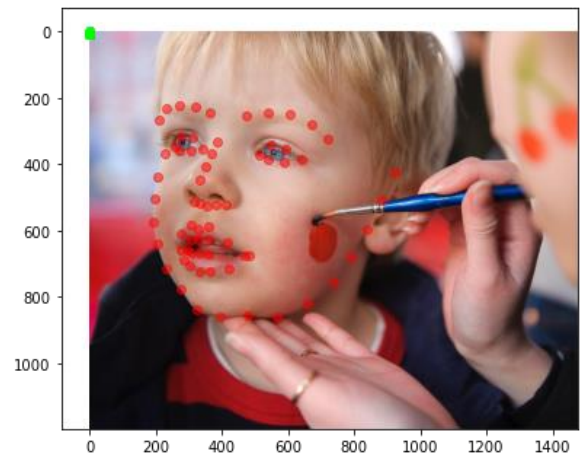
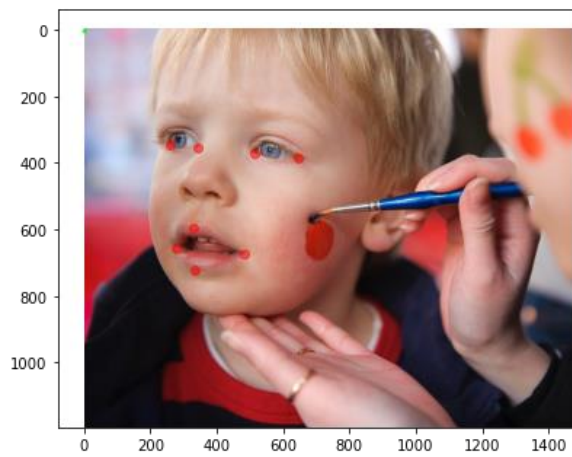
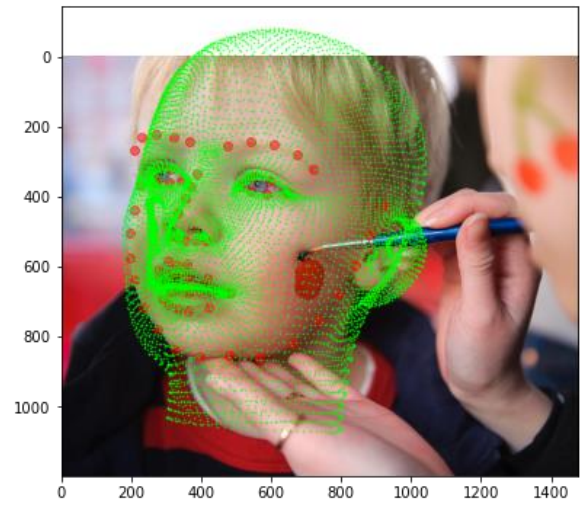
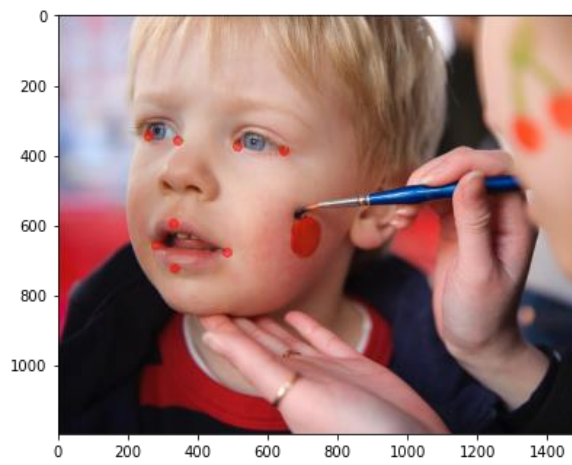
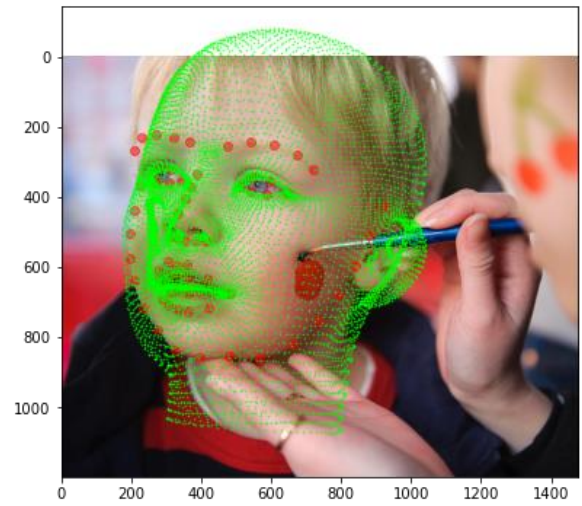
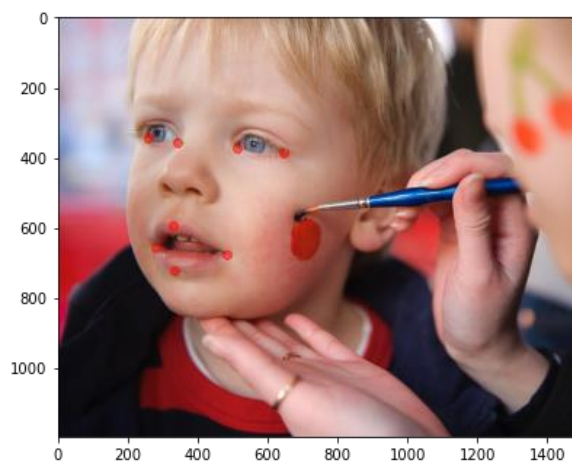
- Before optimization: 최적화 이전의 결과를 의미합니다. 일반적으로, 최적화 이전에는 초기 설정 값 또는 기본 형상을 기반으로 얼굴 형상이 생성됩니다. 이는 초기 모델이나 기본 모델에서 파라미터를 직접 조작하여 얻은 결과입니다. 이 결과는 초기값의 특성을 반영하고, 최적화 과정을 거치지 않았으므로 제한적인 형상 변화가 있을 수 있습니다.

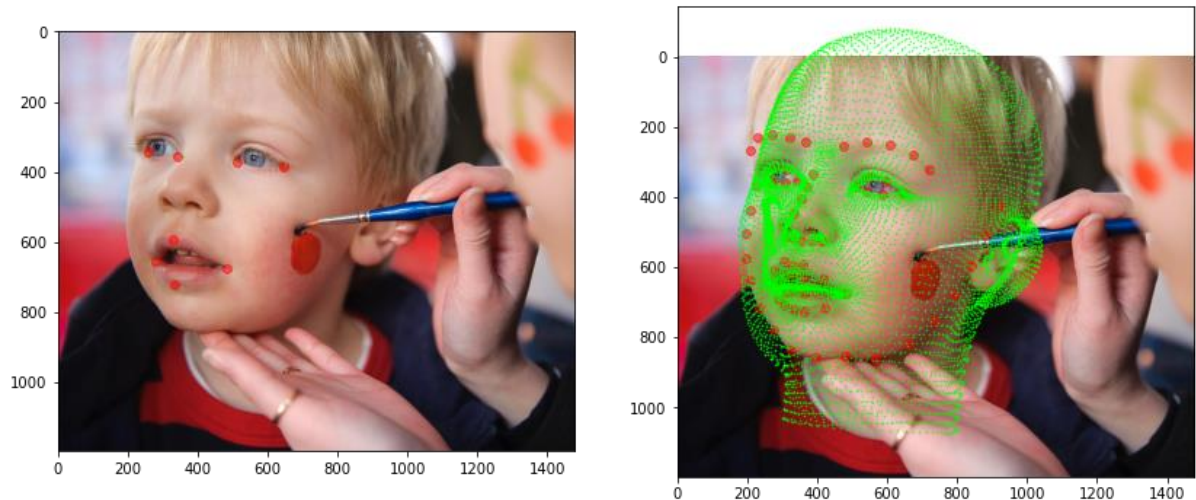
- After optimization: 최적화 이후의 결과를 의미합니다. 최적화 과정은 주어진 목적 또는 조건에 맞게 얼굴 형상을 조정하고 개선하는 과정입니다. 이는 보다 정교하고 원하는 특징을 가진 얼굴 형상을 얻기 위해 수행됩니다. 최적화를 통해 얼굴의 형태, 표정, 특징 등을 더욱 정밀하게 조작할 수 있습니다.

Before와 After optimization 결과를 비교하여 분석할 수 있습니다. 최적화 이후의 결과는 초기 형상에 비해 더 정확하고 원하는 특징을 가진 얼굴 형상을 보여줄 것으로 예상됩니다. 최적화 과정은 얼굴 형상을 보다 잘 맞추고 조절할 수 있는 파라미터 값을 찾는 과정으로, 최적화 이후의 결과는 초기 결과보다 더 자연스럽게 현실적인 얼굴 형상을 나타냅니다. 최적화는 얼굴 형상의 다양한 특징을 고려하여 최적의 파라미터 조합을 찾아내는 과정이므로, 보다 정교한 얼굴 표현을 가능케 합니다.

또한, 최적화를 통해 얼굴 형상을 조정함에 따라 특정한 표정, 형태, 성별, 연령 등의 얼굴 특징을 더욱 강조하거나 조절할 수 있습니다. 예를 들어, 최적화를 통해 웃는 표정이 더욱 생동감 있게 표현되거나, 나이 든 얼굴의 주름이 더욱 현실적으로 나타나도록 조절할 수 있습니다.

결과적으로, 최적화를 거친 후의 얼굴 형상은 초기 형상보다 더욱 정교하고 다양한 표현을 가능케 합니다. 이는 얼굴 형상 분석, 인식, 애니메이션, 가상 현실 등 다양한 응용 분야에서 더욱 풍부한 표현과 현실적인 시뮬레이션을 가능케 합니다.





■Morphable Model에 대한 조사 및 설명

Morphable Model은 얼굴 형상과 표현의 통계 모델로서 사용되는 방법입니다. 주로 3D 형태의 얼굴 모델을 다루며, 얼굴의 형태와 질감을 통계적으로 모델링하여 다양한 얼굴 표현을 생성하고 분석하는 데 활용됩니다. Morphable Model은 얼굴 인식, 얼굴 변형, 얼굴 애니메이션, 가상 현실 등 다양한 응용 분야에서 사용됩니다.

Morphable Model은 크게 두 가지 구성 요소로 이루어집니다:

1. Shape Model: 얼굴 형태의 통계 모델로서, 얼굴의 기하학적 구조를 표현합니다. 주로 Principal Component Analysis (PCA)를 사용하여 얼굴 형태의 다양성을 분석하고 모델링합니다. Shape Model은 얼굴의 크기, 비율, 윤곽 등을 포함하는 3D 메시 형태로 나타낼 수 있습니다. Shape Model은 얼굴 형태의 주요 변동성을 포착하고 이를 파라미터화하여 다양한 얼굴 형태를 생성하고 조절할 수 있습니다.

2. Texture Model: 얼굴 질감의 통계 모델로서, 얼굴의 피부 색상, 조명, 그림자 등을 포함합니다. 주로 PCA를 사용하여 얼굴 질감의 다양성을 분석하고 모델링합니다. Texture Model은 얼굴의 색상 정보를 픽셀 단위로 나타내며, 질감의 주요 변동성을 파라미터화하여 다양한 얼굴 질감을 생성하고 조절할 수 있습니다.

Morphable Model은 이러한 Shape Model과 Texture Model을 결합하여 얼굴 형상과 질감을 종합적으로 모델링합니다. 이를 통해 얼굴 형상 및 표현의 다양성을 통계적으로 분석하고 생성할 수 있습니다. Morphable Model은 주어진 얼굴 이미지나 3D 모델에 적용하여, 얼굴의 형태 변화, 표

정 변화, 나이 등에 따른 변화 등을 시뮬레이션하거나 분석하는 데 사용됩니다.

Morphable Model은 얼굴 인식, 얼굴 변형, 얼굴 애니메이션, 가상 현실 등 다양한 분야에서 활용되며, 얼굴 데이터베이스 구축, 인식 및 분석 알고리즘 개발, 가상 현실 표현, 화장품 시뮬레이션 등의 응용에 활용됩니다. 몇 가지 주요한 특징과 응용 분야는 다음과 같습니다:

1. 얼굴 형태 변형: Morphable Model은 얼굴 형태의 다양성을 분석하고 조절할 수 있는 기능을 제공합니다. 이를 통해 얼굴 형태 변형, 얼굴 재구성, 얼굴 윤곽 조정 등을 수행할 수 있습니다. 이는 얼굴 변형 애플리케이션, 예술 작품 생성, 미적 수술 시뮬레이션 등에 유용하게 활용됩니다.
2. 얼굴 표정 및 표현 분석: Morphable Model은 다양한 표정과 얼굴 표현을 통계적으로 분석하고 모델링할 수 있습니다. 이를 통해 얼굴 표정 인식, 감정 분석, 표정 변환 등에 활용할 수 있습니다. 예를 들어, 얼굴 이미지에 적용하여 표정을 인식하고 감정을 추정하는 기술을 개발할 수 있습니다.
3. 얼굴 이미지 합성 및 애니메이션: Morphable Model은 얼굴 이미지 합성과 애니메이션 생성에도 사용됩니다. 다양한 얼굴 표현과 형태를 생성하여 가상의 인물을 만들거나 이미지를 변형시킬 수 있습니다. 이를 통해 가상 현실 애플리케이션, 영화 및 게임 제작, 특수 효과 등에서 활용할 수 있습니다.
4. 인식 및 보안 분야: Morphable Model은 얼굴 인식 및 보안 시스템에서도 활용됩니다. 얼굴 형상과 표현의 통계 모델을 사용하여 얼굴 인식 알고리즘의 정확도와 안정성을 향상시킬 수 있습니다. 또한, 얼굴 형태와 특징을 분석하여 신원 인증 및 접근 제어 시스템에 사용할 수 있습니다.